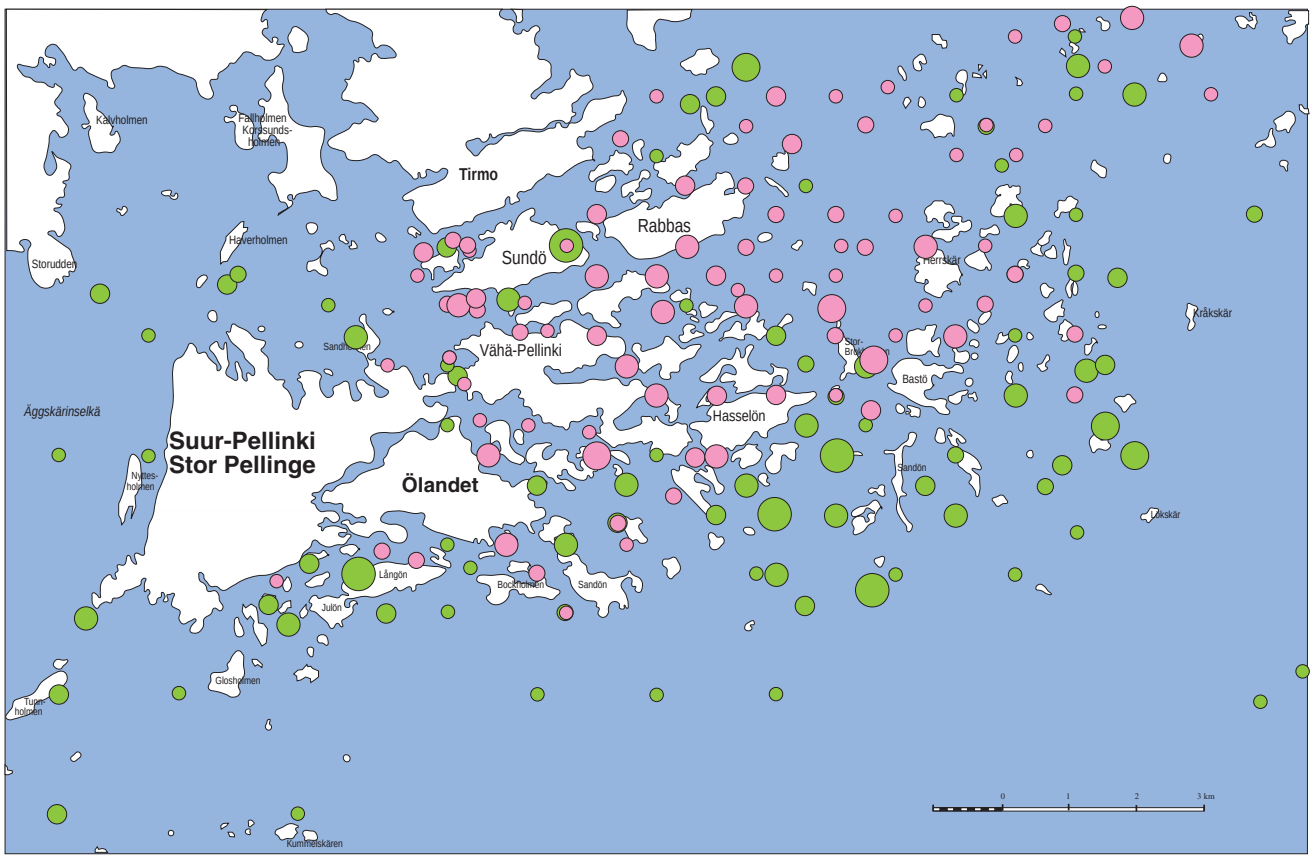
Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen
vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.
Jokikatu 17, 06100 PORVOO

Föreningen vatten- och luftvård
för Östra Nyland och Borgå å r.f.
Ågatan 17, 06100 BORGÅ

Pellingin saaristoalueen vesiluonnon tila



Mikael Henriksson
Tero Myllyvirta
Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.

2001

Meri on suuri olento, joka on toisinaan hyvällä päällä ja toisinaan huonolla. Ja on aivan mahdotonta tietää miksi. Siitä näkee vain pinnan. Mutta jos pitää merestä, niin se ei haittaa mitään... Silloin sietää huonot tuulet samoin kuin hyvätkin.

Tove Jansson
Muumipappa ja meri

Esipuhe

Yleinen käsitys Pellingin vesillä pitempään liikkuneilla on, että vedet ovat muuttuneet "huonommiksi" viimeisten vuosikymmenien aikana. Vankkaa näyttöä ei kuitenkaan ole ollut käsityksen tukena mutta "*nykyään ei näe edes varpaitaan kun seisoo polvensyvyisessä vedessä kun taas viisikymmentäluvulla saattoi nahdä pohjaan asti kun kalasti syvässä vedessä*" on sitäkin yleisempää.

Meille tekijöille tämä työ on ollut mm. satoja merellä vietettyjä työtunteja. Toivottavasti pystymme teille lukijoille välittämään aavistuksen siitä, mitä merenpinnan alla tapahtuu. Vastaavaa yhtä laajan alueen kattavaa, yhtä tiheällä näyteasemaverkostolla tehtyä meritutkimusta ei tiettävästi ole missään muualla tehty. Tutkimustulosten perusteella on jatkossa mahdollista havaita vähäisiäkin muutoksia alueen vesiluonnon biodiversiteetissä ja veden- sekä merenpohjan tilassa.

Tutkimustuloksista on työn kuluessa tiedotettu suurelle yleisölle ja ne ovat osaltaan vaikuttaneet siihen, että on havahduttu huomaamaan ja suuntamaan resursseja Suomenlahden rannikkovesien tutkimiseen.

Projektia ovat rahoittaneet Oy Moomin Characters Ltd., Pernajan kunta, Porvoon kalastusalue, Porvoon kaupunki, Svenska litteratursällskapet i Finland, jonka kautta projekti sai rahoitusta Ingrid, Margit ja Henrik Höijers donationsfondetilta ja Itä-Uudenmaan liitto. Kiitos kaikille työn mahdollistaneille tahoille.

Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistyksen puolesta
29.5.2001

Tero Myllyvirta

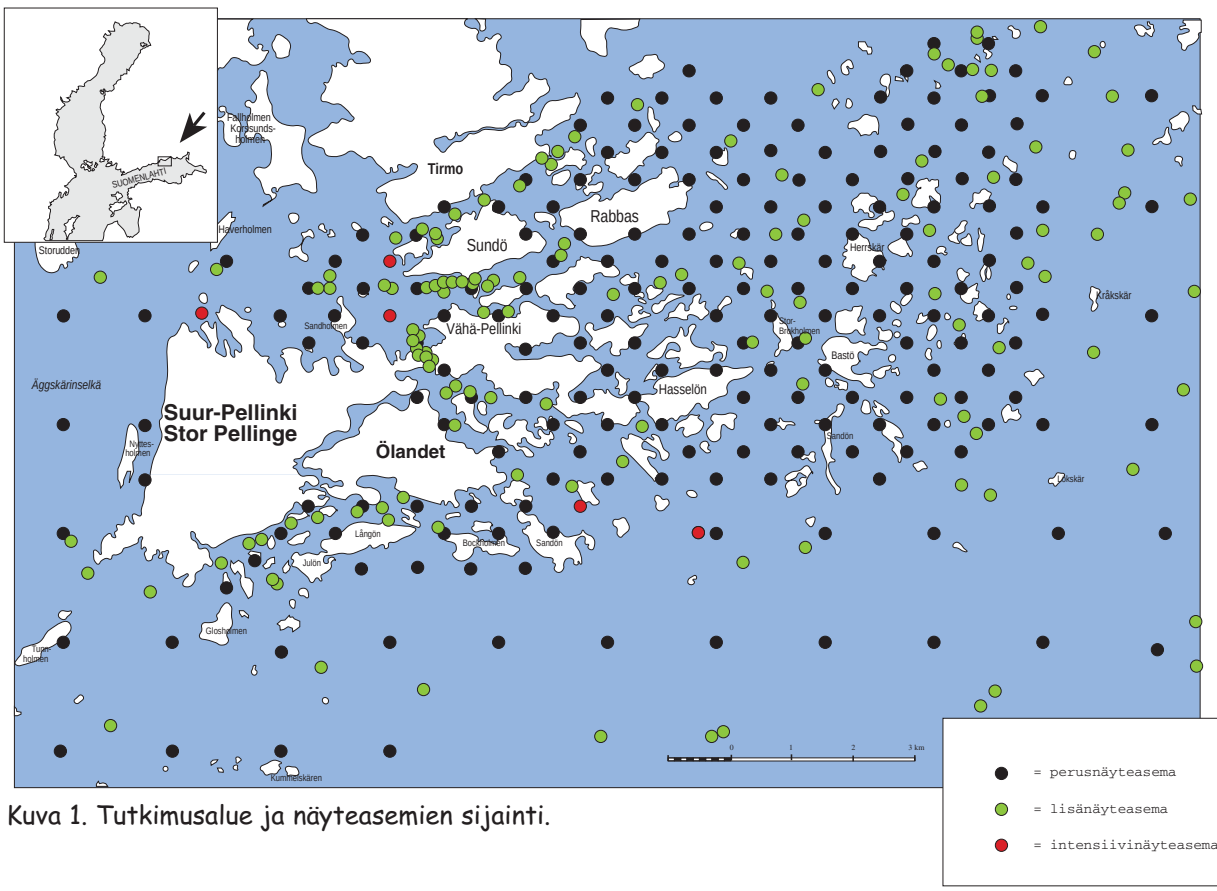
Sisällys

	sivu
1. Johdanto	3
2. Tutkimusalue	4
3. Pohjaeläimet ympäristön tilan indikaattoreina	8
4. Aineisto ja menetelmät	10
5. Tulokset	11
5.1. Pohjaeläinlajisto	11
5.2. Bioindikaattorit	17
5.3. Biodiversiteetti	19
5.4. Kuolleet pohjat	22
6. Tulosten tarkastelu	24
7. Viiteluettelo	27
Liite 1. Pohjaeläinten levinneisyyskartat	30-48
onteloeläimet, Hydroida	31
värysmadot, Turbellaria	31
limamato, *Prostoma obscurum* coll	32
levärupi, Electra crustulenta (Pallas)	32
harvasukasmadot, Oligochaeta	33
monisukasmato, Nereis diversicolor	33
raakkuäyriäiset, Ostracoda	34
valkokatkat, Monoporeia affinis & Pontoporeia femorata	34
hiekkakatka, *Leptochierus pilosus* Zaddach.	35
leväkatkat, *Gammarus* sp.	35
liejukatkat, *Corophium* sp.	36
kilkki, *Saduria entomon* (Linné)	36
vesisiira, *Asellus aquaticus* (Linné)	37
leväsiirat, *Idotea* sp.	37
Jaera albifrons coll.	38
halkojalkaiset, Mysidae	38
merirokko, *Balanus improvisus* Darwin	39
punkit, Acarina	39
surviaissääskien toukat & kotelot	40-41
surviaissääskien toukat, *Chironomus plumosus* coll.	41
surviaissääskien toukat, Tanypodinae	42
polttiaisten toukat, Ceratopogonidae	42
vesiperhosten toukat, Trichoptera	43
päiväkorentojen toukat, Ephemeroptera	43

	sivu
sinisimpukka, *Mytilus edulis* Linné	44
sydänsimpukka, *Cerastoderma glaucum* (Bruguiére)	44
itämerensimpukka, *Macoma baltica* (Linné)	45
hiekkasimpukka, Mya arenaria Linné	45
leväkotilo, *Theodoxus fluviatilis* (Linné)	46
Hydrobiidae	46
Valvata piscinalis (Müller)	47
vaeltajakotilo, *Potamopyrgus jenkinsi* Smith	47
Limapontia capitata (Müller)	48
kalajuotikas, *Piscicola geometra* (Linné)	48

1 Johdanto

Tämä tutkimus sai alkuunsa siitä, että Suomenlahden tilassa viime vuosina tapahtuneet muutokset ovat nostaneet esille uusia kysymyksiä saaristomme tilasta ja tulevaisuuden näkymistä. Erityisesti voimakkaat sinileväkukinnat, hapettomat, kuolleet pohjat matalillakin veden syvyyksillä ja kelluvat levämatot ovat puhuttaneet. Viime vuosina löydetyt laajat hapettomat merenpohjat Suomenlahden rannikkoalueilla (HENRIKSSON JA MYLLYVIRTA 1995, 1997, PITKÄNEN 1997, 1999, VALKAMA JA ANTTILA-HUHTINEN 2000, MYLLYVIRTA JA HENRIKSSON 2001, MANKKI 2001) ovat nostaneet esille kysymyksen happivajeen aiheuttamasta sisäisen kuormituksen merkityksestä rannikkoalueilla. Tämän pohjaeläimiin perustuvan intensiivitutkimuksen avulla on pyritty saamaan yksityiskohtainen kuva veden ja merenpohjan tilasta Pellingin ainutlaatuisella ja erittäin arvokkaalla saaristoalueella.



Kuva 1. Tutkimusalue ja näyteasemien sijainti.

2 Tutkimusalue

Tutkimus kattaa Pellingin saaristoalueen ja siihen rajoittuvia Porvoon ja Pernajan edustojen vesialueita (kuva 1). Tutkimusalueen pinta-ala on noin 200 km^2. Alue on Itä-Uudenmaan oloissa poikkeuksellisen runsassaarinen ja sen virkistyskäyttöarvo on erittäin merkittävä. Alueen sisäosien vesialueet ovat lukuisine saarineen erittäin sokkeloisia ja tutkimusalueella esiintyykin kaikki ne häiriintyneiden vesialueiden oireilut jotka tunnetaan Turun saariston, Saaristomeren ja Ahvenanmaan saaristoista (CEDERWALL JA

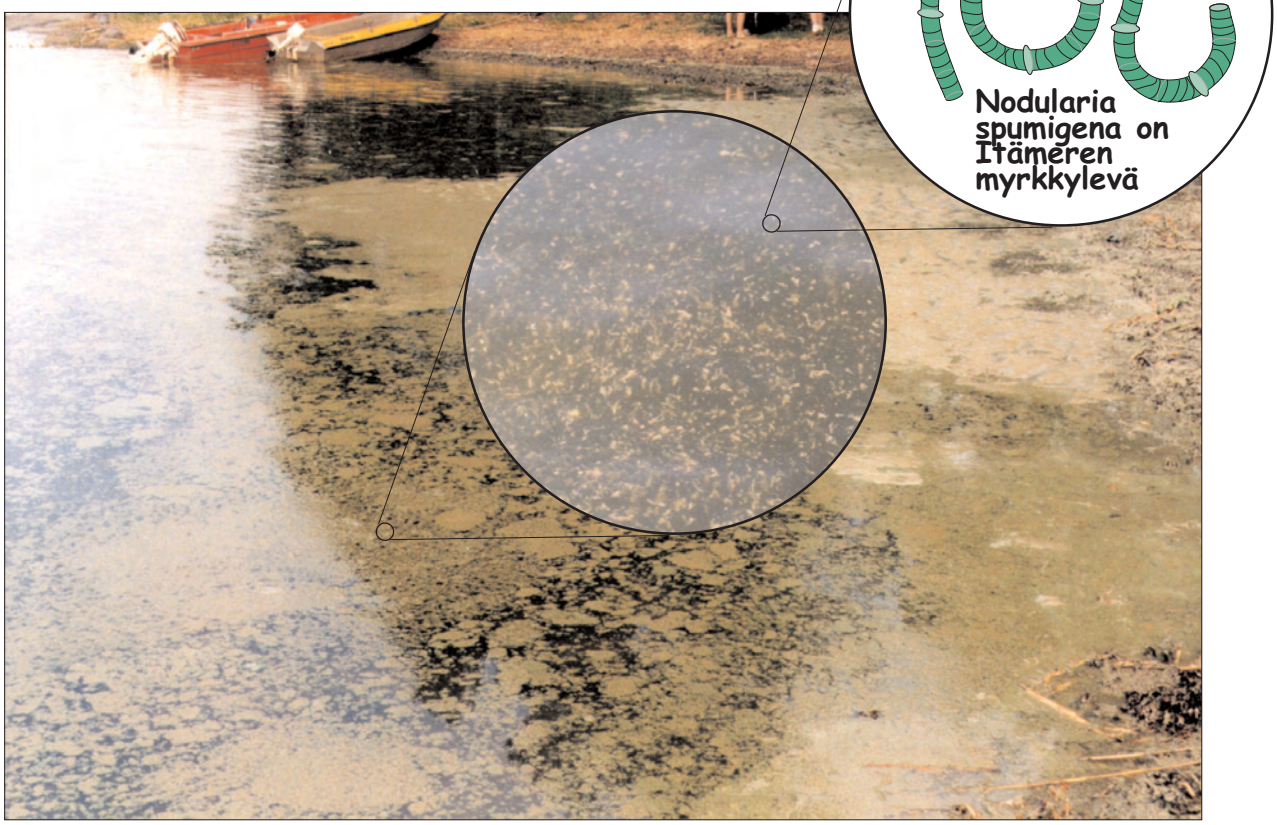
Tietoisku: SINILEVÄT
Eliöt jotka pilaavat tuhansien suomalaisten kesän

Yksittäisiä sinileviä ei paljaalla silmällä, eikä lelukaupasta ostetulla mikroskoopillakaan ole havaittavissa mutta kun niitä on tarpeeksi, muuttavat ne meriveden vihertäväksi ja vaahtoavaksi puuroksi. Sinilevillä on myös se ominaisuus, että niiden aineenvaihdunta tuottaa voimakkaita myrkkyjä. Havainnot sinilevien aiheuttamista kotieläimien, lemmikkien ja villieläinten kuolemantapauksista ovat lukemattomat ja kattavat 120 vuoden ajan.

Luomakunnan selviytyjiä

Sinilevät eivät ole kasveja eivätkä eläimiä, ne ovat eräänlaisia bakteereja.Ne tulevat toimeen kaikilla leveysasteilla, napapiirien jäätiköiltä ekvaattoriseudun sademetsiin ja kaikissa ympäristöissä, maalla sekä vedessä. Sinilevät viihtyvät myös äärimmäisissä ympäristöissä kuten kuumien lähteiden lähes kiehuvassa vedessä.

Sinilevät ovat selviytyjiä jotka ovat sopeutuneet kaikkiin planeettamme elinympäristöihin. Aikaa tähän tehtävään sinilevillä on toki ollut käytettävissä runsaanpuoleisesti, sillä ne ilmaantuivat ensimmäisten eliöiden joukossa maapallon viilenemisen jälkeen, pyöreästi kolme miljardia vuotta sitten. Jos ne eivät suoranaisesti ole meidän esi-isiämme ovat ne kuitenkin mahdollistaneet meidänkin olemassaolomme tuottamalla happea ja tekemällä ilmakehän hengityskelpoiseksi ihmisille ja muille happea hengittäville eläimille.



Kuva 2. Kesällä 1997 Suomenlahti koki voimakkaimman sinileväkukinnan miesmuistiin. Kuva on Pellingin saaristoalueelta, jossa runsaat levät ovat muuttaneet uimarannan käyttökelvottomaksi. Lähietäisyydeltä sinileväkukinnat muistuttavat vedessä leijuvia villalangan tupsuja (suurennos). Tässä tapauksessa kukinnan aiheutti Itämerelle tyypillinen sinilevä *Nodularia spumigena*.

Elmgren 1980, Bonsdorff ym. 1991, Bonsdorff ym. 1992, Bonsdorff ja Blomqvist 1993, Bondsdorff ym. 1995, Bondsdorff ym. 1997, 1997a, Norkko 1997). Pellingin alueella voimakas rehevöityminen ilmenee m.m. rantojen rihmalevien lisääntymisenä ja rakkolevän vähenemisenä, merenpohjan ja ranta-vyöhykkeen paksuina levämattoina, vesialueiden umpeenkasvuna, kalasto-muutoksina, pyydysten limoittumisena, veden samentumisena ja sinilevän lisäänty-misenä sekä myös esim. veden heikentyneenä happitilanteena ja eliöstön monimuotoisuuden vähenemisenä (Henriksson ja Myllyvirta 1991, 1992, 1997, Lehtonen ja Haavisto 1997, Myllyvirta ja Henriksson 2001). Varsinkin Pellingin alueen syvänteiden tilan on todettu olevan heikko ja pohjaeläimistöltään täysin kuolleita, vailla

Rehevöityminen seurauksineen on suuri haitta tutkimusalueella ja sen ilmentymiä ovat mm:

- **rantojen leväkasvillisuus on runsasta, vedessä ajelehtivat ja rantautuvat levät vähentävät alueen virkistyskäyttöarvoa,**
- **lajimuutokset rantojen kasvillisuudessa,**
- **leväkukintojen runsastuminen,**
- **veden samentuminen (alentunut näkösyvyys),**
- **monien matalien vesialueiden madaltuminen ja umpeen kasvu,**
- **happitalouden heikkeneminen,**
- **lajien monimuotoisuuden väheneminen,**
- **muutokset kalastossa, särkikalojen yleistyminen muiden lajien kustannusella,**
- **kalastusvälineiden likaantuminen.**

Tietoisku: LEVÄSOPPAA TARJOLLA

Huolimatta siitä, että Itämeren kuormitus on vähentynyt hieman viime vuosien aikana, ovat sinileväkukinnat olleet ennätysvoimakkaita. Syy tähän on se, että ravinteita vuotaa meren pohjasta veteen. Ollaan tilanteessa, jossa kokonaiskuormitus kasvaa vaikka ulkoinen kuormitus vähenee ja jossa vaaditaan todella suurta ulkoisen kuormituksen vähentämistä tilanteen korjaamiseksi.

Leväkukintoja on toki esiintynyt jo ennen kun ihminen alkoi paneutua vesistöjen pilaamiseen nykyisellä päättäväisyydellä ja varhaisin ja usein siteerattu kirjallisuusmerkintä leväkukinnoista lienee vanhan testamentin toisessa Mooseksen kirjassa, jossa kuvataan Niilin värjäytyminen punaiseksi. Herraa auttamassa oli silloin ilmeisesti levä, joka nykyäänkin värjää vesiä varsinkin USA:n rannikolla (niin kutsutut red tides).

Vaikka sinilevät kuuluvatkin Itämeren luonnolliseen levälajistoon pidetään Itämeren sinileväkukintoja ihmisten aikaansaannoksina. Näin siksi, että kukinnat ovat tulleet yhä voimakkaimmiksi ihmistoiminnan aiheuttaman rehevöitymisen myötä. Meren rehevöityminen on seurausta ylisuuresta ravinnekuormituksesta. Ravinteista erityisesti fosfori ja typpi ovat sinilevien ruokalistan kärjessä. Fosforin ja typen runsaanpuoleinen saatavuus ja sinilevää suosiva sää ovat edellytyksiä sinileväkukintojen muodostumiselle. Valoa, lämpöä ja ravinteita lannoittamaan niin levät kasvavat, sen tietää jokainen akvaarion omistajakin.

Suomen levät syövät kotimaista

Aikaisemmin vallinnut yleinen näkemys siitä, että muiden maiden päästöt ovat syypäitä myös Suomen rannikkovesien pilaantumiseen, on 1990-luvulla saanut väistyä. Viime vuosien tutkimukset ovat osoittaneet, että ratkaisevaa meidän rannikkopätkän tilan kannalta ovat omat päästömme. On osoittautunut, että päästölähteiden suorat vaikutukset eivät ulotu lainkaan niin pitkälle päästölähteistä kuin aiemmin oletettiin. Toisin sanoin, mikäli parannusta halutaan lähirannikon tilassa on omia päästöjä leikattava.

Kun asiaa ei voida kuitata osoittelemalla sormella kohti horisonttia on kysyttävä, kuka ruokkii rannikkoalueemme leviä. Vuoden 1997 ennätyksellisen sinileväkesän herättämässä keskustelussa lasketaan jälleen kalanviljelyn, maametsä- ja karjatalouden, teollisuuden, asutuskeskusten ja haja-asutuksen prosenttiosuuksia syntyneessä sopassa.

Harhaanjohtavia prosentteja

Prosenttilukuja pyörittämällä pystytään usein vähättelemään kuormittajien merkitystä. Esim. Saaristomerellä, alueilla jonne kalankasvatus keskittyy ei lohduta, että kalanviljelyksen osuus Itämeren kokonaiskuormituksesta on ehkä vain noin 2 %. Täällä se muodostaa kesäisin, leväsesongin aikana valtaosan ulkoisesta vesistökuormituksesta. Paikallisella tasolla kuormittajien tärkeysjärjestys on siis usein toinen kun suuremmassa mittakaavassa.

Vastavalla tavalla ovat koko Suomen kaikki vesistöpäästöt vain murto-osa kaikista maapallon vesistöpäästöistä mutta siitä huolimatta ovat ne ratkaisevia Suomen jokien, järvien ja myös rannikkovesien veden laadulle.

Liika on liikaa

Kun kuormitus on ollut kova jo pitkään, niin miksi levätilanne näyttää saneen dramaattisen käänteen vasta nyt? Yksi merkittävä syy tähän on se, että pohjaliejujen ravinnevarastot eivät enää pysy pojaliejussa vaan liukenevat suurina määrinä veteen levien ulottuville. Pohjaliejujen ravinnevarastot joutuvat kiertoon silloin kuin happi pääsee loppumaan vedestä.

Yli 800 tutkittua näyteasemaa Itä-Uudenmaan saaristoalueella osoittavat, että hapettomuudesta kärsivät pohjat ovat aikaisemmin luultua yleisempiä. Tästä johtuen on saaristossa tapahtuvan sisäisen kuormituksenkin merkitys oletettua suurempi.

Tutkimukset osoittavat, että pohjien happitilanne saaristossa on heikentynyt ratkaisevasti viime vuosina ja samalla on pohjien eläimistö hävinnyt laajoilta alueilta. Hapettomissa oloissa syntyy pohjaeläimille ja kaloille myrkyllistä rikkivetyä.

Voimakkaasta kuormituksesta johtuen pohjiin vajoaa runsaasti happea kuluttavaa ainesta ja tästä johtuen hapettomuutta ja sisäistä kuormitusta esiintyy matalassakin, alle 10 metriä syvässä vedessä. Hapettomuus ei siis ole pelkästään syvien merialueiden ongelma. Tästä syystä ovat laajat saaristoalueet voimakkaan sisäisen, erityisesti fosforikuormituksen kohteena.

Kokemusta sisäisen kuormituksen haitoista on saatu järvien kunnostusponnisteluissa. Järvi pystyy usein nielemään kovaakin kuormitusta vuosikausia ilman näkyvämpää oireilua. Lopulta liika on kuitenkin liikaa, sisäinen kuormitus pääsee vauhtiin ja järvi syöksyy rehevöitymiskierteeseen, jossa sisäinen kuormitus ruokkii järveä ravinteilla aiheuttaen yhä voimakkaampaa sisäistä kuormitusta. Tässä tilanteessa järven pelastaminen on erittäin vaikeata.

Samantyyppinen ilmiö kuin rehevöityneissä järvissä on käynnistynyt saaristovesissäkin. Liian kauan jatkuneesta liian voimakkaasta ulkoisesta kuormituksesta johtuen sisäinen kuormituskierre on päässyt käyntiin. Tästä syystä leväsopan edellytykset on paremmat kun koskaan ja leväsoppaa on tarjoilla ensi ja tulevina kesinäkin mikäli sää on kaunis ja sinileviä suosiva.

makroskooppisia pohjaeläimiä, heikosta happitilanteesta kärsiviä alueita on löydetty (HENRIKSSON JA MYLLYVIRTA 1991, 1992, MYLLYVIRTA JA HENRIKSSON 1999, 2001 kuva 2 ja 4).

Kuormituspaineita Pellingin saaristoalueella aiheuttavat mm. yleistynyt kalojen kasvatus ja myös kesällä korkea virkistyskäyttöaste vapaa-ajan veneilyineen ja mökkeilyineen. Viime vuosikymmeninä rakennetut tiepenkereet ja sillat vaikuttavat osaltaan veden vaihtuvuuteen ja lisäävät alueen kuormitusherkkyyttä (AHLSKOG 1996, HENRIKSSON JA MYLLYVIRTA 1999, kuva 3 ja 5).

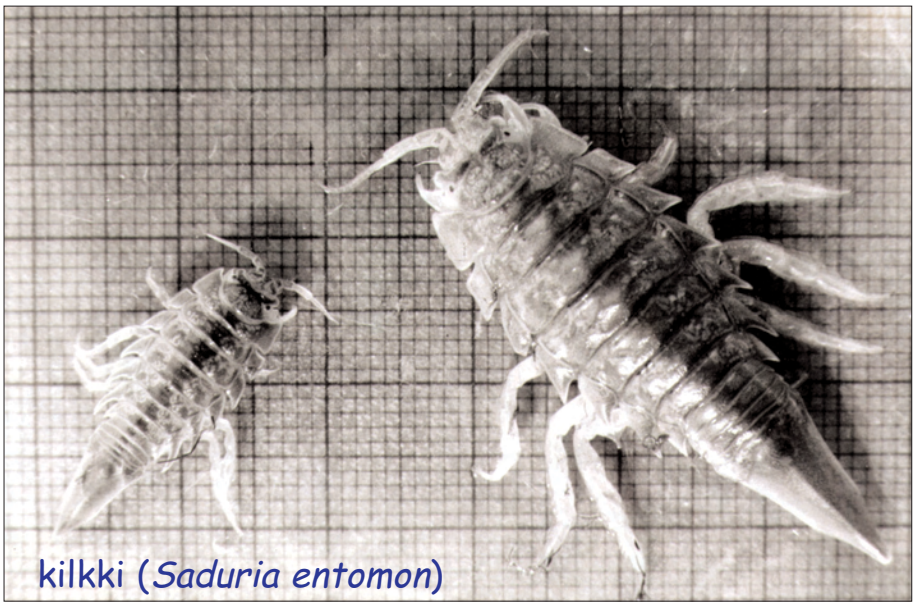
Kuva 4. Voimakkaiden sinileväkukintojen aikana näkösyvyys Pellingin vesissä oli vain muutamia senttimetrejä.

Kuva 5. Backassundet.

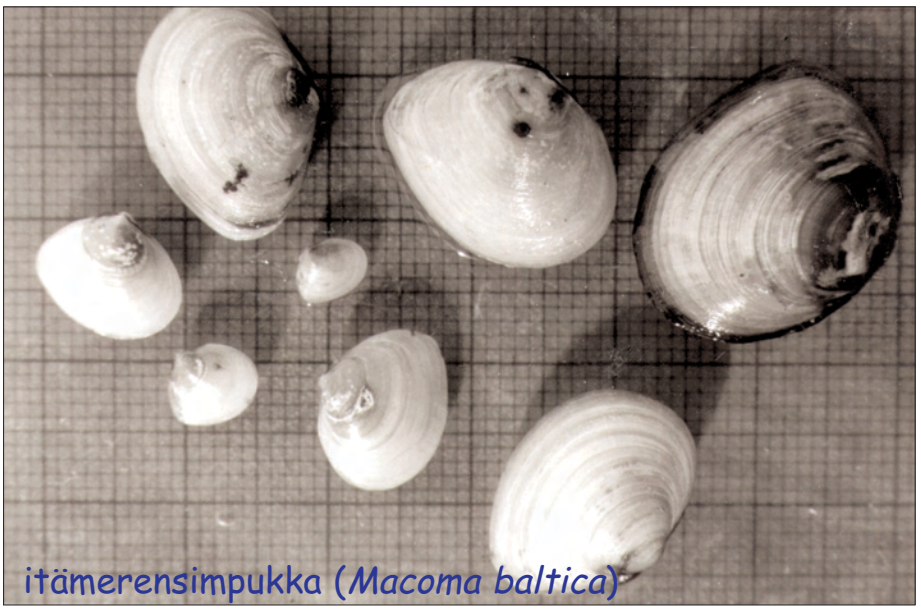
3 Pohjaeläimet ympäristön tilan indikaattoreina

Pohjaeläinyhdyskuntia käytetään ympäristön tilan seurannassa, sillä eri pohjaeläinlajit reagoivat eri tavoin muuttuviin olosuhteisiin. Esim. muutokset pohjan laadussa, veden ravinteisuudessa ja happiolosuhteissa vaikuttavat pohjaeläinyhdyskuntien koostumukseen. Tietyissä olosuhteissa pohjaeläinyhteisöt saattavat alueittain hävitä kokonaan. Pohjaeläimillä on monin tavoin tärkeä ekologinen asema vesiympäristössä.

Pohjaeläimet jaetaan progressiivisiin ja regressiivisiin lajeihin (LEPPÄKOSKI 1975). Progressiivisiksi kutsutaan pohjaeläimiä, jotka läsnäolollaan ilmentävät eloperäistä (orgaanista) "likaantumista", regressiiviset lajit taas ilmentävät läsnäolollaan puhtaampia olosuhteita (kuva 6 ja 7).


kilkki (*Saduria entomon*)

Mikäli orgaanista kuormitusta on runsaasti ja esim. pohjille vähitellen kertyy runsaasti eloperäistä ainesta ja pohjat liejuuntuvat, on korvaava pohjaeläimistö yleensä lajistoltaan köyhempi kuin alku-

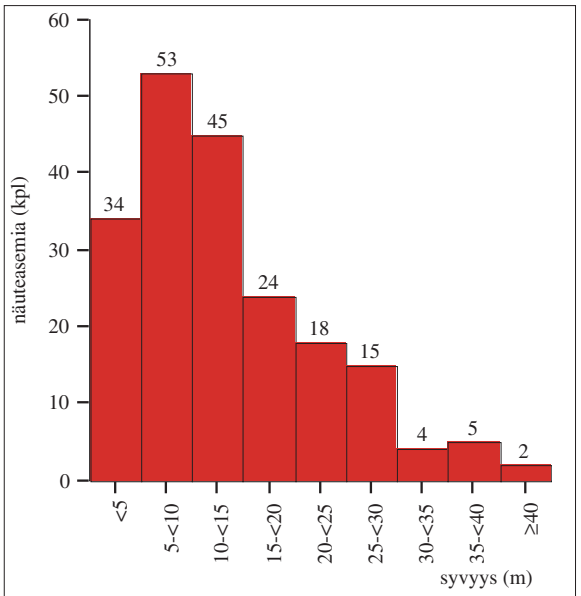

itämerensimpukka (*Macoma baltica*)

Kuva 6 ja 7. Pohjaeläimiä. Kilkit (ylhäällä) ovat melko vaativia veden laadun suhteen. Itämerensimpukkaa (oikealla) tavataan myös likaantuneilla alueilla.

peräinen vaikka yksittäisen hyvin kyseisiin olosuhteisiin sopeutuneen lajin yksilömäärät voivat olla varsin suuria. Muutamat pohjaeläinlajit sietävätkin hyvin matalia happipitoisuuksia ja rikkivetyä, jota muodostuu eloperäisten aineiden hajotessa hapettomien olosuhteiden vallitessa.

Etuna pohjaeläintutkimuksissa on se, että muutoksien pitkäaikaisvaikutukset tulevat herkästi esille.

Saariston morfometria (veden syvyys, vapaan vedenpinnan ala, suojaavat maamassat, matalat kynnykset jne.) vaikuttavat tuulten, aaltojen ja vesivirtojen aiheuttaman pohjaeroosion voimakkuuteen. Pohjaeroosion voimakkuus vuorostaan määrää pitkälti pohjan laadun ja pohjan laatu on yksi pohjaeläimistön koostumusta säätelevistä tekijöistä.



Kuva 8. Näyteasemien (200 perusnäyteasemaverkoston näyteasemaa) jakautuminen syvyysvyöhykettäin.

Kuva 9. Pohjaeläinnäytteet kerättiin kolmioharalla (kolmiomuotoiseen metalliraamiin kiinnitetty nailonpussi).

4 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalueelta kerättiin pohjaeläinnäytteitä 200 näyteasemalta joiden sijainnit määräytyivät säännöllisen verkoston perusteella (kuva 1). Lisäksi tutkimusalueelle sijoitettiin 100 lisänäyteasemaa tarkemman kartoituksen vaativille alueille. Lisänäyteasemien tarkat sijainnit määritettiin näytteenottojen yhteydessä, paikan päällä, syvyys- ja happiolosuhteiden sekä pohjaeläinten esiintymisen perusteella. Tarkoitus oli kartoittaa pohjaeläimistöt laajalta syvyysalueelta, jotta alueen pohjaeläinyhdyskuntien koostumuksesta saataisiin mahdollisimman täydellinen kuva (kuva 8). Perusnäyteasemaverkoston pohjaeläinnäytteet kerättiin 23.7 - 7.8 välisenä aikana kesällä 1996. Lisäksi kerättiin pohjaeläinnäytteet 100 lisänäyteasemalta 9.8 - 19.8. 1996 välisenä aikana.

Kuva 10. Limnos putkinoutimella otettu sedimenttinäyte.

Sedimentti- ja pohjaeläinnäytteet otettiin 11.6 - 17.6 1997 26 perus- ja lisänäyteasemalta. Tulosten perusteella valittiin 10 näyteasemaa joista pohjaeläinnäytteenottojen lisäksi mitattiin veden lämpötila- ja happiprofiilit. Näistä kymmenestä valittiin 5 intensiivinäyteasemaa, joilta kerättiin pohjaeläinnäytteet ja kuvattiin lämpötila- sekä happiprofiilit noin 2 viikon välein heinä-syyskuussa vuonna 1997 ja touko-syyskuussa vuonna 1998 sekä (2 aseman kohdalla) myös talvella 16.3.1998. Näkösyvyys mitattiin kaikkien näytteenottojen yhteydessä.

Pellingin alueen tiepenkereiden ja siltojen vaikutusten selvittämiseksi perustettiin 30 lisänäyteasemaa, joilta kerättiin näytteet 12.6 - 19.9 1997 ja 5.6 - 13.9 1998 (MYLLYVIRTA JA HENRIKSSON 1999).

Makroskooppisten pohjaeläinten näytteenotossa käytettiin kolmioharaa, joka on kvalitatiivis - semikvantitatiivinen näytteenotin (kuva 9). Vedettäessä köyteen kiinnitettyä kolmioharaa pohjaa pitkin, kertyy pohjasedimentin pintakerrosta pussiin. Nailonpussin silmäkoko oli 0,5 mm ja suuaukon sivujen pituus 28 cm. Näytteet seulottiin seulalla, jonka silmäkoko oli 0,5 mm. Näytealojen veden syvyys mitattiin ja pohjan laatu arvioitiin näytteenottojen yhteydessä. Pohjaeläimet lajiteltiin elävinä valkopohjaisessa astiassa, joka näytteiden läpikäymisen helpottamiseksi oli jaettu sektoreihin. Näytteiden läpikäynnissä käytettiin suurentavia apuvälineitä tarvittaessa. Kvalitatiivisuus tarkoittaa tässä sitä, että pohjien tilaa

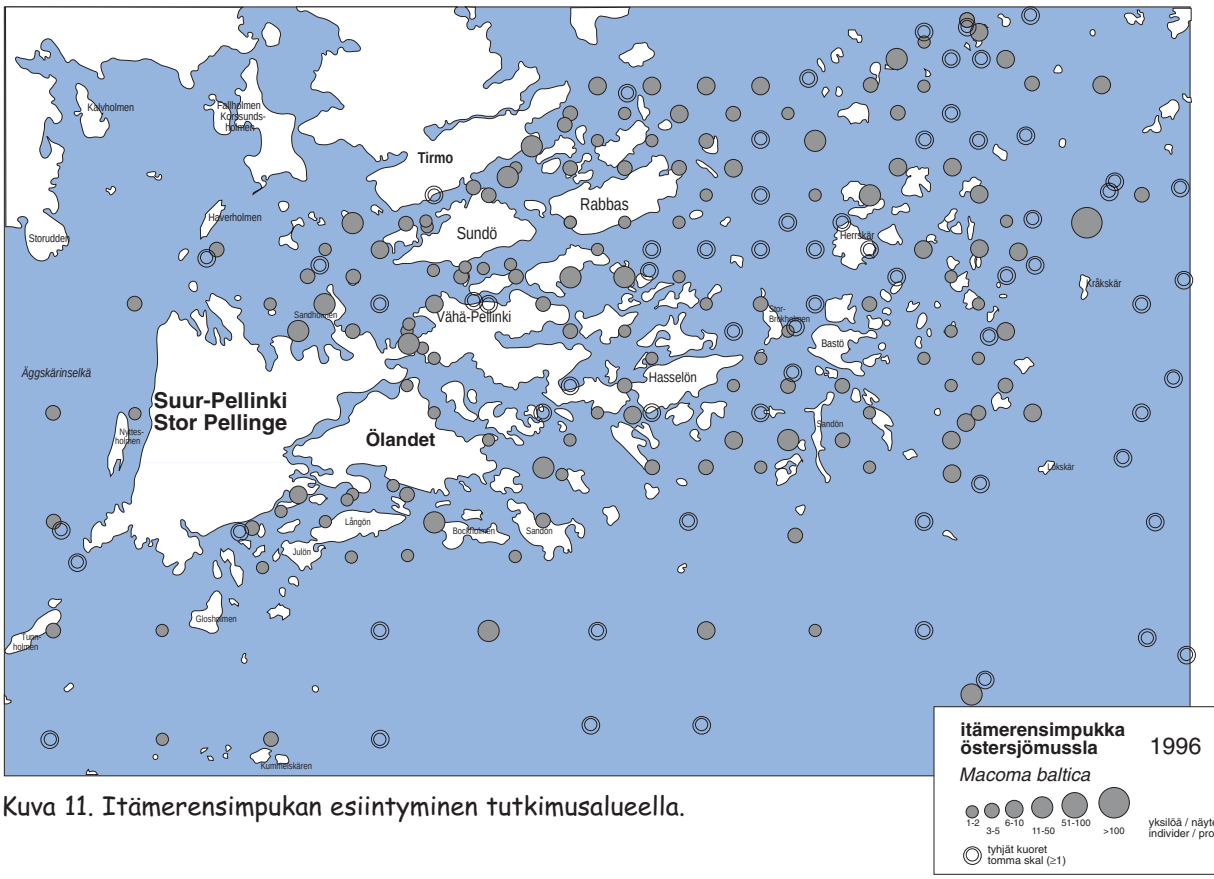
kuvataan eri pohjaeläinlajien läsnä- tai poissaololla, lajien runsaussuhteilla ja eläimistön diversiteetillä. Näytteiden pohjaeläimet laskettiin ja määritettiin laji- , suku tai muulle taksonomiselle tasolle sen mukaan, kuinka selvästi erotettavissa tunnusomaiset piirteet ovat (katso HENRIKSSON JA MYLLYVIRTA 1991, 1992, 1995, MYLLYVIRTA JA HENRIKSSON 1999, 2001).

Happi- ja lämpötilaprofiilit mitattiin happisondilla (Ysi 52 dissolved oxygen meter) ja alusveden rikkivedyn ilmeneminen määritettiin aistinvaraisesti Rutner-näytteenottimen näytteistä. Limnos-sedimenttiputkinoudinta (kuva 10) käyttäen havainnoitiin tarvittaessa sedimentin pinnan happitilannetta ja sulfidipohjien esiintymistä. Näkösyvyysmittaukset tehtiin secchi-levyllä jokaisen näytteenoton yhteydessä.

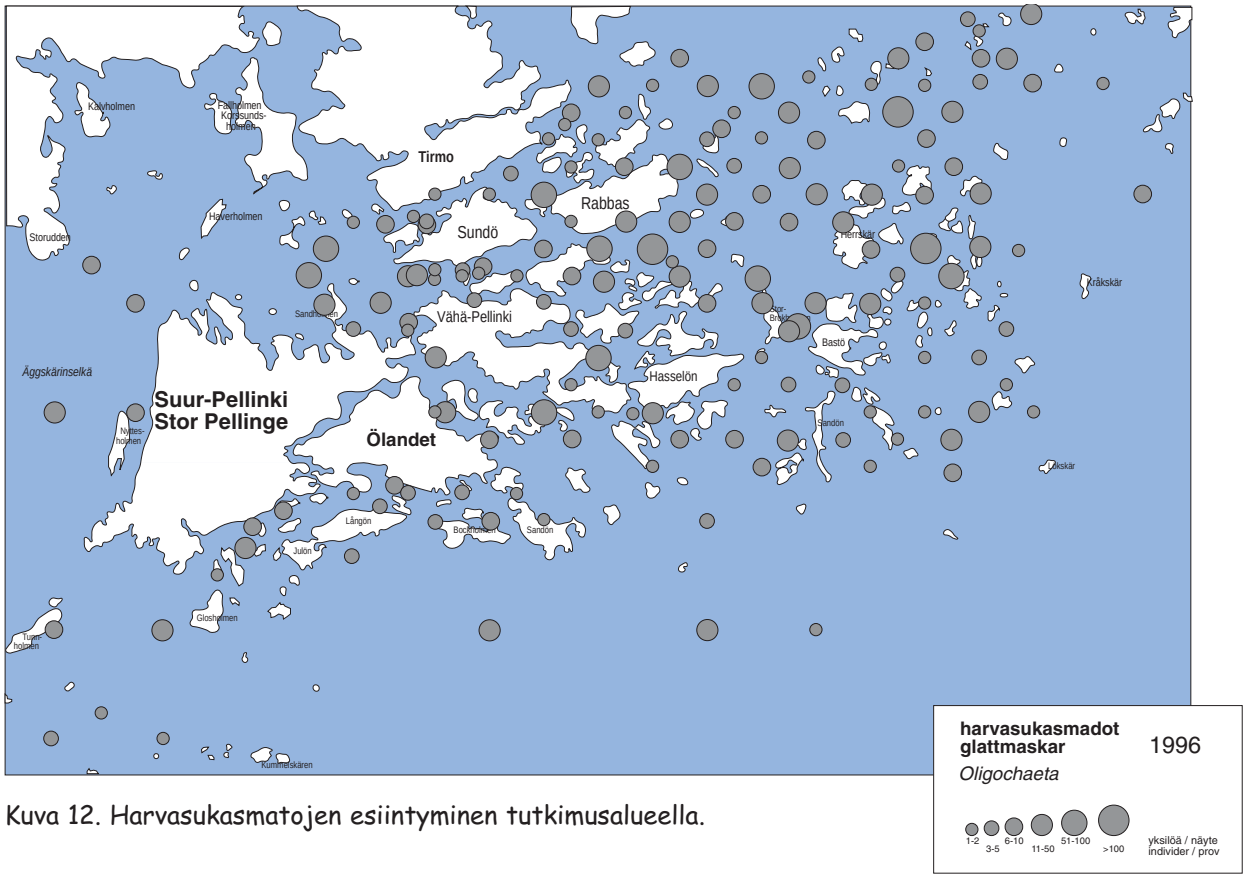
5 Tulokset

5.1. Pohjaeläinlajisto

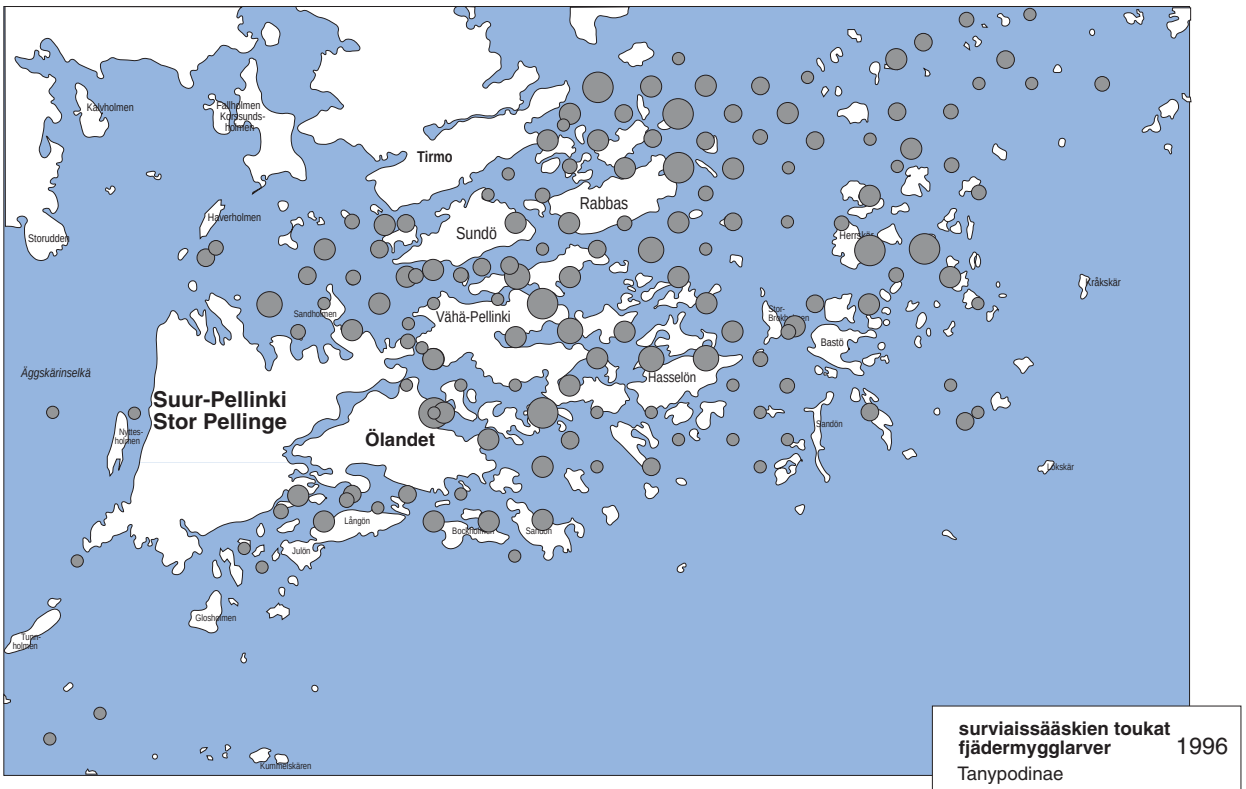
Tutkimusalueella esiintyvä pohjaeläinlajisto on tyypillinen Suomenlahden tälle alueelle. Lajien levinneisyydessä on selkeitä eroja jotka kertovat lajien vaatimuksista elinolosuhteiden suhteen. Yleisinä esiintyvistä pohjaeläimistä Itämerensimpukka (*Macoma baltica*) ja Harvasukasmadot (Oligochaeta) esiintyvät koko tutkimusalueella (kuva 11 ja 12).Tanypodinae



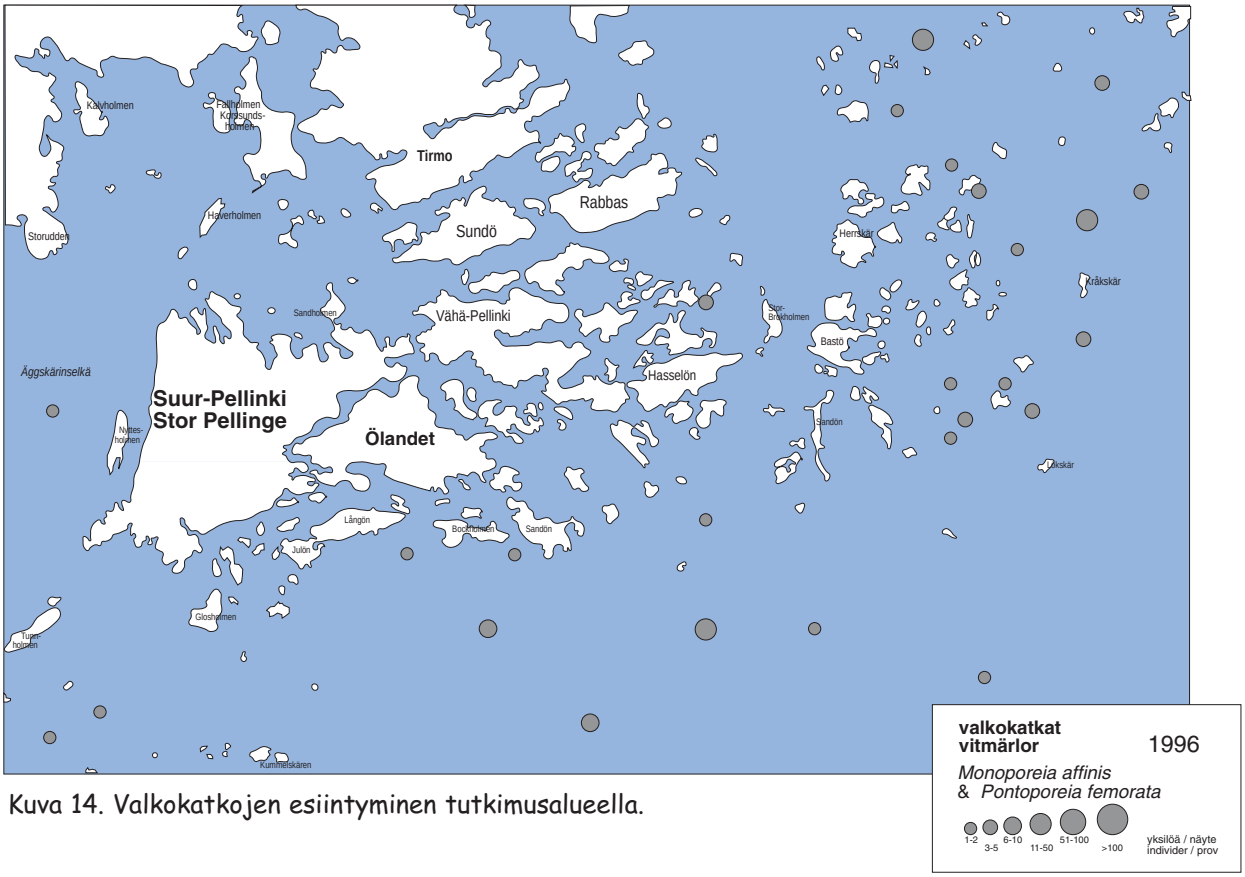
Kuva 11. Itämerensimpukan esiintyminen tutkimusalueella.



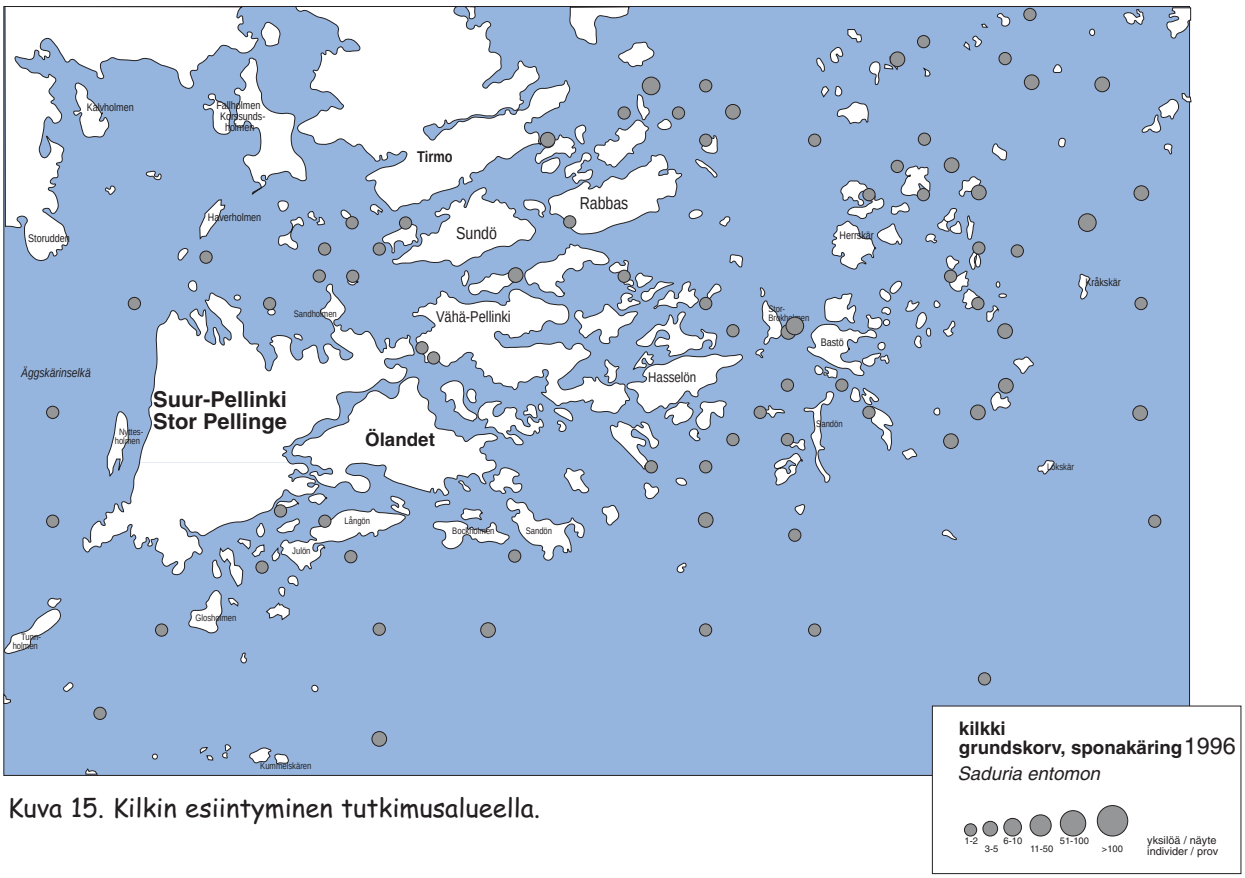
Kuva 12. Harvasukasmatojen esiintyminen tutkimusalueella.



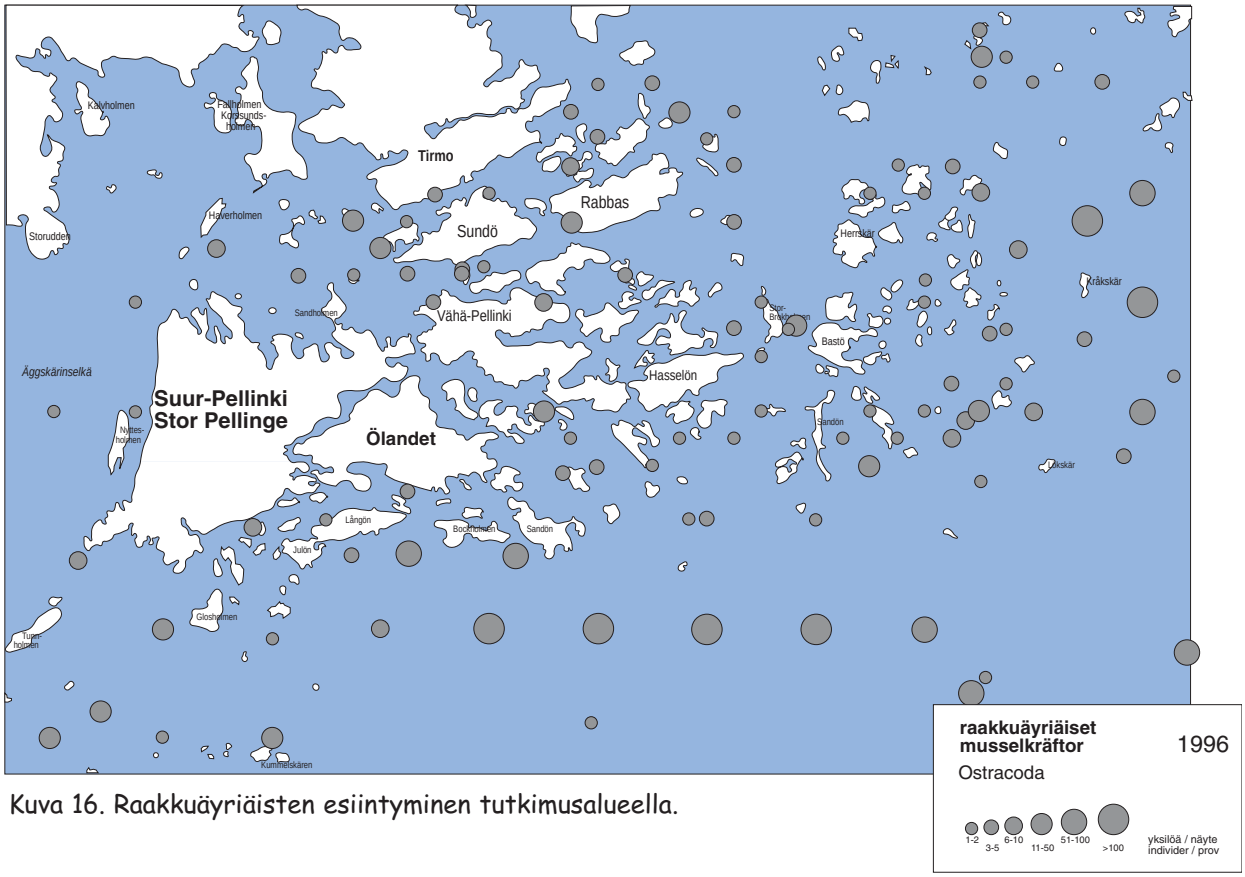
Kuva 13. Surviaissääskien toukkien (Tanypodinae) esiintyminen tutkimusalueella.



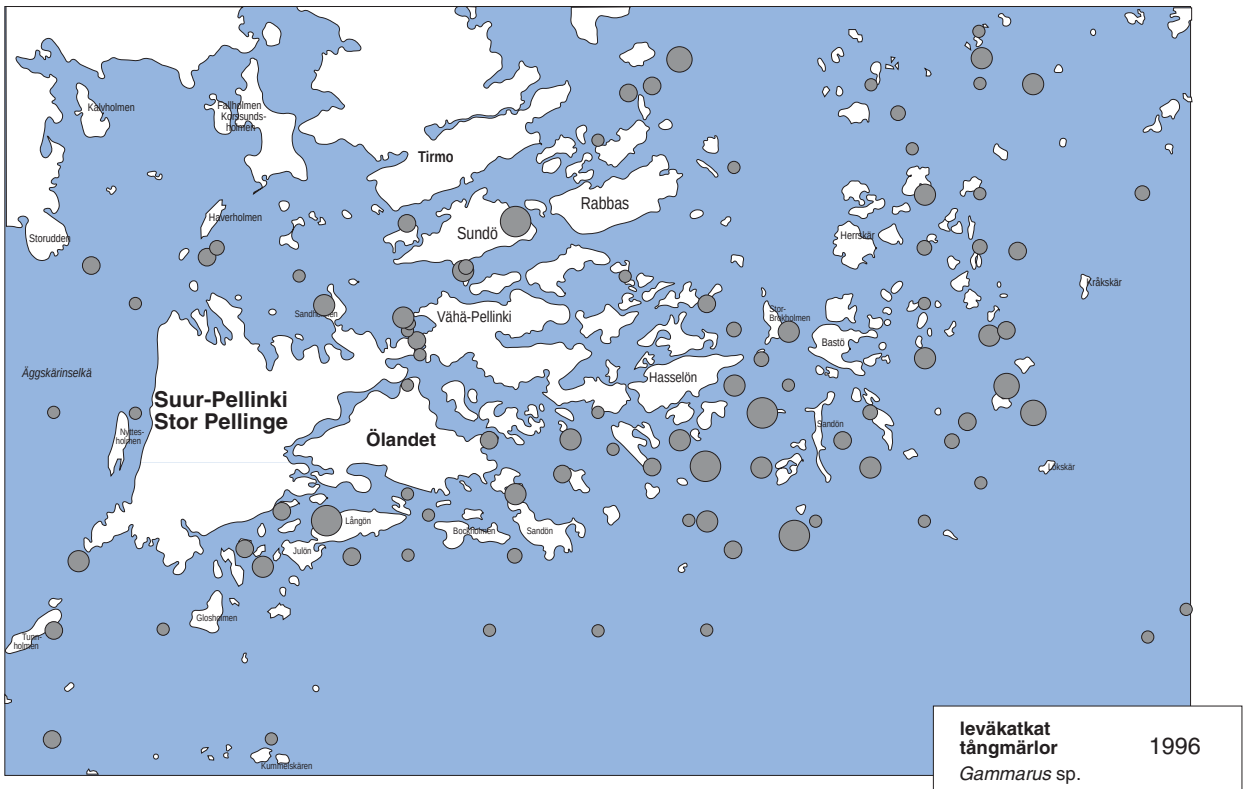
Kuva 14. Valkokatkojen esiintyminen tutkimusalueella.



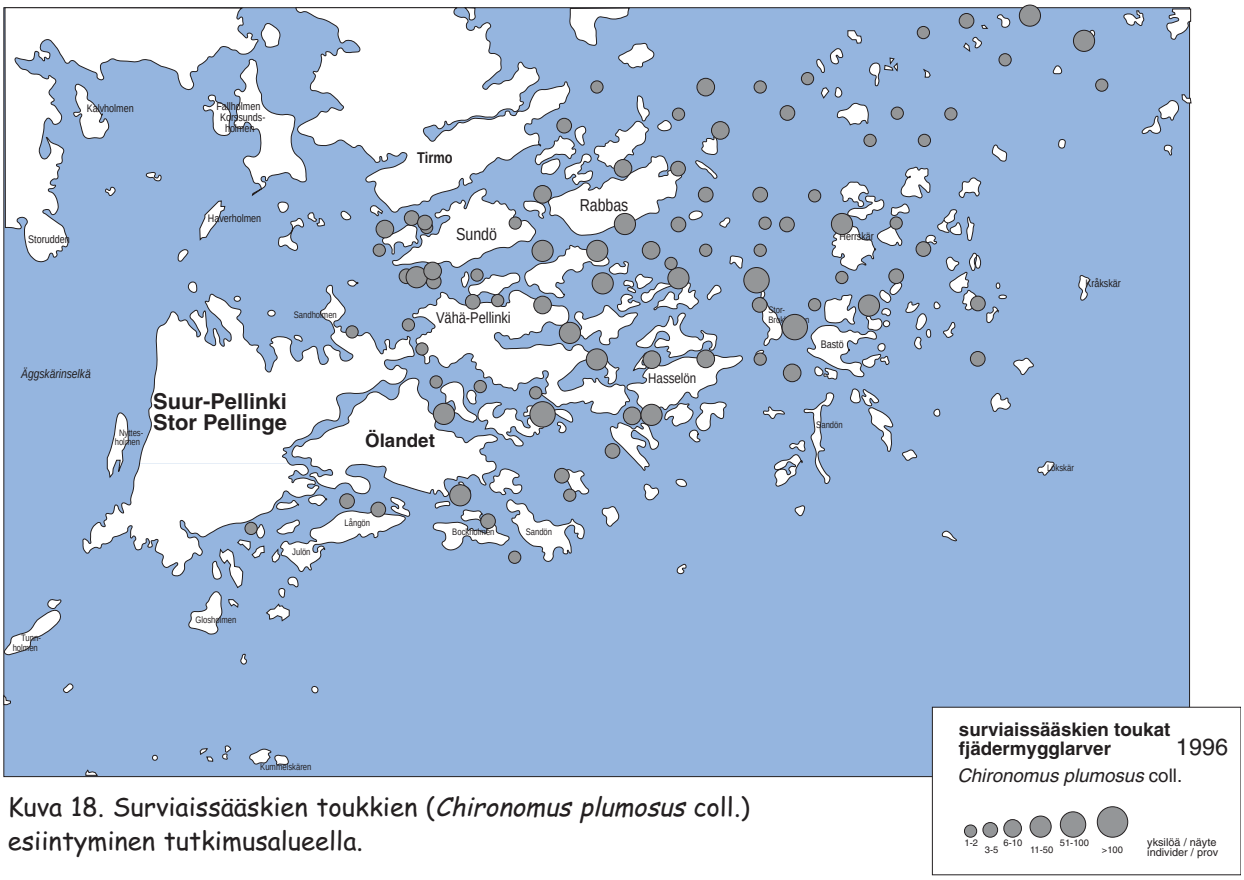
Kuva 15. Kilkin esiintyminen tutkimusalueella.



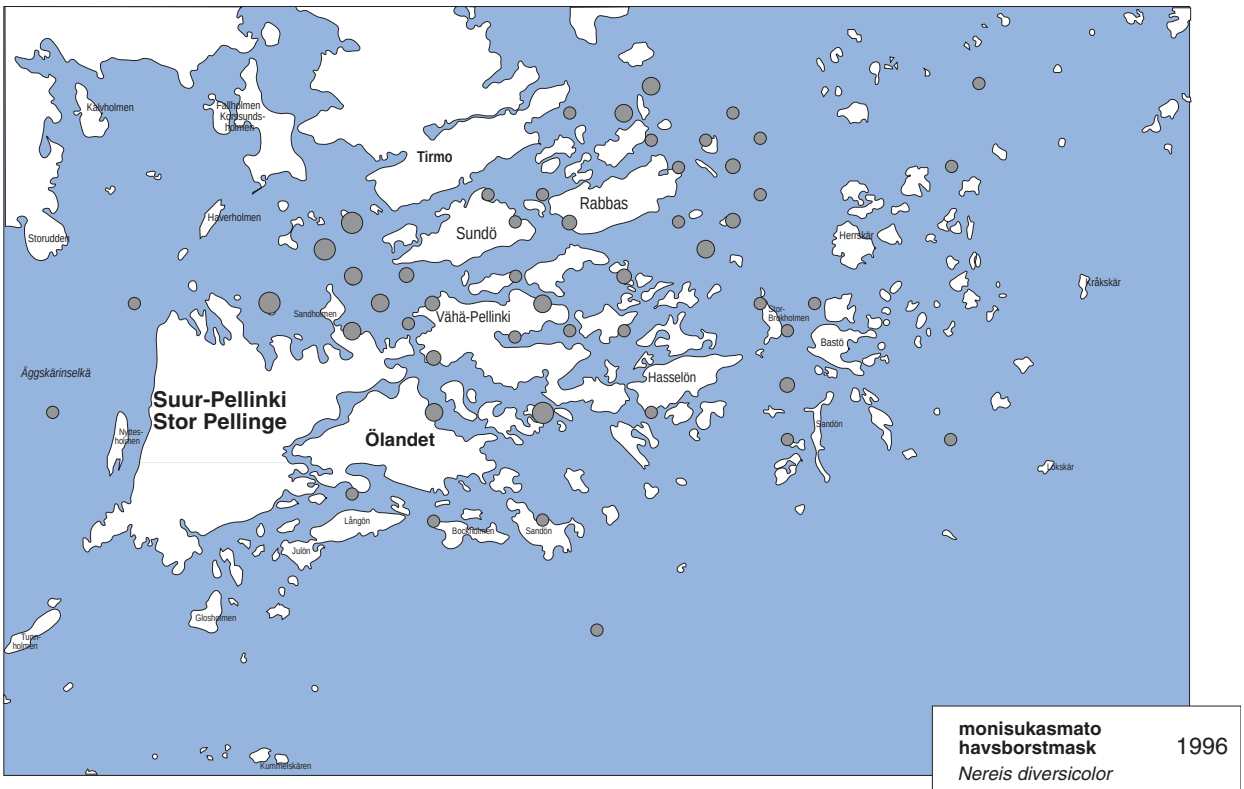
Kuva 16. Raakkuäyriäisten esiintyminen tutkimusalueella.



Kuva 17. Leväkatkojen esiintyminen tutkimusalueella.



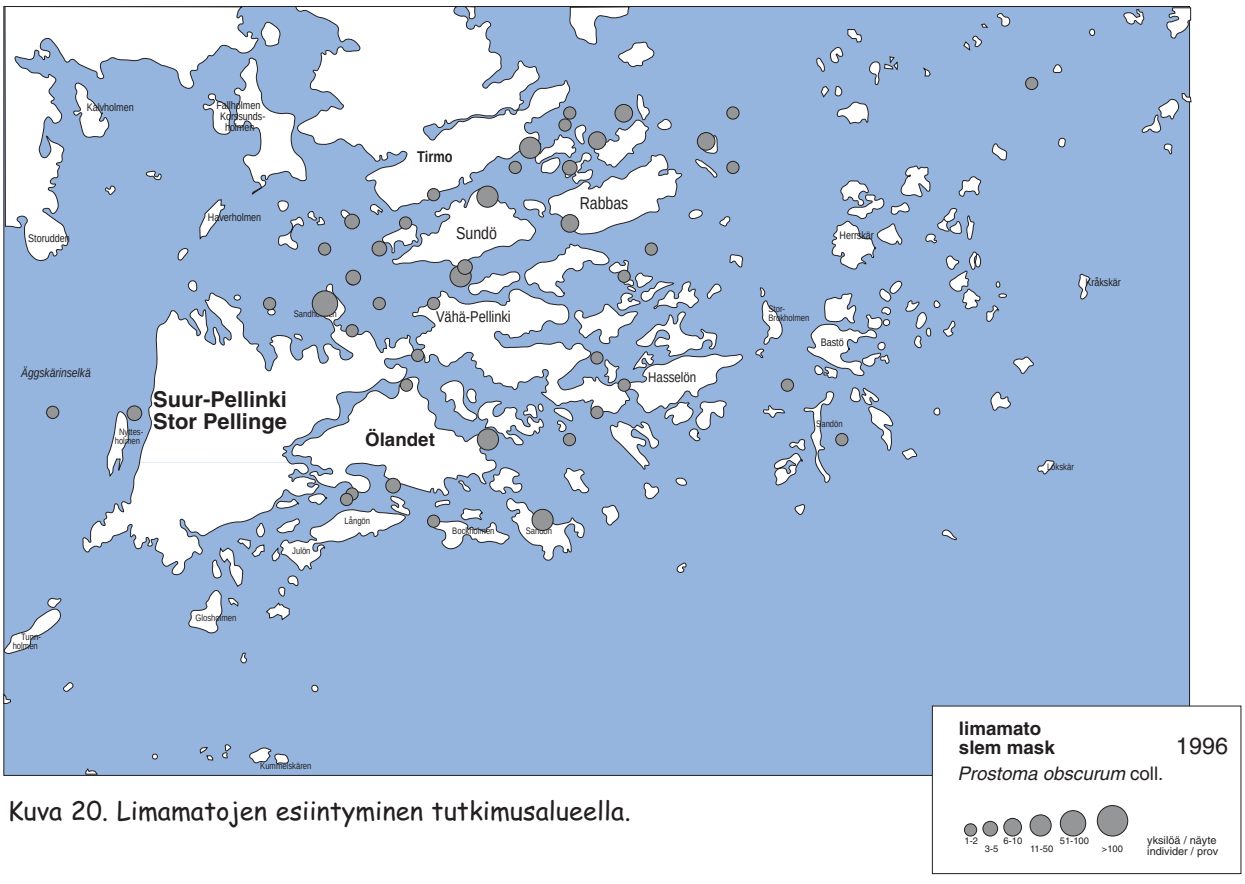
Kuva 18. Surviaissääskien toukkien (*Chironomus plumosus* coll.) esiintyminen tutkimusalueella.



Kuva 19. Monisukasmadon (*Nereis diversicolor*) esiintyminen tutkimusalueella.

surviaissääskien toukat esiintyvät koko alueella lukuunottamatta alueen syvimpiä osia (kuva 13). Valkokatkojen (*Monoporeia affinis.*, *Pontoporeia femorata*) esiintyminen rajoittuu puolestaan alueen syviin avomeriosiin (kuva 14). Kilkki (*Saduria entomon*), raakkuäyriäiset (Ostracoda)ja leväkatkat (*Gammarus* sp.) esiintyivät yleisinä koko alueella alueen suojaisimpia sisäosia lukuunottamatta (kuva 15, 16 ja 17). Vastaavasti surviaissääskien toukat (*Chironomus plumosus* coll.) ja monisukasmato (*Nereis diversicolor*) esiintyvät lähes yksinomaan alueilla, jotka ovat kohtuullisen suojaisia ja jossa pohja on eloperäistä liejua (kuva 18 ja 19). Merirokko (*Balanus improvisus*) ja Sinisimpukka (*Mytilus edulis*) esiintyvät erityisesti salmissa missä virtausolosuhteet ovat niille suotuisia (liite 1, sivu 47 ja 57). Limamadot (*Prostoma obscurum* coll.) puolestaan esiintyvät lähes kaikkialla missä pohjan laatu koostuu hienorakeisesta hiekasta (kuva 20). Liejukatkat (*Corophium* sp.) puolestaan suosivat pohjia joiden kostumukseen kuluu savea (liite 1, sivu 41).

Pellingin saaristoalueella esiintyi 35 eri pohjaeläintaksonia. Kaikkien pohjaeläinlajien ja ryhmien esiintyminen on havainnollistettu liitteessä 1 sivuilla 31-66.

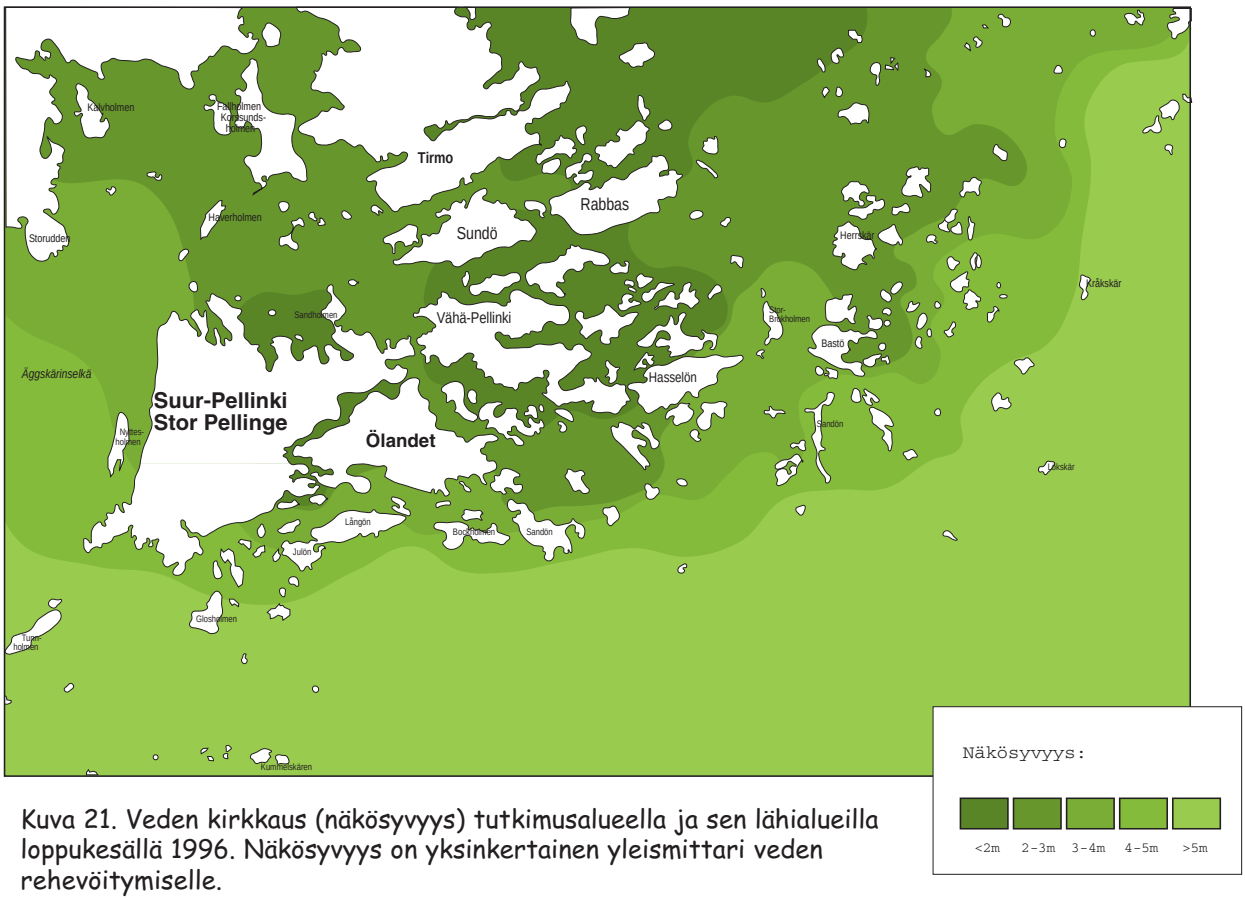


Kuva 20. Limamatojen esiintyminen tutkimusalueella.

5.2. Bioindikaattorit

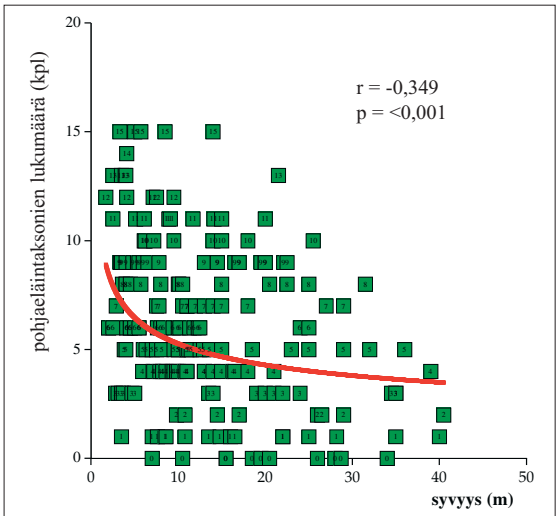
Pohjaeläimiä käytetään ympäristön tilan indikaattoreina ja pohjaeläinlajit on ryhmitelty likaantumista sietäviin (progressiivisiin) ja likaantumista karttaviin (regressiivisiin) lajeihin (LEPPÄKOSKI 1975). Tutkimusalueen veden ja pohjien tilaan vaikuttavat alueen lukuisat saaret ja epätasainen pohja jotka heikentävät veden vaihtuvuutta. Alueilla, joilla veden vaihtuvuus on heikompi, ovat pohjiin kerääntyvän eloperäisen aineen määrät suurempia ja pohjaeläimillä on enemmän ravintoa käytettävissä. Voimakas sedimentaatio kuluttaa myös happea pohjanläheisessä vedessä ja sedimentin pintakerroksessa mikä osaltaan vaikuttaa alueiden pohjaeläinlajistoon.

Tutkimusalueella likaantumista sietävät lajit, erityisesti surviaissääskien toukat (*Chironomus plumosus* coll.) ja monisukasmato (*Nereis diversicolor*), ovat selvästi keskittyneet alueille, joilla yleinen trofia-aste alueiden morfometrian (saariston muoto), pohjan laadun ja veden sameuden (kuva 21) perusteella on muita alueita korkeampi (kuva 18 ja 19). Vastaavasti likaantumista karttavat lajit (esim. valkokatkat (*Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*), kilkki (*Saduria entomon*), leväkatkat (*Gammarus* sp.) ovat keskittyneet alueille, joilla vedenvaihto on tehokasta (kuva 14, 15 ja 17). Progressiivisten lajien esiintymisen keskittyminen



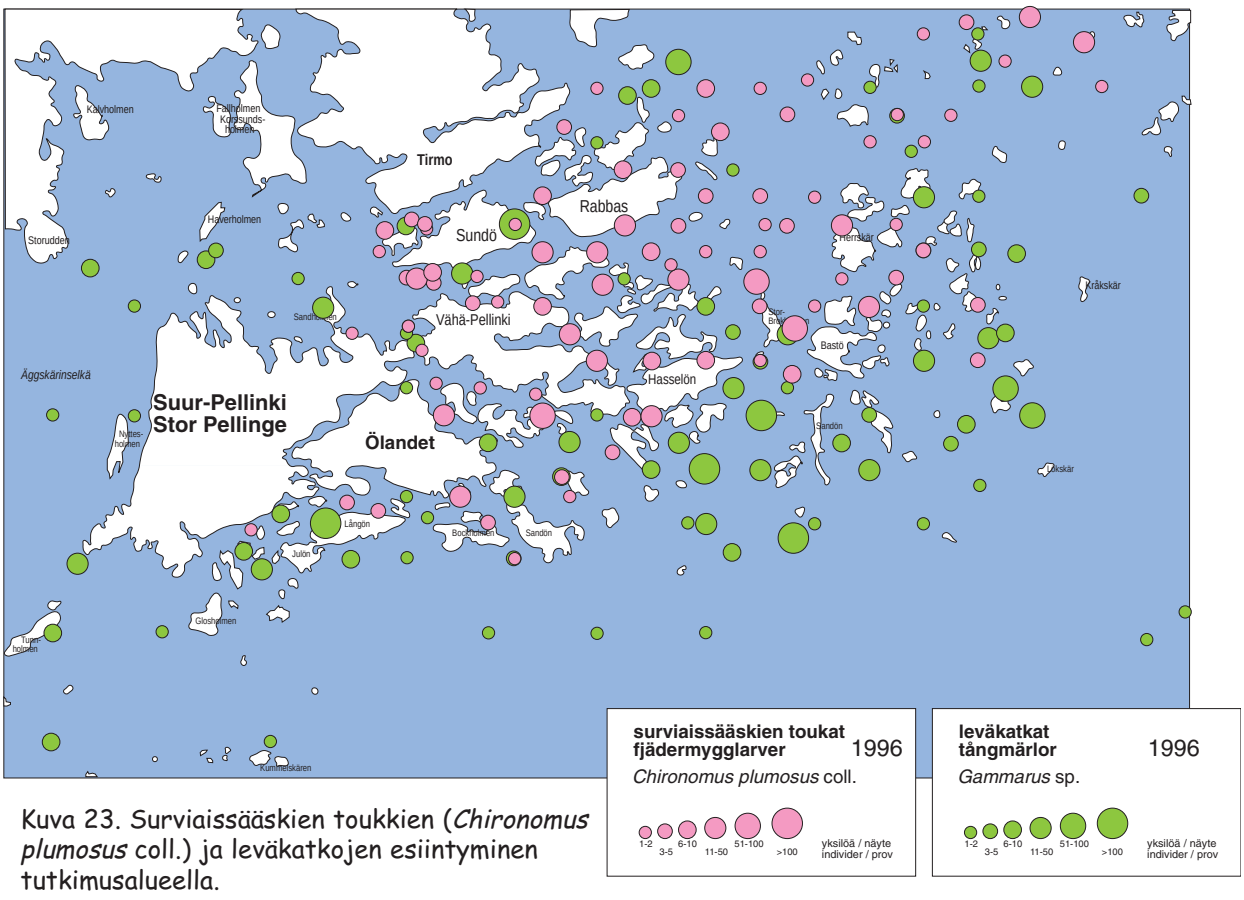
Kuva 21. Veden kirkkaus (näkösyvyys) tutkimusalueella ja sen lähialueilla loppukesällä 1996. Näkösyvyys on yksinkertainen yleismittari veden rehevöitymiselle.

tutkimusalueen keskiosaan ja regressiivisten lajien esiintymisen keskittyminen tutkimusalueen periferiaan on monissa tapauksissa hyvinkin selkeä. Esimerkiksi *Chironomus plumosus*-tyyppisten surviaissääskien toukkien ja leväkatkojen levinneisyysalueiden kohdalla ei juurikaan ole päällekkäisyyttä (kuva 23).



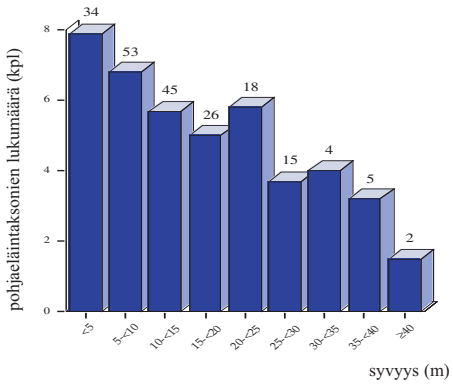
Kuva 22. Pohjaeläintaksonien määrän ja veden syvyyden välinen suhde. Kuva perustuu 200 perusnäyteaseman tuloksiin.

Useat likaantumista sietävistä lajeista esiintyvät sekä korkeamman trofia-asteen omaavilla alueilla, että karuimmilla alueilla (esim. itämerensimpukka, harvasukasmadot, kuva 11 ja 12). Likaantumista karttavat lajit puolestaan eivät ollenkaan esiinny korkean trofia-asteen omaavilla alueilla. Esim. äyriäiset jotka ovat melko vaativia veden ja pohjan laadun suhteen, eivät juurikaan esiinny tutkimusalueen suojaisissa osissa joissa vesi ja pohja-aines on ravinteikkampaa (kuva 25).



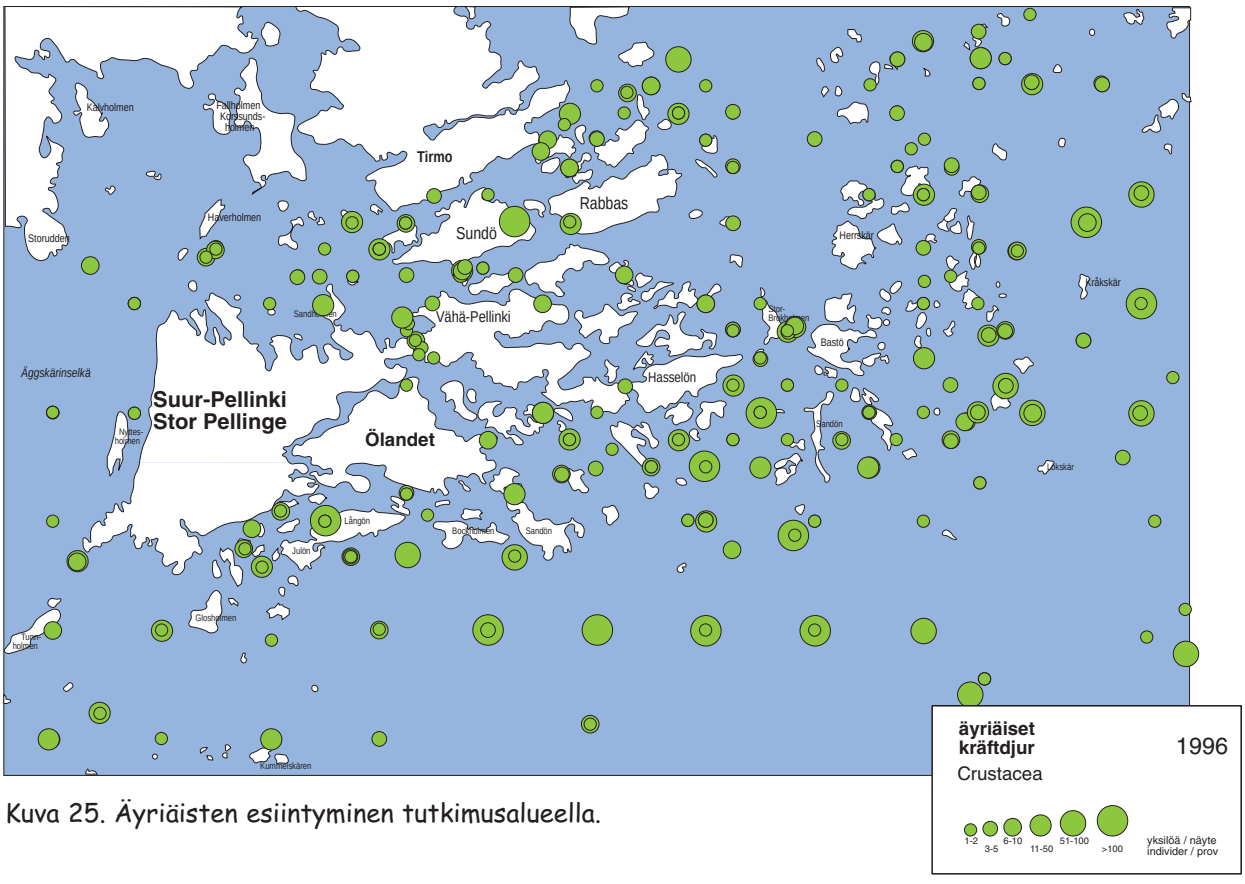
Kuva 23. Surviaissääskien toukkien (*Chironomus plumosus* coll.) ja leväkatkojen esiintyminen tutkimusalueella.

5.3. Biodiversiteetti

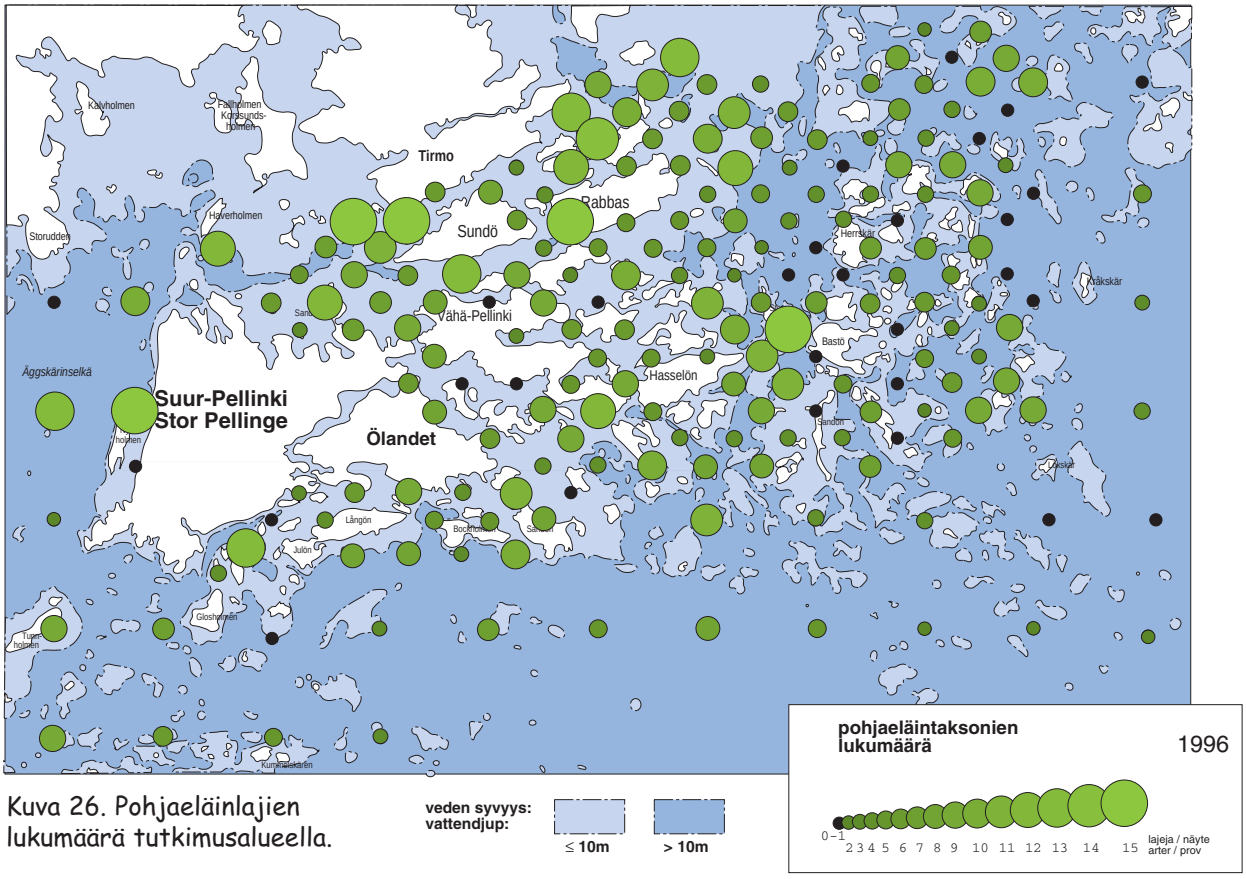


Kuva 24. Pohjaeläintaksonien lukumäärä eri syvyysvyöhykkeillä. Kuva perustuu 200 perusnäyteaseman tuloksiin. Pylväiden kärjissä ovat näyteasemien lukumäärää kyseisellä syvyysalueella.

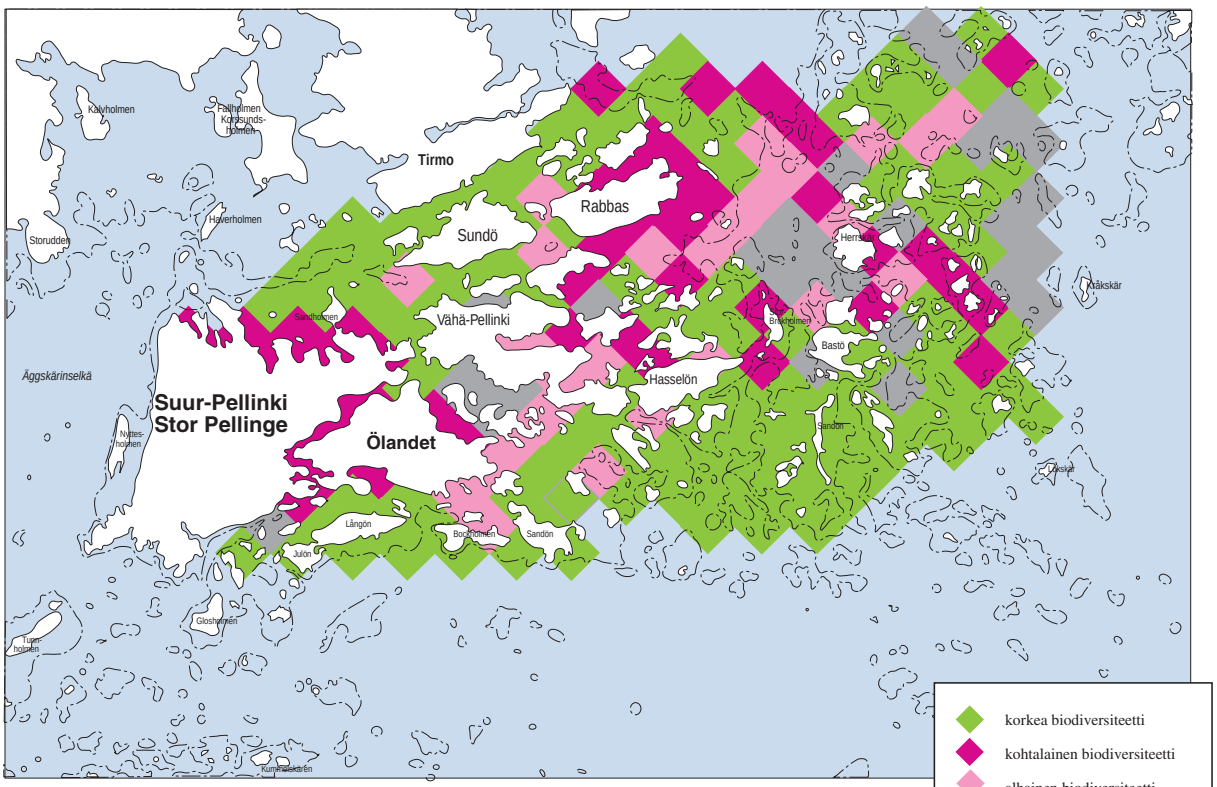
Pääsääntöisesti pohjaeläinlajien määrä vähenee syvyyden kasvaessa ($r = -0{,}349$, $p < 0{,}001$, kuva 22). Tämä johtuu siitä, että matalimmilla pohjilla on enemmän elintilaa pohjaeläimille. Köyhtyneitä, alhaisen biodiversiteetin omaavia pohjia ja täysin vailla pohjaeläimiä olevia pohjia esiintyy kuitenkin myös verraten matalilla veden syvyyksillä. 15 - 20 m syvyydessä lajeja on keskimäärin 5 kpl per näyteasemaa kun syvemmällä (20 -25 m) lajeja oli keskimäärin 5.8 näyteasemaa kohden (kuva 24). Alhainen biodiversiteetti suhteellisen matalilla pohjilla on seurausta siitä, että Pellingin alueella esiintyi runsaasti ajoittain happivajeesta kärsiviä pohjia varsinkin alueen verraten suojaisissa sisäosissa (kuva 26 ja 27). Usein näiden pohjaeläimistö koostuu vain sitkeimmistä lajeista kuten surviaissääskien toukista ja harvasukasmadoista, jotka nekin esiintyvät harvalukuisina. Nämä alueet eivät juurikaan tarjoa elinmahdollisuuksia esim. pohjaeläimistä ravintonsa saaville kaloille.



Kuva 25. Äyriäisten esiintyminen tutkimusalueella.



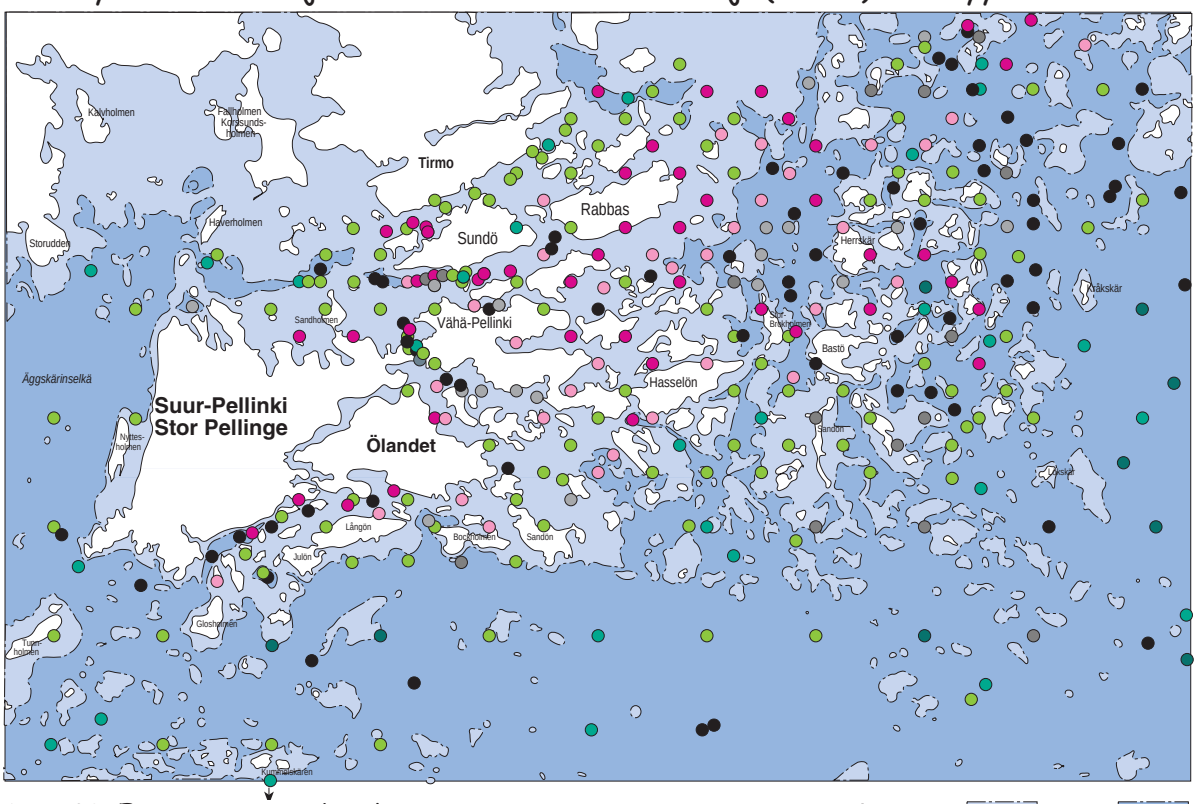
Kuva 26. Pohjaeläinlajien lukumäärä tutkimusalueella.



Kuva 27. Merenpohjan eliöstön biodiversiteetti tutkimusalueen eri osissa. Ryhmittely perustuu eri tyyppisten pohjaeläimistöjen esiintymiseen (vertaa kuva 28).

Tutkimusalueella esiintyy runsaana kahden tyyppisiä pohjaeläimistöjä: 1. Pohjaeläimistö jolle luonteenomaista on runsaus ja monipuolisuus ja 2. Pohjaeläimistö jolle luonteenomaista on runsaus ja yksipuolisuus (kuva 28). Ensin mainittu pohjaeläimistö koostuu pääasiassa likaantumista karttavista lajeista, äyriäisistä, simpukoista ja merellisistä lajeista. Toisen pohjaeläimistön tyyppilajeja ovat likaantumista kestävät usein makean veden lajit, hyönteiset (pääasiassa surviaissääskien toukat), harvasukasmadot ja itämerensimpukka. Mikä näistä kahdesta esiintyy missäkin määräytyy paikallisesta morfometriasta (saariston topografiasta ja muodosta). Molemmat tarjoavat runsaasti ravintoa esimerkiksi kaloille.

Molemmista edellä mainituista pohjaeläimistöistä esiintyy myös köyhtyneet muodot jolloin ainoastaan muutama laji (1 - 2) esiintyy harvalu-



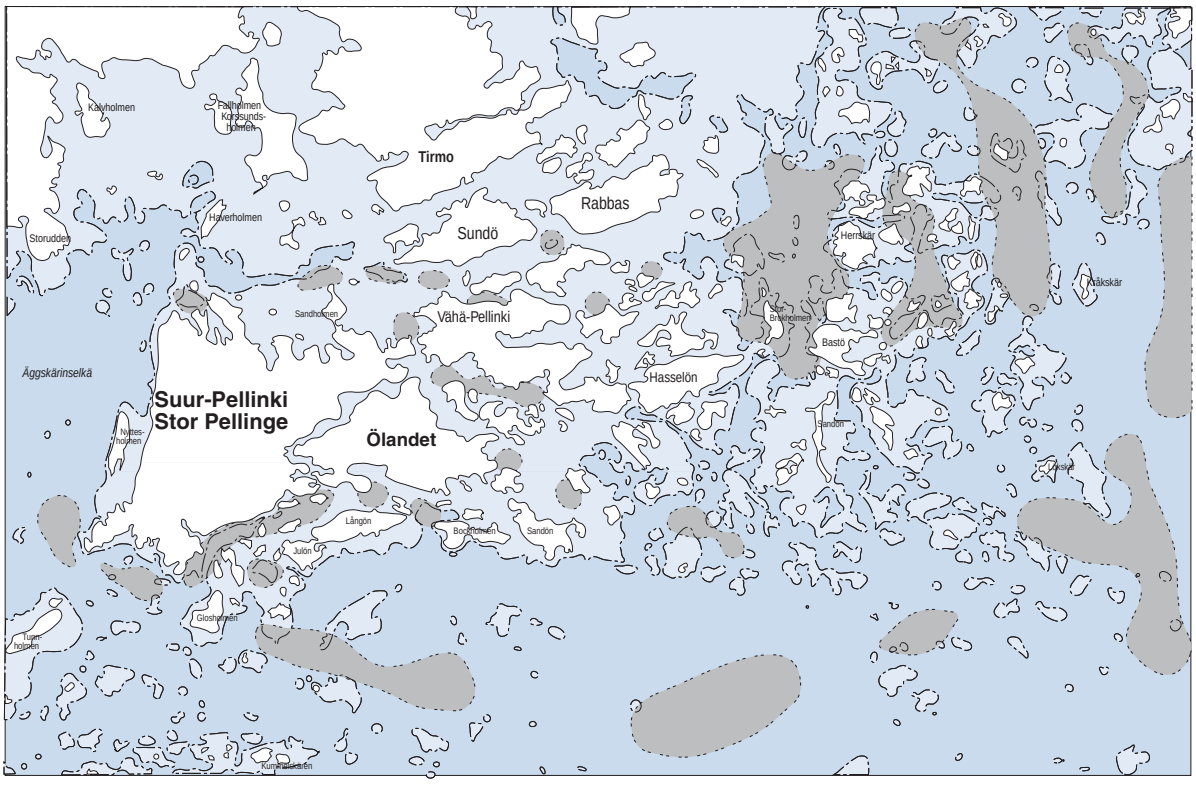
Kuva 28. Eri tyyppisten pohjaeläimistöjen esiintyminen tutkimusalueella (katso värien selitykset alhaalla).

Hyvä happitilanne.		Voimakas eroosio. Vaativia lajeja esiintyy harvalukuisina.
Pääsääntöisesti hyvä happitilanne.		Runsas ja monipuolinen pohjaeläimistö. Äyriäisiä ja simpukoita. Vaativat lajit ovat hallitsevia.
Ajoittain huono happitilanne.		Runsas ja monipuolinen pohjaeläimistö. Äyriäisiä. Simpukat puuttuvat.Vaativia lajeja esiintyy.
Ajoittain hapettomuutta.		Köyhtynyt pohjaeläimistö. Vaativia lajeja esiintyy harvalukuisina.
Hapettomuutta ja rikkivetyä esiintyy usein.		Pohjaeläimet puuttuvat tai ne ovat erittäin harvalukuisia.
Ajoittain hapettomuutta.		Köyhtynyt pohjaeläimistö. Kestävimmät lajit esiintyvät harvalukuisina.
Ajoittain huono happitilanne.		Vain kestävimmät lajit (surviaissääskien toukat, harvasukasmadot) esiintyvät.
Pääsääntöisesti hyvä happitilanne.		Runsas mutta yksipuolinen pohjaeläimistö. Tyypillisiä lajeja ovat surviaissääskien toukat, harvasukasmadot ja itämerensimpukka.Vaativia lajeja puuttuu tai ne ovat harvalukuisia.

kuisena (alle 10 yksilöä/näyte, kuva 28). Köyhtyneet pohjaeläimistöt ovat osoitus siitä, että pohjilla ajoittain esiintyy happivajetta (hypoksia) tai hapettomuutta (anoksia). Likaantumista kestävistä lajeista köyhtyneillä pohjilla esiintyy melkein yksinomaan ja harvalukuisena *Chironomus plumosus*-tyyppisiä surviaissääskien toukkia ja harvasukasmatoja (Oligochaeta) jotka selviytyvät heikoissakin happiolosuhteissa. Likaantumista karttavista lajeista köyhtyneillä pohjilla esiintyy harvalukuisina suhteellisen nopesti liikkumaan kykeneviä lajeja kuten valkokatka (*Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*) ja kilkki (*Saduria entomon*) jotka ensimmäisinä valtaavat pohjia hypoksia- tai anoksiakausien päätyttyä. Hitaasti liikkuvat simpukat puuttuvat köyhtyneiltä alueilta. Anoksiasta tai hypoksiasta kertoo myös makroskooppisten pohjaeläinten puuttuminen kokonaan.

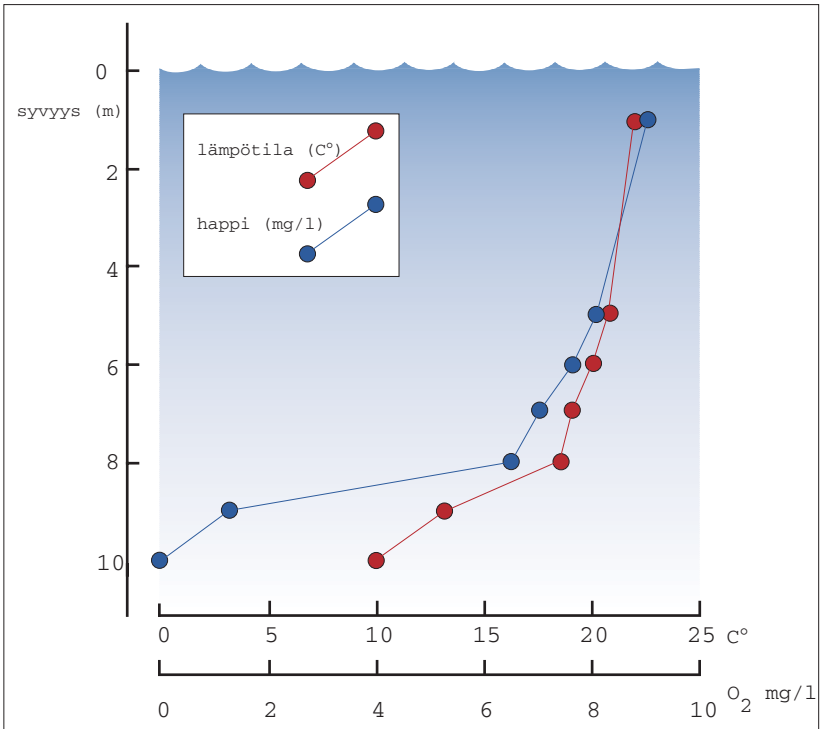
5.4. Kuolleet pohjat

Makroskooppisten pohjaeläinten kokonaan puuttuminen tai ainoastaan yksittäisten yksilöiden esiintyminen kertoo pohjanläheisen veden ja sedimentin pintakerroksen huonosta happitilanteesta. Laajimmat alueet Pellingin saaristoalueella, joilta pohjaeläimet hapettomuuden takia ajoittain puuttuvat sijaitsivat Herrskärin saariryhmän länsi-, itä- ja koillispuo-



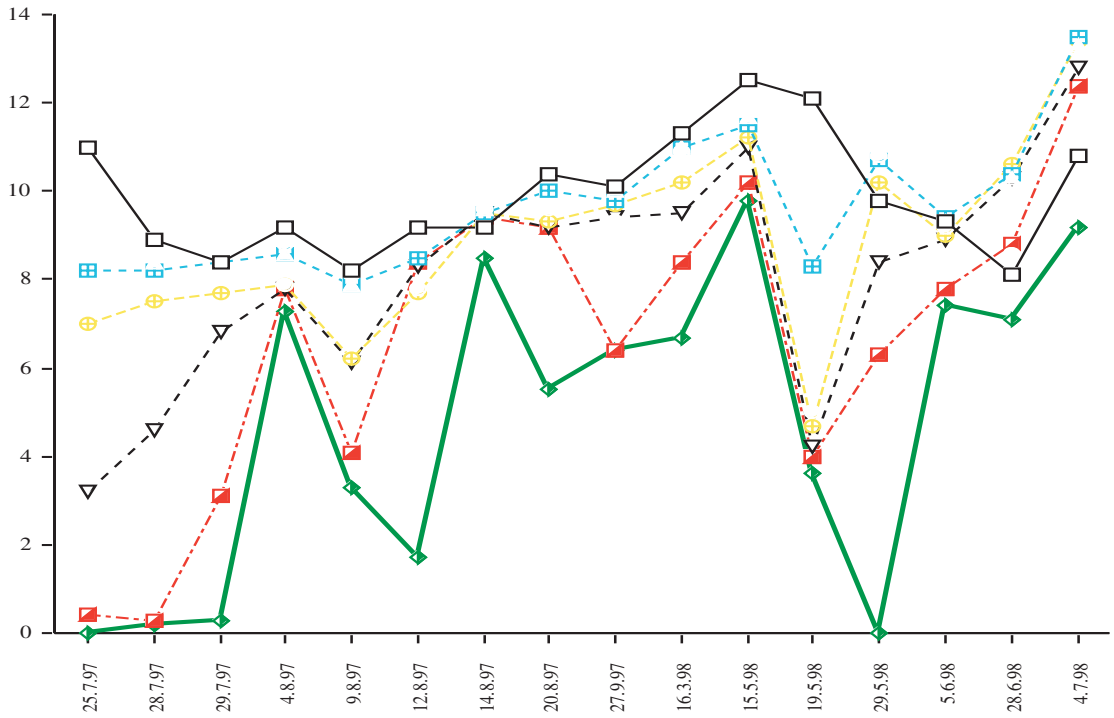
Kuva 29. Anoksia alttiita alueita. Harmaalla merkityt alueet kärsivät ajoittain happivajeesta tai hapettomudesta.

veden syvyys: vattendjup:
≤ 10m
> 10m



Kuva 30. Happitilanne kesällä 1997 oli paikoin varsin heikko. Happi- ja lämpötilaprofiilit ylhäällä ovat 10 m syvästä Strömsundetistä luoteeseen sijaitsevasta intensiiviasemasta 28.7.1997. Veden happipitoisuus laski voimakkaasti noin metri pohjasta ja pohjanläheinen vesi oli hapetonta.

lella (kuva 29). Nämä alueet ovat verraten syviä mutta saarien ja matalien kynnysalueiden osittain eristämiä. Pohjaeläimiä vailla olevia alueita esiintyi myös Pellingin saaristoalueesta etelään ja itään sijaitsevilla avomerialueilla (kuva 28 ja 29). Kyseisillä alueilla näytteenottotiheys oli harvempi ja tästä johtuen niiden rajaukset ovat vain likimääräisiä. Pohjasedimentti alueilla, joilta pohjaeläimet puuttuivat, koostui mustasta, usein voimakkaasti rikkivedylle haisevasta pehmeästä liejusta.



Kuva 31. Happipitoisuuksien vaihteluja pohjan- ja pinnanläheisessä vedessä Sundön länsipuolella sijaitsevalla intensiiviasemalla vuosina 1997 - 1998. Aseman kokonaissyvyys on 13m.

Poikkeuksellisen lämpimänä, kuivana ja vähätuulisena kesänä 1997 matalimmallakin sijaitsevan (10 m syvyydellä) tiheän seurannan intensiiviaseman alusveden happipitoisuudet olivat ajoittain alle 1 mg/l (kuva 30). Happipitoisuudet vaihtelivat kuitenkin taajaan niin, että esim. veden nopean nousun seurauksena alusvesi hapettui nopeasti muuttuen olojen vakiintuessa vähähappiseksi lyhyessä ajassa (kuva 31). Lyhytkestoisten hapekkaiden periodienkin aikana asemat olivat vailla pohjaeläimiä. Tuulisena ja viileänä kesänä 1998 pohjanläheisen veden happipitoisuudet olivat alimmillaan noin 4 mg/l, eikä vesi juurikaan ollut lämpötilakerrostunutta.

6 Tulosten tarkastelu

Koko tutkimusaluetta tarkasteltaessa on Pellingin pohjaeläimistö monipuolinen ja tyypillinen Suomenlahden tälle osalle (vertaa HENRIKSSON JA MYLLYVIRTA 1991, 1992, MYLLYVIRTA JA HENRIKSSON 2001). Alue on morfometrialtaan ja pohjaeläimistöltään mosaiikki jolla esiintyy sekä sisäsaaristolle, että ulkosaaristolle tyypillisiä pohjaeläinyhdyskuntia. Alueella on myös runsaasti pohjaeläimistöltään alhaisen biodiversiteetin omaavia, köyhtyneitä ja täysin vailla pohjaeläimiä olevia, kuolleita pohjia. Kyseiset alueet eivät juurikaan tarjoa elinmahdollisuuksia pohjaeläimistä ravintonsa saaville kaloille ja muille eläimille.

Erityisolosuhteet Pellingin poikkeuksellisen runsassaarisella alueella suosivat happivajeen muodostumista pohjanläheisessä vedessä. Alueella jokien aiheuttama makean veden paine ei enää juurikaan aiheuta pohjanläheisiä virtauksia jotka pitäisivät pohjat hapekkaina. Eloperäistä ainetta keräävä sedimentaatioaltaita on kuitenkin alueella runsaasti. Näillä veden virtauksilta ajoittain lähes suljettuilla alueilla pohjanläheisen veden happitilanne huononee herkästi tyynen sään aikana ja vakaiden veden korkeuksien vallitessa.

Alueen erityispiirteiden takia hapettomat sulfidiliejupohjat ovat luonnollinen ilmiö Pellingin saaristoalueella. Jo 1920 luvulla professori Sven G. Segerstråle kuvaili kuolleita rikkivedylle löyhkääviä pohjia Pellingin saaristossa (SEGERSTRÅLE 1933). Vuosisadan alussa anoksia-alueet olivat ilmeisesti kuitenkin huomattavasti paikallisempia kuin nykyään. 1920-luvulla Herrskärsfjärdenillä valko- ja leväkatkat sekä kilkki (*Monoporeia*

affinis, *Gammarus* sp. *Saduria entomon*) esiintyivät runsaina. Tässä tutkimuksessa Herrskärsfjärden kuluu lähes kokonaisuudessaan alueeseen jossa biodiversiteetti on alhainen ja jossa mainitut lajit eivät esiinny.

Anoksia-alttiudesta johtuen on tutkimusalueella edellytykset voimakkaalle paikalliselle sisäiselle kuormitukselle sillä hapettomissa oloissa pohjiin kertyneet ravinteet liukenevat takaisin veteen. Hapettomuuden muodostumista suosivien olosuhteiden vallitessa yhä suurempia pohjapinta-aloja muuttuu hapettomiksi ja ne alkavat toimia paikallisina kuormituslähteinä. Hapettomuus on laajimmilleen levinneenä lämpimien pitkien tyynten ajanjaksojen aikana ilman suuria vedenkorkeuden vaihteluja.

Suunniteltaessa vesistökuormitusta aiheuttavaa toimintaa (esim. sijoitettaessa kalojen kassiviljelyksiä) Pellingin saaristoalueella, tulisi vaikutusalueen anoksia-alttius huomioida. Mikäli kuormitusta lisätään anoksia-altiilla alueella voi seurauksena olla lisääntynyt paikallinen sisäinen kuormitus. Anoksia-alttiudesta johtuen on tutkimusalueen paikallisen kuormituksen merkitys alueen veden- ja pohjien tilaan erityisen suuri.

Saaristovyöhykkeessä anoksia-alttiimmat alueet eivät yleensä sijaitse sisimmässä saaristossa, jossa jokien aiheuttamat virtaukset pitävät pohjat hapekkaina, vaikka kuormitus onkin siellä usein voimakasta. Sen sijaan anoksia ja hypoksia olosuhteita muodostuu herkemmin ulompana alueilla, joilla saariryhmät ja merenpohjan topografia estävät pohjanläheisiä veden virtauksia. Suomen rannikolla tällaisia alueita on runsaasti kun taas esim. Suomenlahden Viron puoleisella alueella tämän kaltaiset alueet ovat harvinaisia (katso MYLLYVIRTA JA HENRIKSSON 2001).

Anoksia ja hypoksia olosuhteiden esiintyminen riippuu voimakkaasti vallitsevista säistä. Kyse on ilmeisestikin hyvin dynaamisesta ilmiöstä jossa hapettomat tai lähes hapettomat olosuhteet ja hapekkaat olosuhteet korvaavat toisiaan nopeaan tahtiin. Tavallisten, vaihtelevien sääolojen vallitessa anoksia-alueet ovat yleensä melko paikallisia, anoksia herkimmille alueille rajoitettuja. Olosuhteiden suosiessa niitä pidempään anoksiapohjat levittäytyvät metsäpalon lailla tuhoten pohjaeliöstöä yhä laajemmilla alueilla. Tästä syystä myös anoksiapohjien aiheuttaman sisäisen kuormituksen suuruus vaihtelee voimakkaasti eri aikoina.

Saaristoalueiden anoksia-alttiutta tulee huomioida siten, että paikalliskuormitusta minimoidaan anoksia-alttiilla alueilla jotta kyseiset alueet säilyttäisivät elinkelpoisuuttaan pohjaeliöstölle ja esim. kaloille ja ettei alueiden sisäinen kuormitus voimistuisi heikentäen kuormitustilannetta entisestään. Esim. sijoittaessa jätevedenpuhdistamoiden purkualueita tai

kalaviljelyslaitoksia tai suunniteltaessa muuta kuormittavaa toimintaa olisi toiminnan vaikutusalueen anoksia-alttiuden oltava tiedossa.

On siis tarve kyetä etukäteen arvioimaan kasvavan käyttöasteen alla olevien rannikkoalueiden kykyä sietää käytön aiheuttamaa kuormitusta. Jatkoprojekteja suunniteltaessa olisi erityisesti kiinnitettävä huomiota siihen, miten ne vastaavat tähän tarpeeseen. Mahdollinen jatkoprojekti voisi pääpiirteissään koostua seuraavista vaiheista:

Vaihe 1. Rannikkoalueiden anoksia-alttiiden alueiden paikantaminen, kartoittaminen ja luokittelu.

Vaihe 2. Anoksia-alueiden ajallisen ja alueellisen dynamiikan selvittäminen.

Vaihe 3. Kuormituksen vaikutusten arvioiminen suhteessa anoksia-alueisiin.

Vaihe 4. Rannikkoalueiden kuormitusherkkyyden kattava luokittelu.

Vaihe 5. Vaiheiden 1 - 4 huomioiminen rannikkoalueiden käytön suunnittelussa.

Mahdollisen jatkoprojektin tavoitteena olisi, että projektin saavutukset toimisivat käytännön työkaluna rannikkoalueiden käytön suunnittelussa. Päämääränä tulisi olla, että rannikkoalueiden käytön suunnittelun perustana olisi kuormituksen haittavaikutusten huomioiminen etukäteen ja sen ennalta minimoiminen kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti.

7 Viiteluettelo

Ahlskog, M. 1996. Tirmo-Pellinki paikallisten 11860 siltojen ja tiepenkereitten vaikutus vesikasvillisuuteen Pellingin saaristoalueella. Helsinki 1996, Uudenmaan tiepiiri.

Cederwall, H. & Elmgren, R. 1980. Biomass increase of the benthic macrofauna demonstrates eutrophication of the Baltic Sea. Ophelia, suppl. 1.

Bonsdorff, E., Aarnio, K. & Sandberg, E. 1991. Temporal and Spatial Variability of Zoobenthic Communities in Archipelago Waters of the Northern Baltic Sea - Consequences of Eutrophication? Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie, 76.

Bonsdorff, E., Aarnio, K. Lindell, A. & Sandberg, E. 1992. Långtidsförändringar i Åländska skärgårdsvatten-en jämförelse av bottenfaunan 1972-90 (Long-term changes in the archipelago waters of Åland-a comparision of zoobenthos 1972-90). Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica, 68, 1-9.

Bonsdorff, E. & Blomqvist, E. M. 1993. Biotic couplings on shallow waters-towards understanding the archipelago ecosystem. In Proceedings of the 12th Baltic Marine Biologists Symposium (Bjørnestad, E., Hagerman, L. & Jensen, K., eds). Olsen & Olsen, Fredensborg, pp. 29-33.

Bonsdorff, E., Blomqvist, E. M., Mattila, J. & Norkko, A. 1997. Long-term changes and coastal eutrophication. Examples from the Åland Islands and the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. Oceanologica Acta 20.

Bonsdorff, E., Blomqvist, E. M., Mattila, J. & Norkko, A. 1997a. Coastal eutrophication: causes, consequences and perspectives in the archipelago areas of the northern Baltic Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Sci. 44 (Supplement A).

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1991. Itä-Uudenmaan saaristoalueen bioindikaattoritutkimus 1990. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1992. Itä-Uudenmaan saaristoalueen bioindikaattoritutkimus 1991. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1995. Onaksen saaristoaluen pohjaeläinten intensiivitutkimus. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.

Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1997. Vattenmiljöns tillstånd i Pellinge skärgårdsområde. Mellanrapport 1997. Föreningen vatten- och luftvård för Östra Nyland och Borgå å r.f.

Lehtonen, E & Haavisto, T. (toim.) 1997. Uudenmaan ympäristöohjelma 2005. Alueelliset ympäristöjulkaisut. Uudenmaan ympäristökeskus. ISBN 952-11-0137-7.

Leppäkoski, E. 1975. Assessement of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish-water environments. Acta Acad.Aboensis Ser B 35 (2).

Mankki, J. 2001. Pyhtään ja Kotkan merialueen kalankasvatuslaitosten pohjaeläintarkkailun yhteenveto vuodelta 1997. Kymijoen vesiensuojeluyhdistys ry:n tiedonantoja No 89/2001. ISSN 0358-0342.

Myllyvirta, T. ja Henriksson, M. 1999. Tiepenkereiden ja siltojen vaikutuksesta Pellingin alueen pohjaeläimistöihin. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.

Myllyvirta, T. ja Henriksson, M. 2001. Suomen ja Viron rannikkojen tila-Vertaileva tutkimus Suomen ja Viron rannikkoalueiden vesien ja pohjien tilasta. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y.

Norkko, A. 1997. The role of drifting macroalgal mats in structuting coastal zoobenthos. -Academic disseration, 41 pp, Dept. biology & Husö biological station, Åbo Academi university, ISBN 951-650-912-6.

Pitkänen, H. 1997. Extensive deep water oxygen deficit and benthic phosphorous release in the eastern Gulf of Finland on late summer 1996. Suomen ympäristökeskuksen monistesarja 105.

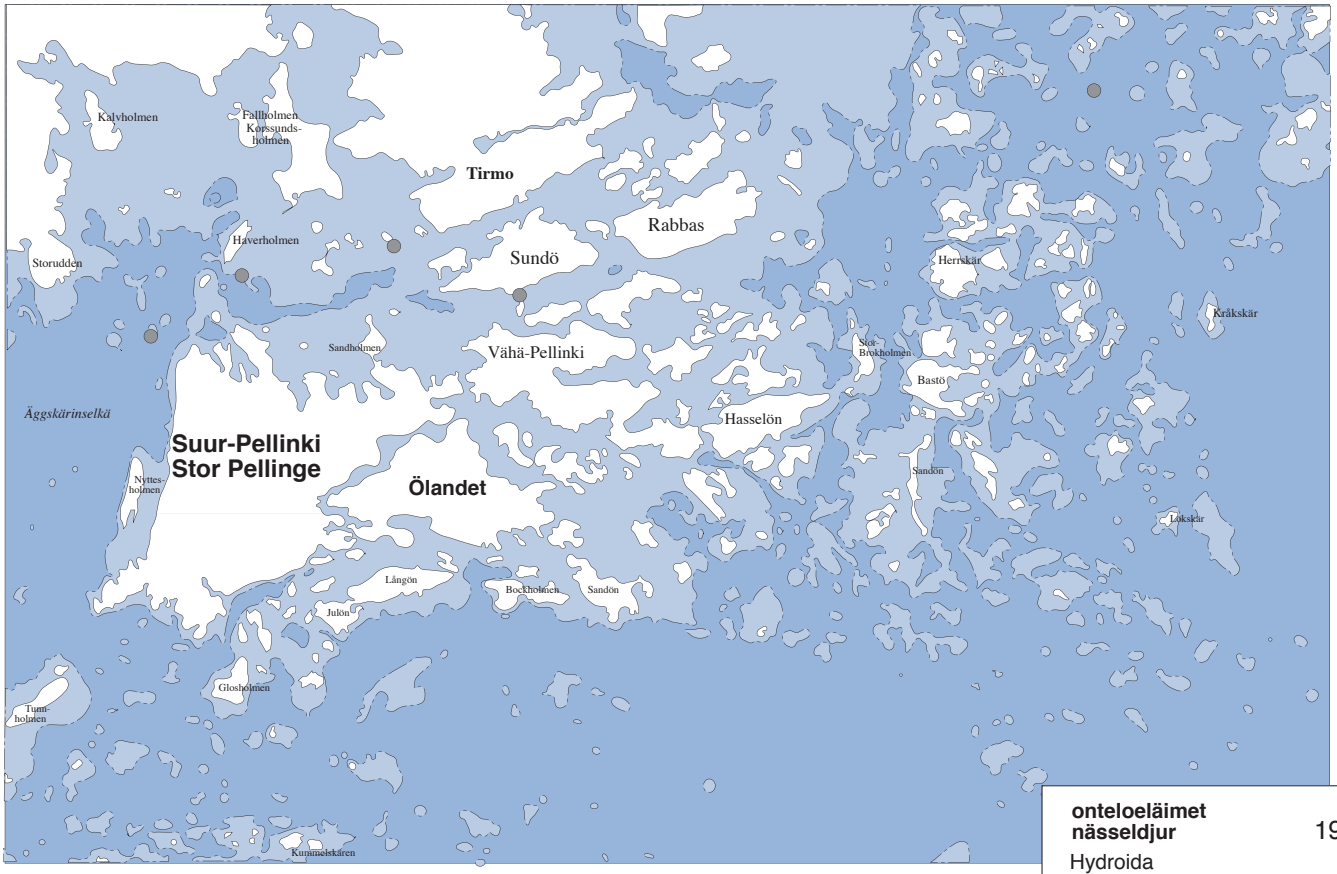
Pitkänen, H. 1999. Suomenlahden tila ei ole parantunut. Ympäristö 2. 1999. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristökeskus.

Segerstråle, S.G. 1933. Studien über die Bodentierwelt in südfinnländischen Küstengewässern. II. Überssicht über die Bodentierwelt, mit besonderer Berücksichtigung der Produktionsverhältnisse. Soc. Scient. Fenn., Comm. Biol. IV.9. 1933b.

Valkama, J. & Anttila-Huhtinen, M. 2000. Pohjaeläintutkimukset Kymijoella 1998 ja 1999 sekä Pyhtään, Kotkan ja Haminan merialueilla vuosina 1993-1999. Kymijoen vesiensuojeluyhdistys ry:n julkaisu no 86/2000. ISSN 0358-0342.

Liite 1. Pohjaeläinten levinneisyyskartat

laji/ryhmä	sivu
onteloeläimet, Hydroida	31
värysmadot, Turbellaria	31
limamato, *Prostoma obscurum* coll	32
levärupi, *Electra crustulenta* (Pallas)	32
harvasukasmadot, Oligochaeta	33
monisukasmato, *Nereis diversicolor* Müller	33
raakkuäyriäiset, Ostracoda	34
valkokatkat, *Monoporeia affinis* Lindström & *Pontoporeia femorata* (Krøyer)	34
hiekkakatka, *Leptochierus pilosus* Zaddach.	35
leväkatkat, *Gammarus* sp.	35
liejukatkat, *Corophium* sp.	36
kilkki, *Saduria entomon* (Linné)	36
vesisiira, *Asellus aquaticus* (Linné)	37
leväsiirat, *Idotea* sp.	37
Jaera albifrons coll.	38
halkojalkaiset, Mysidae	38
merirokko, *Balanus improvisus* Darwin	39
punkit, Acarina	39
surviaissääskien toukat & kotelot	40-41
surviaissääskien toukat, *Chironomus plumosus* coll.	41
surviaissääskien toukat, Tanypodinae	42
polttiaisten toukat, Ceratopogonidae	42
vesiperhosten toukat, Trichoptera	43
päiväkorentojen toukat, Ephemeroptera	43
sinisimpukka, *Mytilus edulis* Linné	44
sydänsimpukka, *Cerastoderma glaucum* (Bruguiére)	44
itämerensimpukka, *Macoma baltica* (Linné)	45
hiekkasimpukka, *Mya arenaria* Linné	45
leväkotilo, *Theodoxus fluviatilis* (Linné)	46
Hydrobiidae	46
Valvata piscinalis (Müller)	47
vaeltajakotilo, *Potamopyrgus jenkinsi* Smith	47
Limapontia capitata (Müller)	48
kalajuotikas, *Piscicola geometra* (Linné)	48



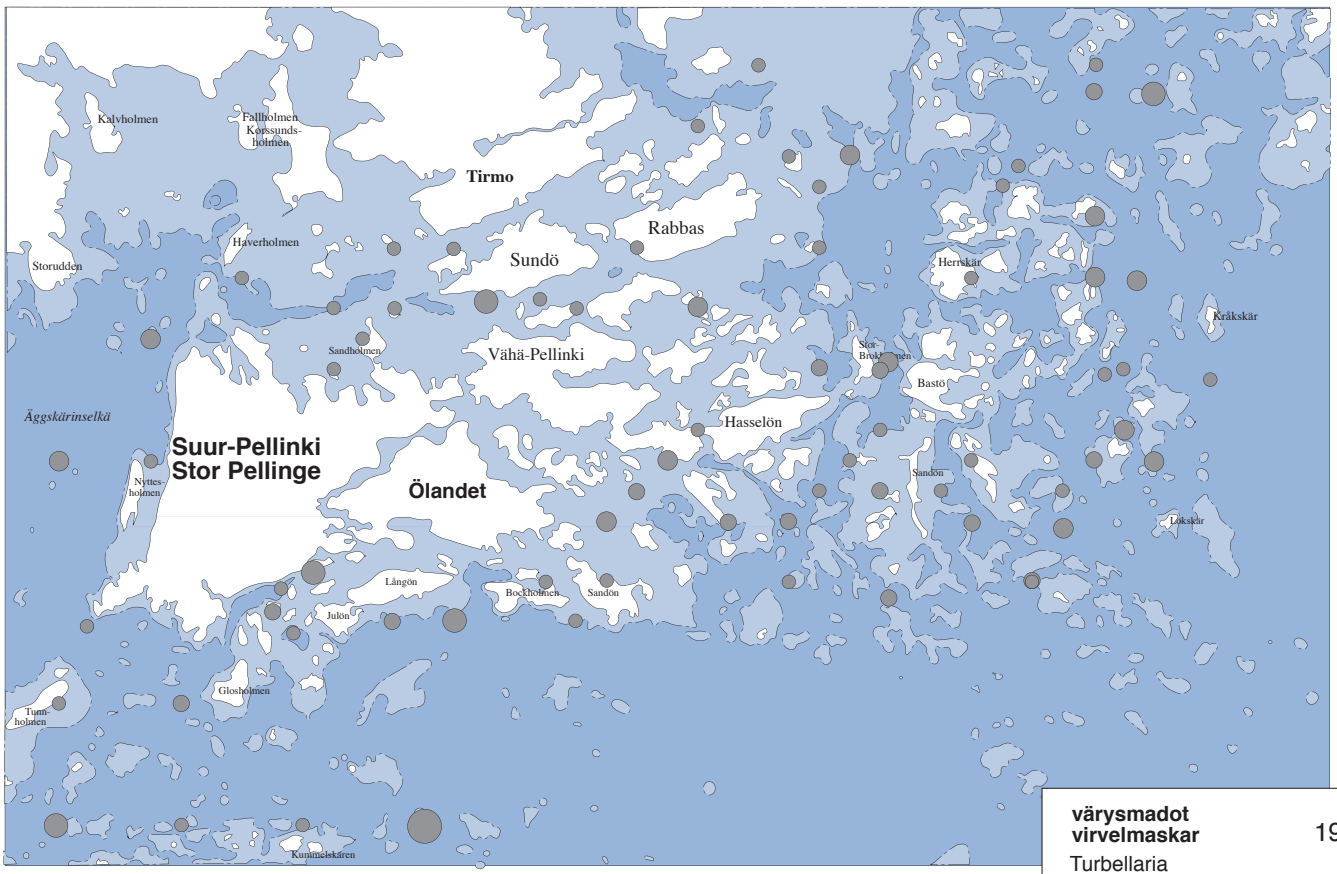
onteloeläimet
nässeldjur 1996
Hydroida

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

> 10m



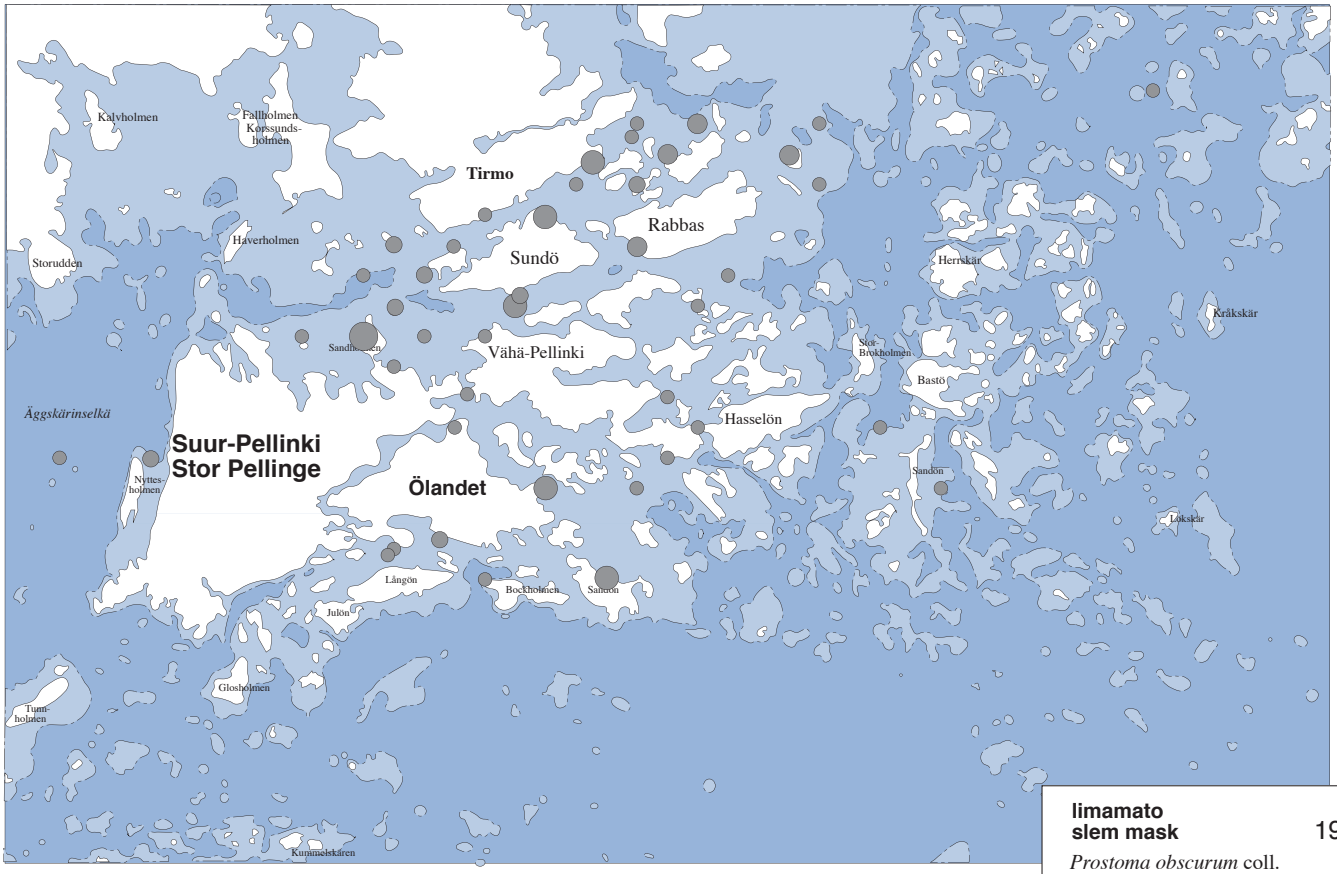
värysmadot
virvelmaskar 1996
Turbellaria

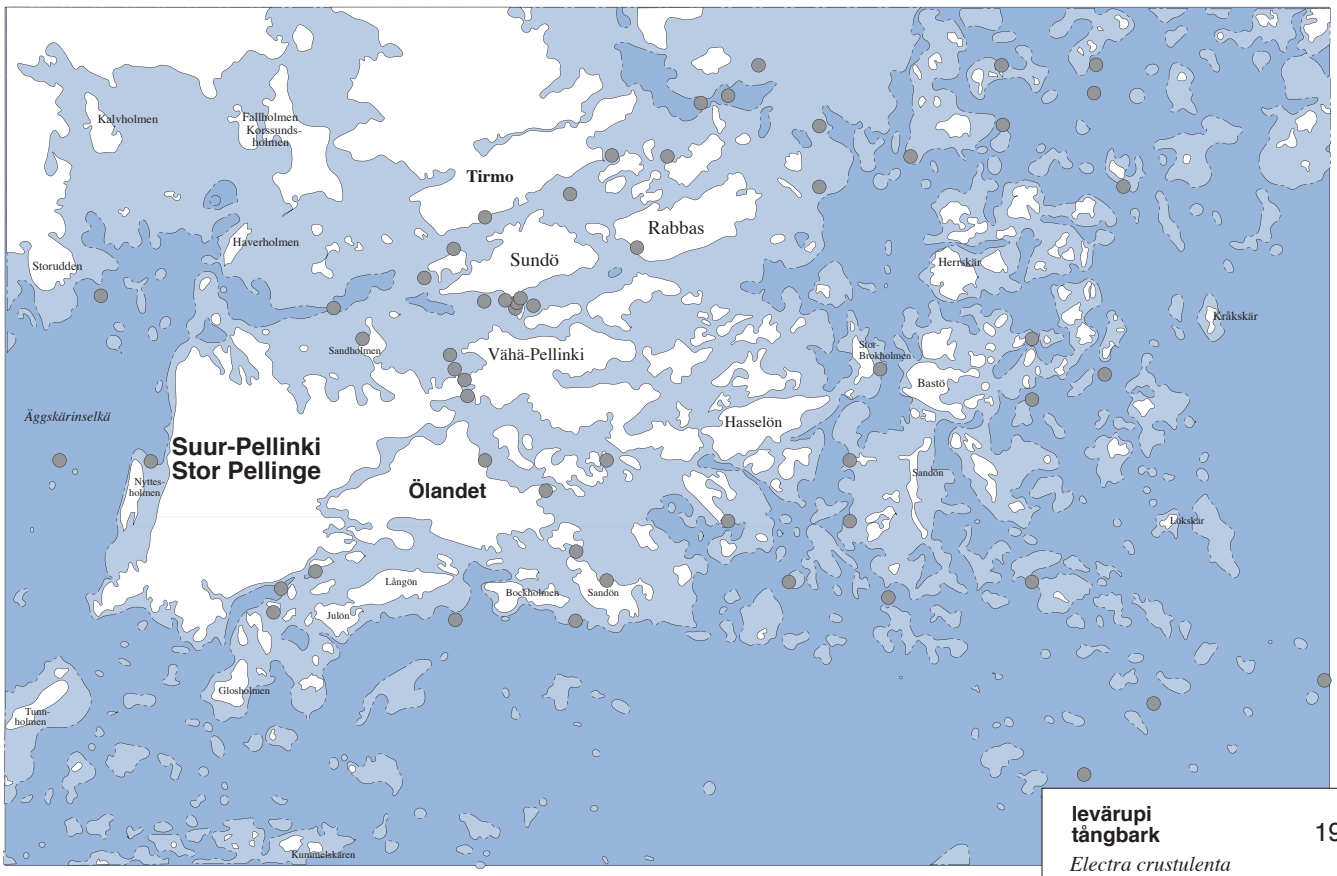
1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

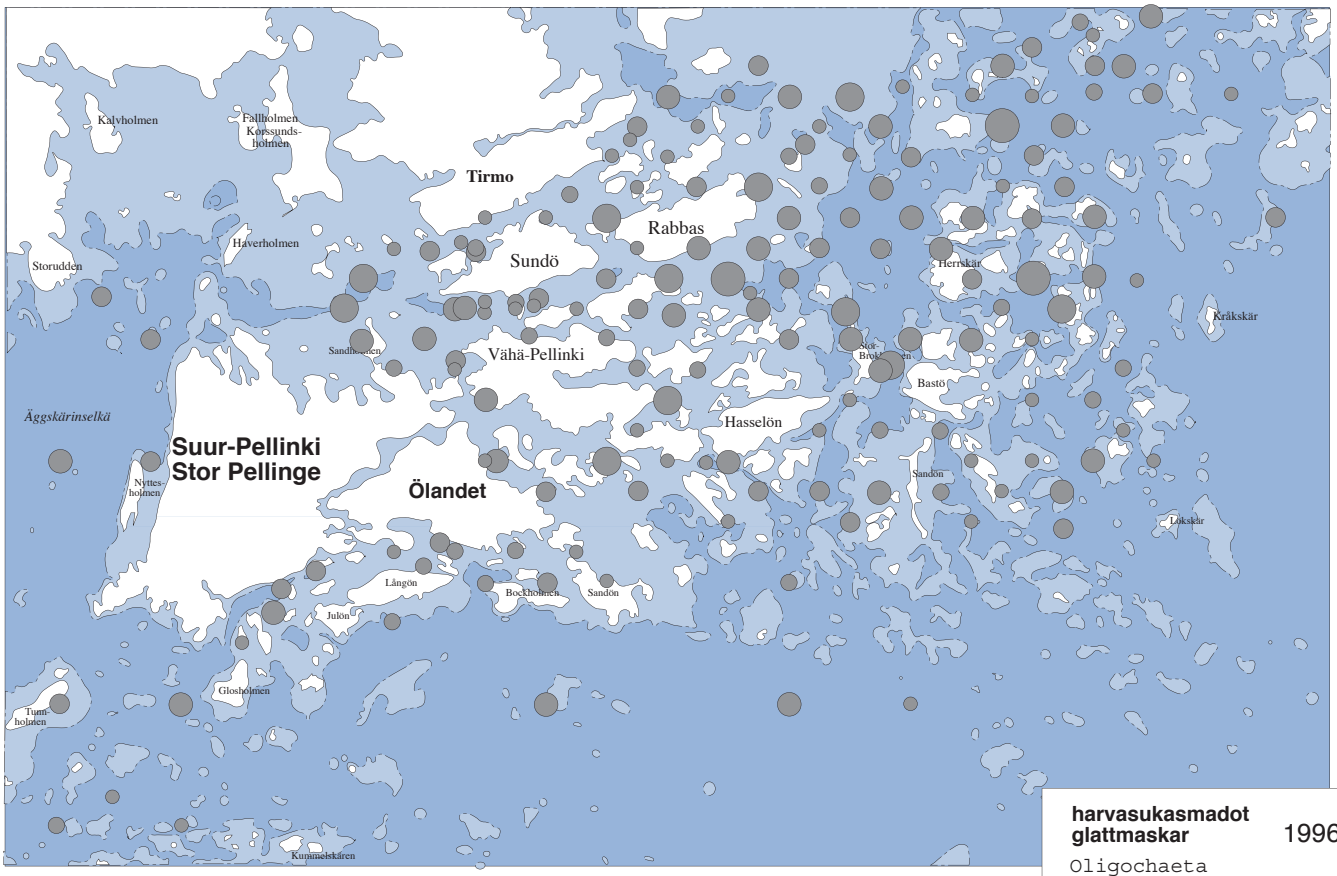
veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

> 10m


Kalvholmen
Fallholmen
Korssunds-
holmen
Tirmo
Rabbas
Sundö
Haverholmen
Storudden
Herrskär
Kråkskär
Sandholmen
Vähä-Pellinki
Stor
Brokholmen
Bastö
Äggskärinselkä
Hasselön
Suur-Pellinki
Stor Pellinge
Ölandet
Nyttes-
holmen
Sandön
Lokskär
Långön
Bockholmen
Sandön
Julön
Glosholmen
Tumm-
holmen
Kummelskären
veden syvyys:
vattendjup:
≤ 10m
> 10m
limamato
slem mask
1996
Prostoma obscurum coll.
1-2
3-5
6-10
11-50
51-100
>100
yksilöä / näyte
individer / prov


Kalvholmen
Fallholmen
Korssunds-
holmen
Tirmo
Rabbas
Sundö
Haverholmen
Storudden
Herrskär
Kråkskär
Sandholmen
Vähä-Pellinki
Stor
Brokholmen
Bastö
Äggskärinselkä
Hasselön
Suur-Pellinki
Stor Pellinge
Ölandet
Nyttes-
holmen
Sandön
Lokskär
Långön
Bockholmen
Sandön
Julön
Glosholmen
Tumm-
holmen
Kummelskären
veden syvyys:
vattendjup:
≤ 10m
> 10m
levärupi
tångbark
1996
Electra crustulenta
≥ 1
yksilöä / näyte
individer / prov



veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

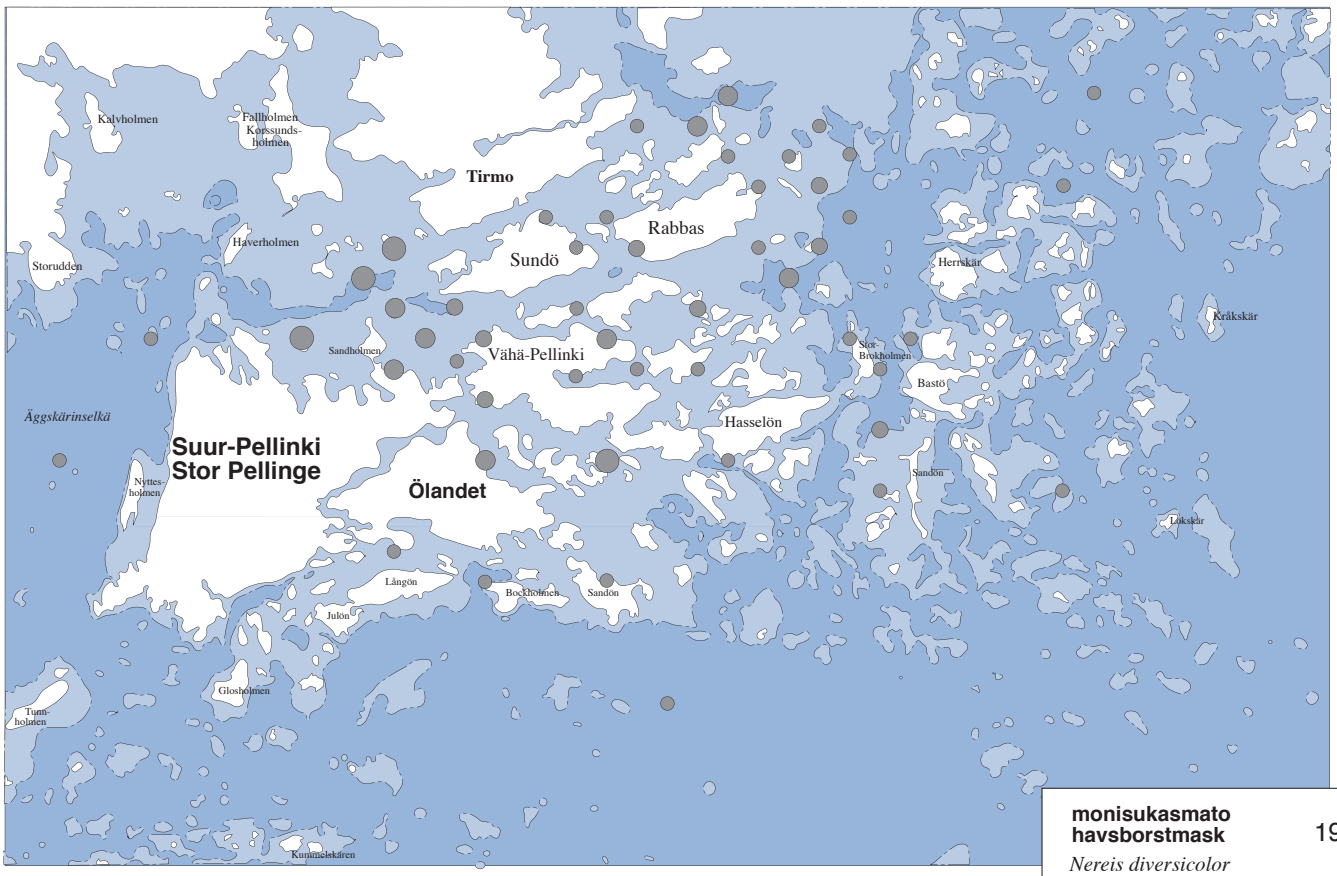
> 10m

harvasukasmadot
glattmaskar 1996

Oligochaeta

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100

yksilöä / näyte
individer / prov



veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

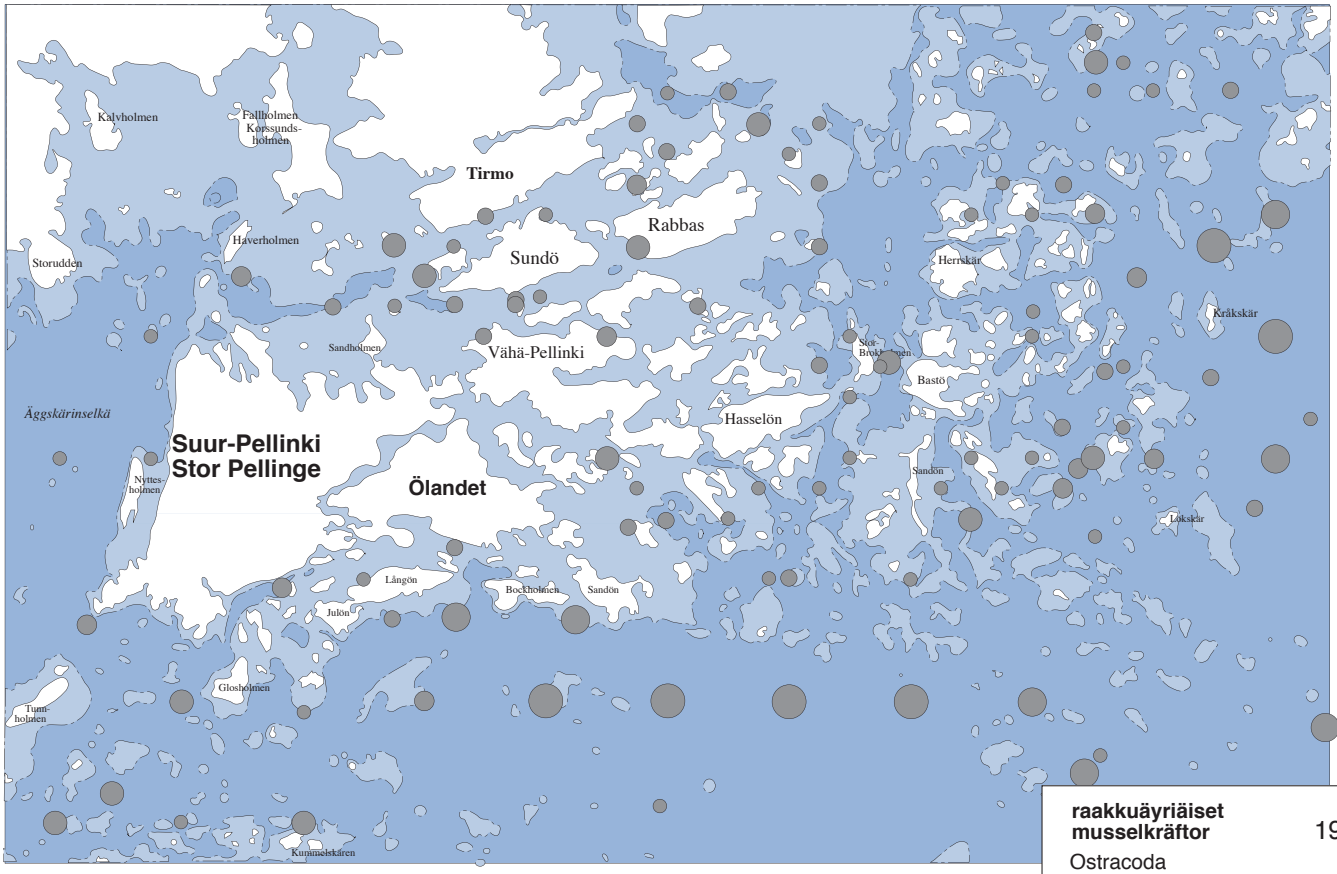
> 10m

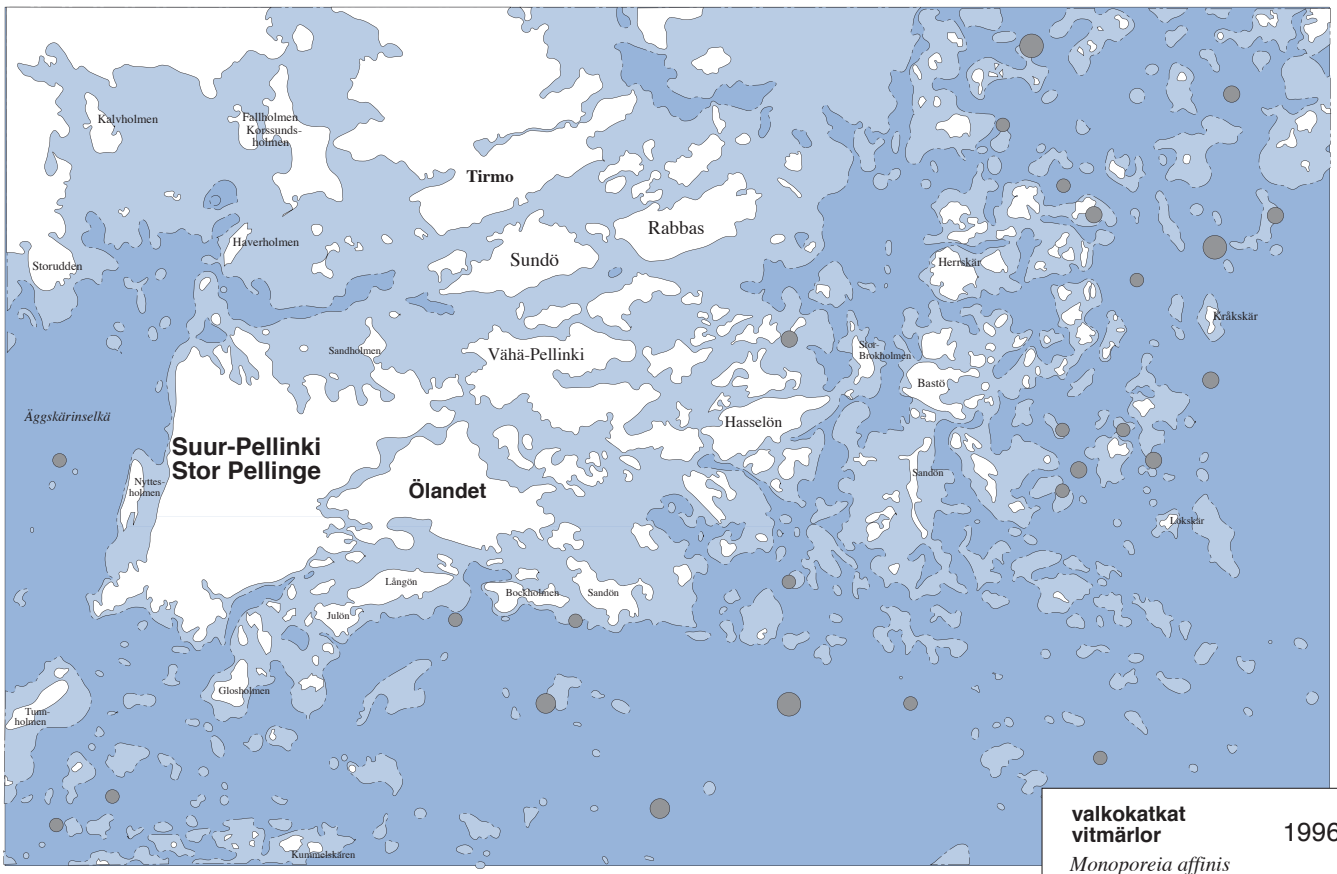
monisukasmato
havsborstmask 1996

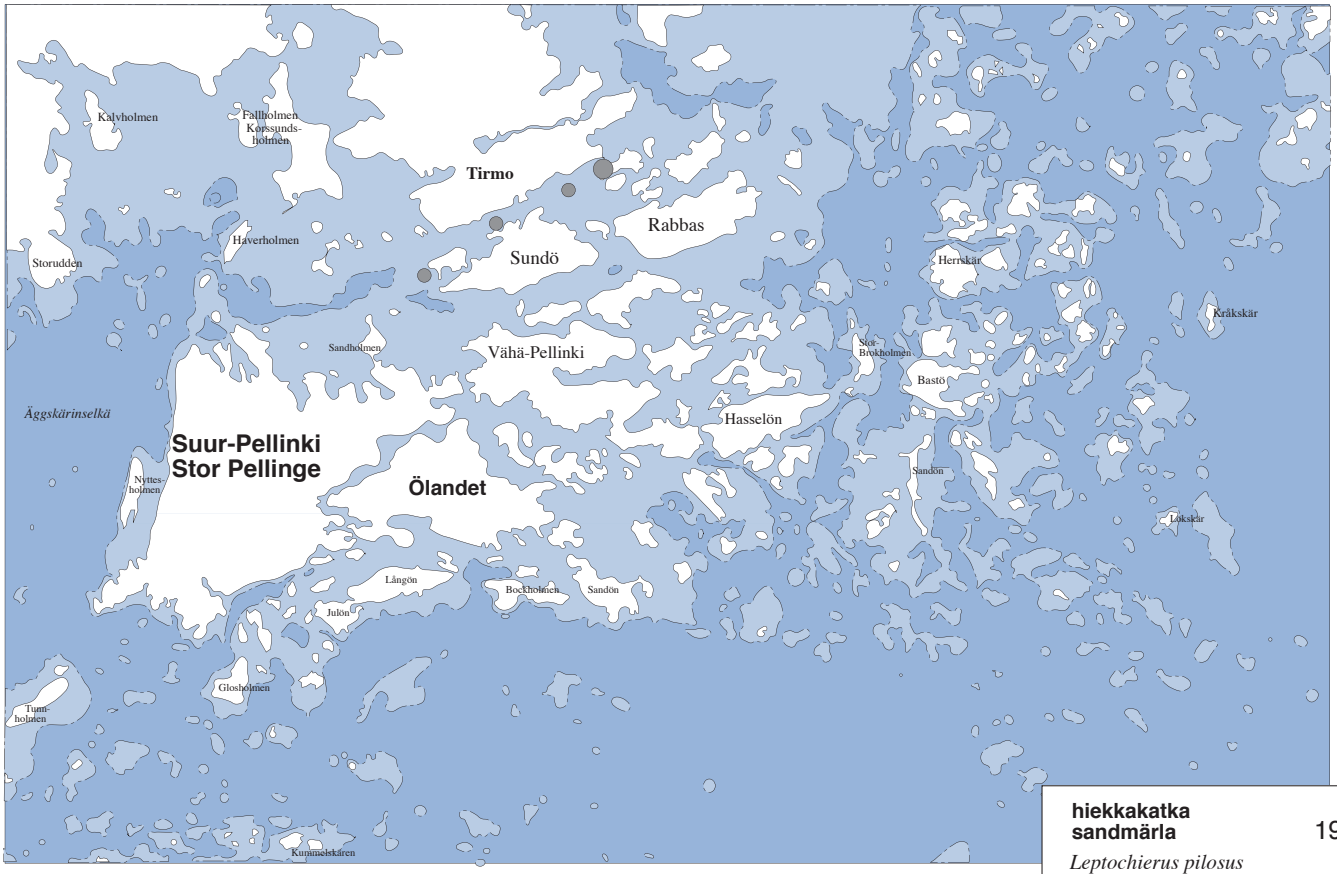
Nereis diversicolor

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100

yksilöä / näyte
individer / prov


Kalvholmen
Fallholmen
Korssunds-
holmen
Tirmo
Rabbas
Haverholmen
Storudden
Sundö
Herrskär
Kråkskär
Sandholmen
Vähä-Pellinki
Stor
Brokholmen
Bastö
Äggskärinselkä
Hasselön
Suur-Pellinki
Stor Pellinge
Ölandet
Sandön
Nyttes-
holmen
Lokskär
Långön
Bockholmen
Sandön
Julön
Glosholmen
Tumm-
holmen
Kummelskären
veden syvyys:
vattendjup:
≤ 10m
> 10m
raakkuäyriäiset
musselkräftor
1996
Ostracoda
1-2
3-5
6-10
11-50
51-100
>100
yksilöä / näyte
individer / prov


Kalvholmen
Fallholmen
Korssunds-
holmen
Tirmo
Rabbas
Haverholmen
Storudden
Sundö
Herrskär
Kråkskär
Sandholmen
Vähä-Pellinki
Stor
Brokholmen
Bastö
Äggskärinselkä
Hasselön
Suur-Pellinki
Stor Pellinge
Ölandet
Sandön
Nyttes-
holmen
Lokskär
Långön
Bockholmen
Sandön
Julön
Glosholmen
Tumm-
holmen
Kummelskären
veden syvyys:
vattendjup:
≤ 10m
> 10m
valkokatkat
vitmärlor
1996
Monoporeia affinis
& Pontoporeia femorata
1-2
3-5
6-10
11-50
51-100
>100
yksilöä / näyte
individer / prov



hiekkakatka
sandmärla 1996

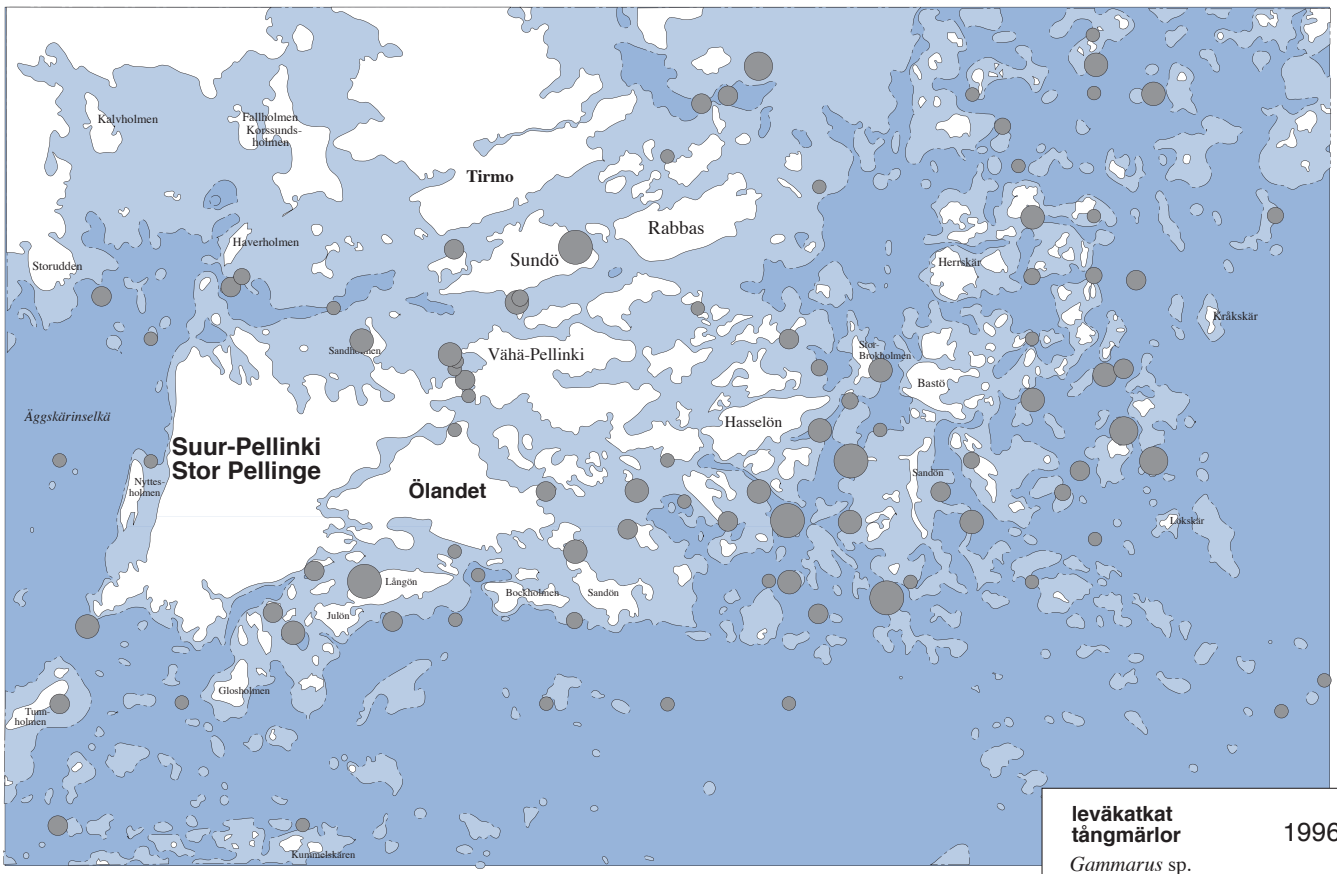
Leptochierus pilosus

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100

yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



leväkatkat
tångmärlor 1996

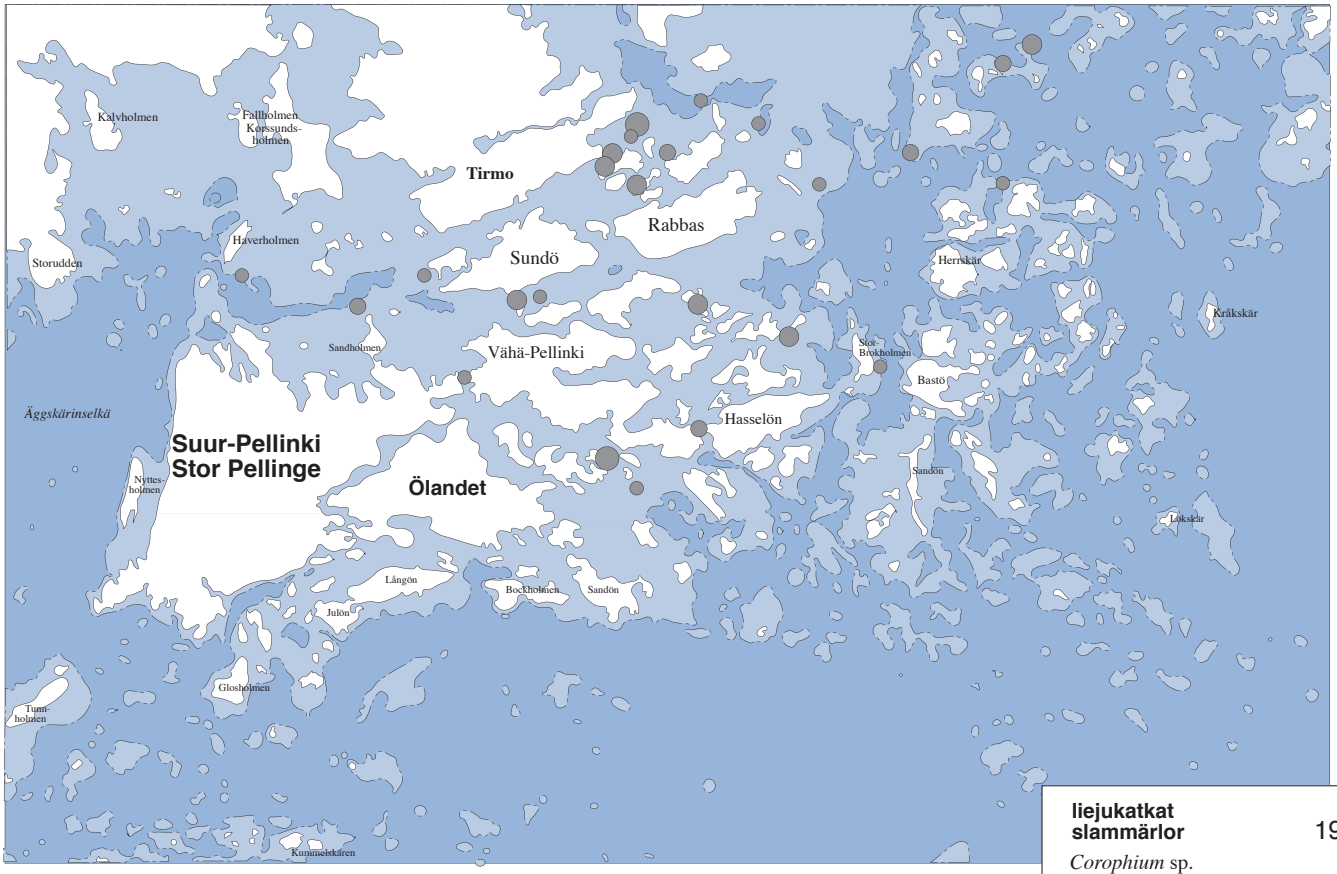
Gammarus sp.

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100

yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**

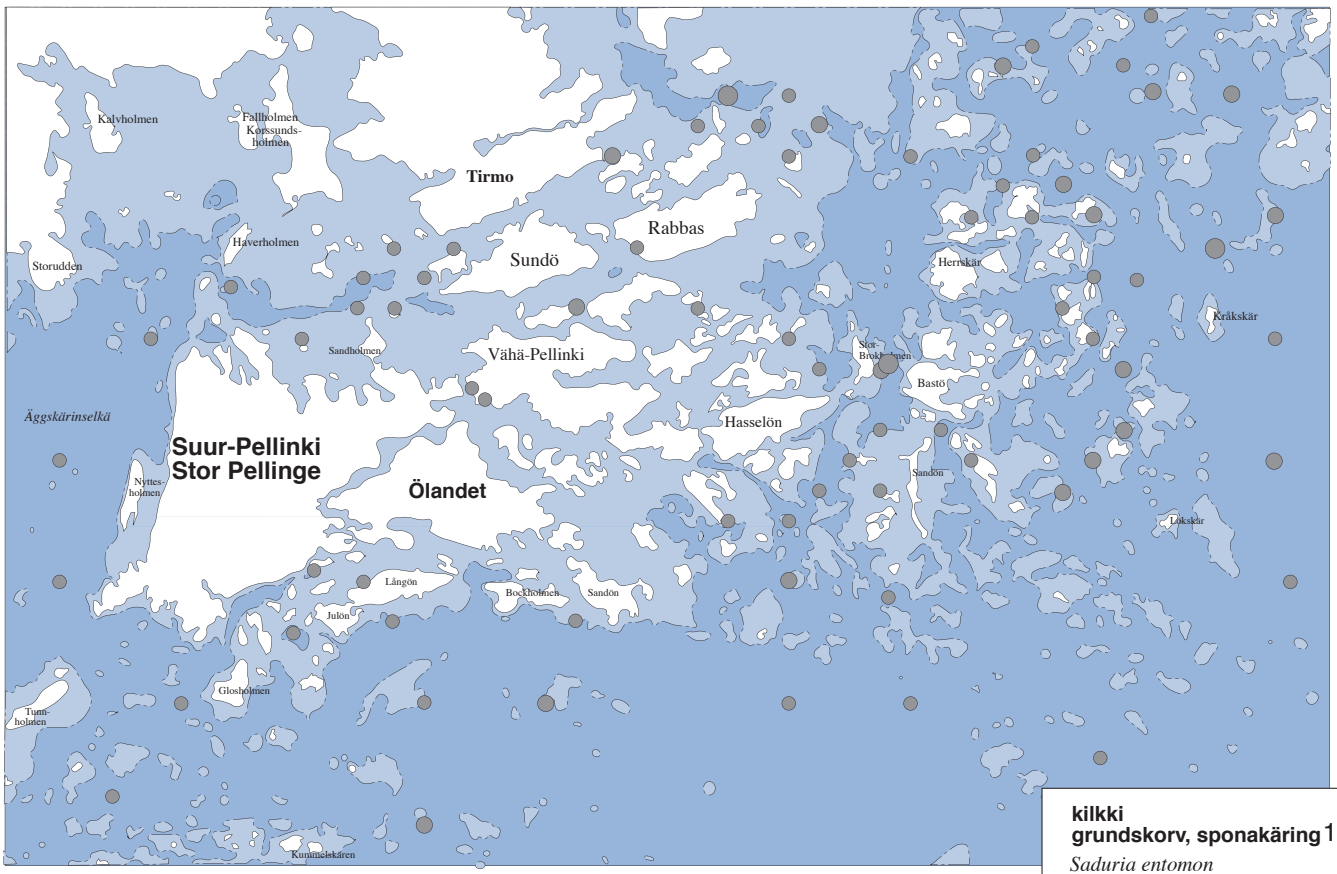


liejukatkat
slammärlor 1996
Corophium sp.

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**

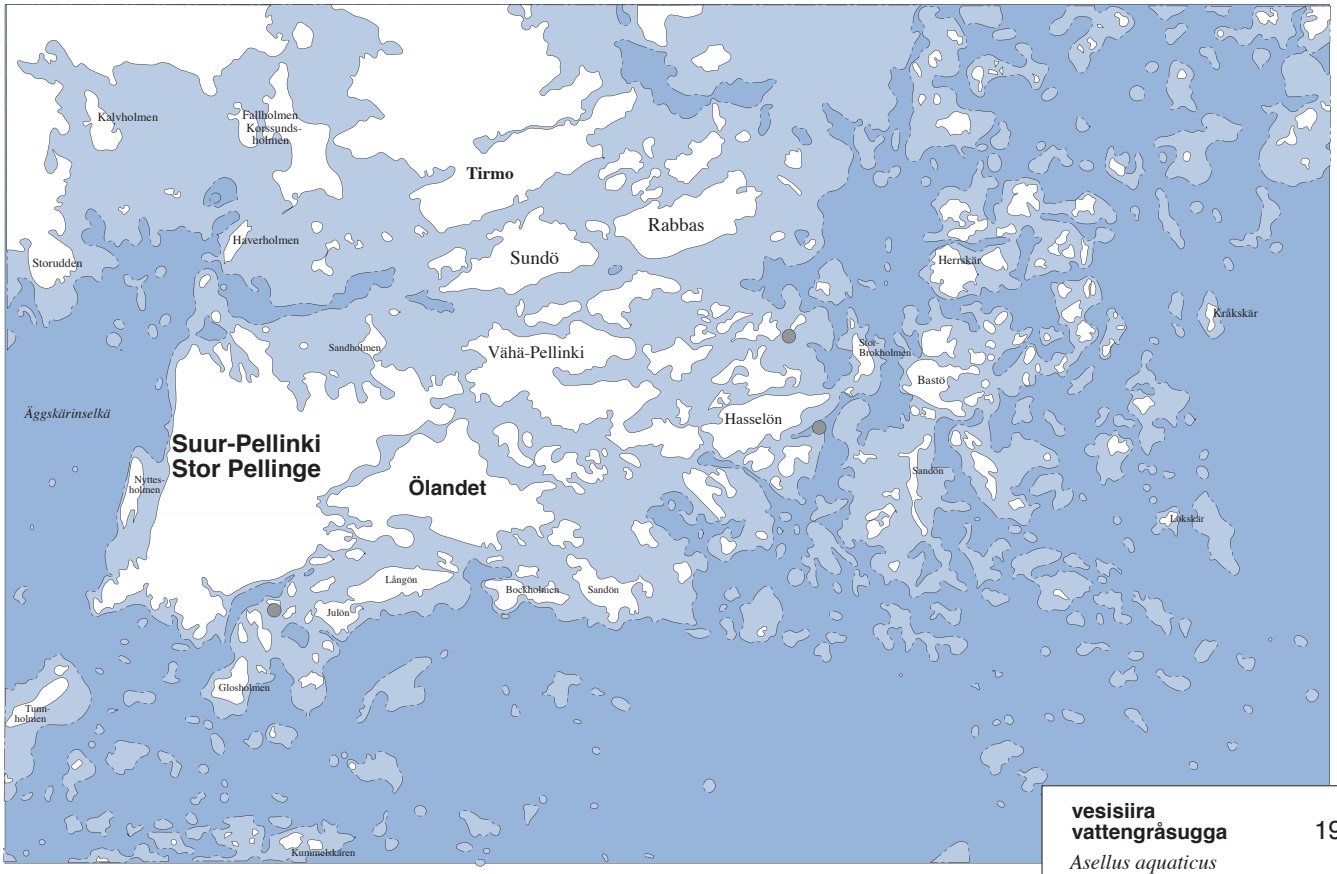


kilkki
grundskorv, sponakäring 1996
Saduria entomon

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

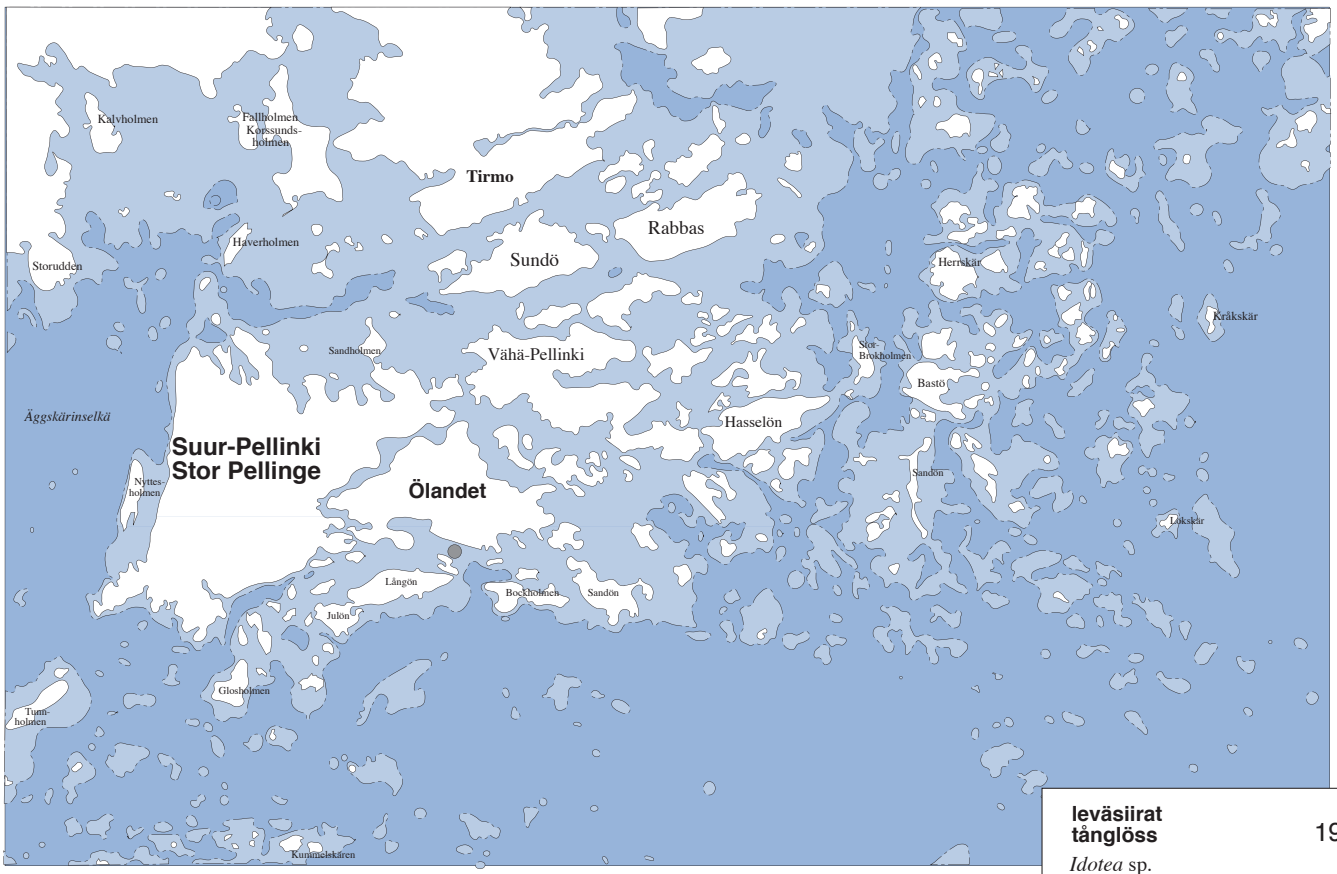
> 10m

vesisiira
vattengråsugga 1996

Asellus aquaticus

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100

yksilöä / näyte
individer / prov



veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

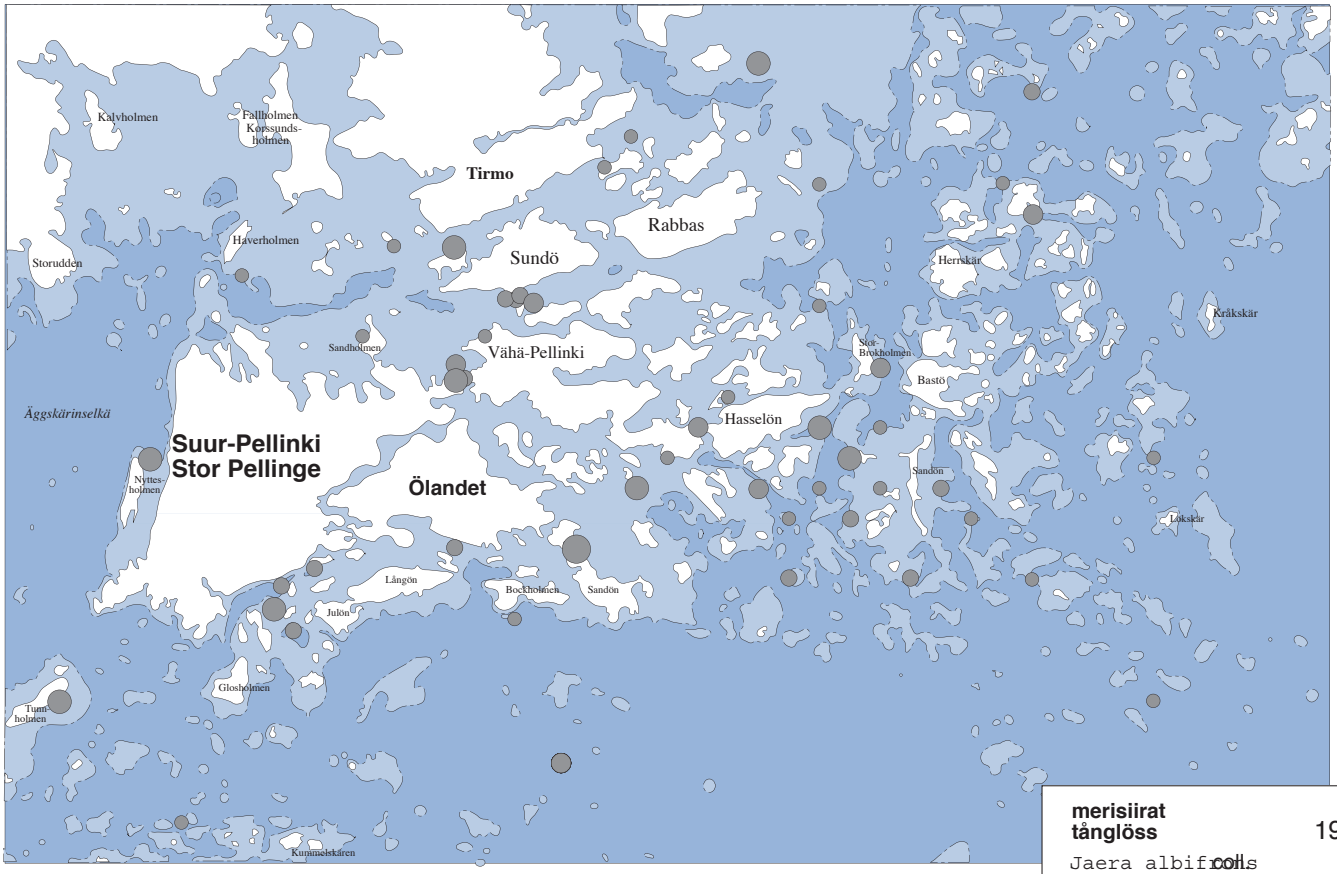
> 10m

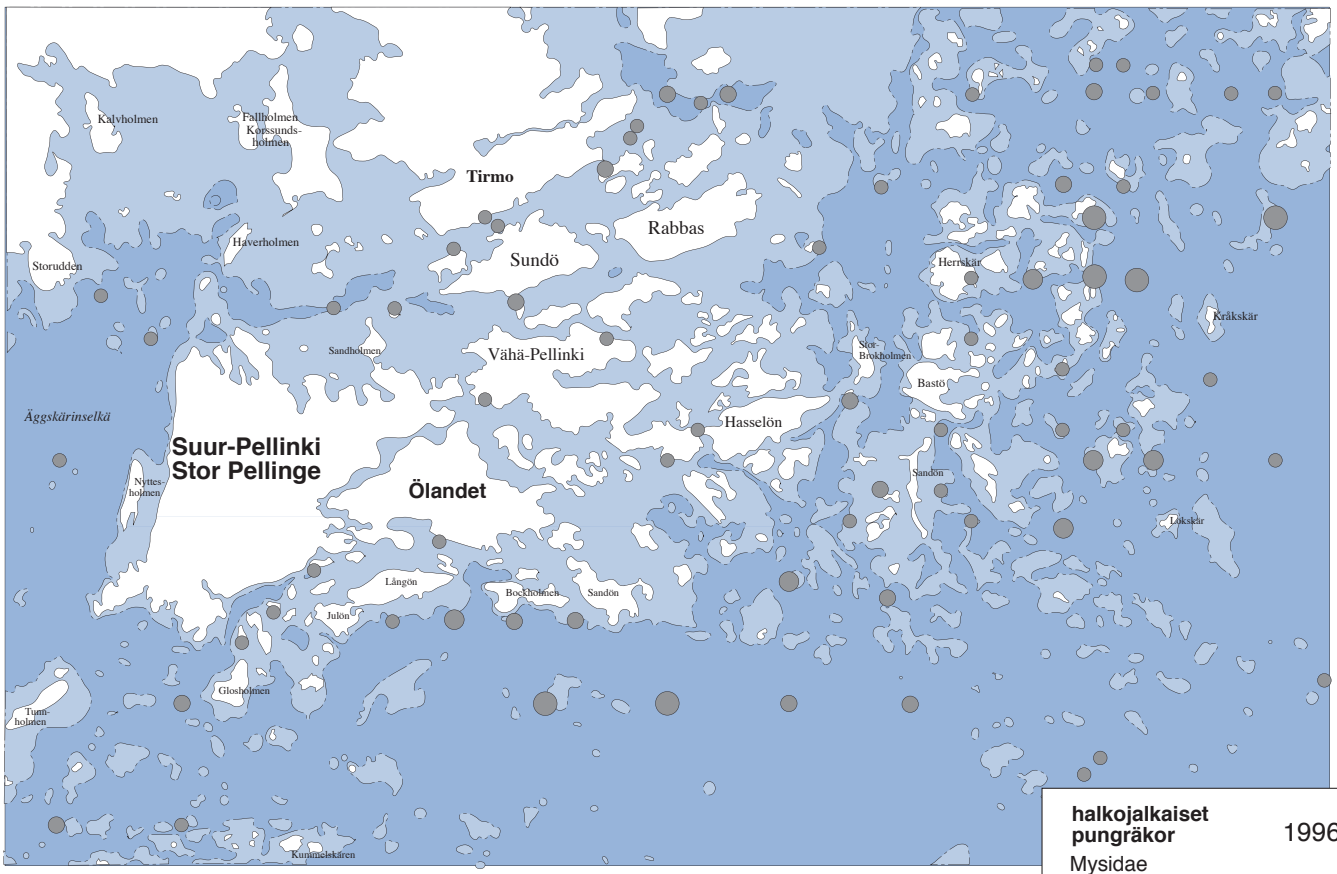
leväsiirat
tånglöss 1996

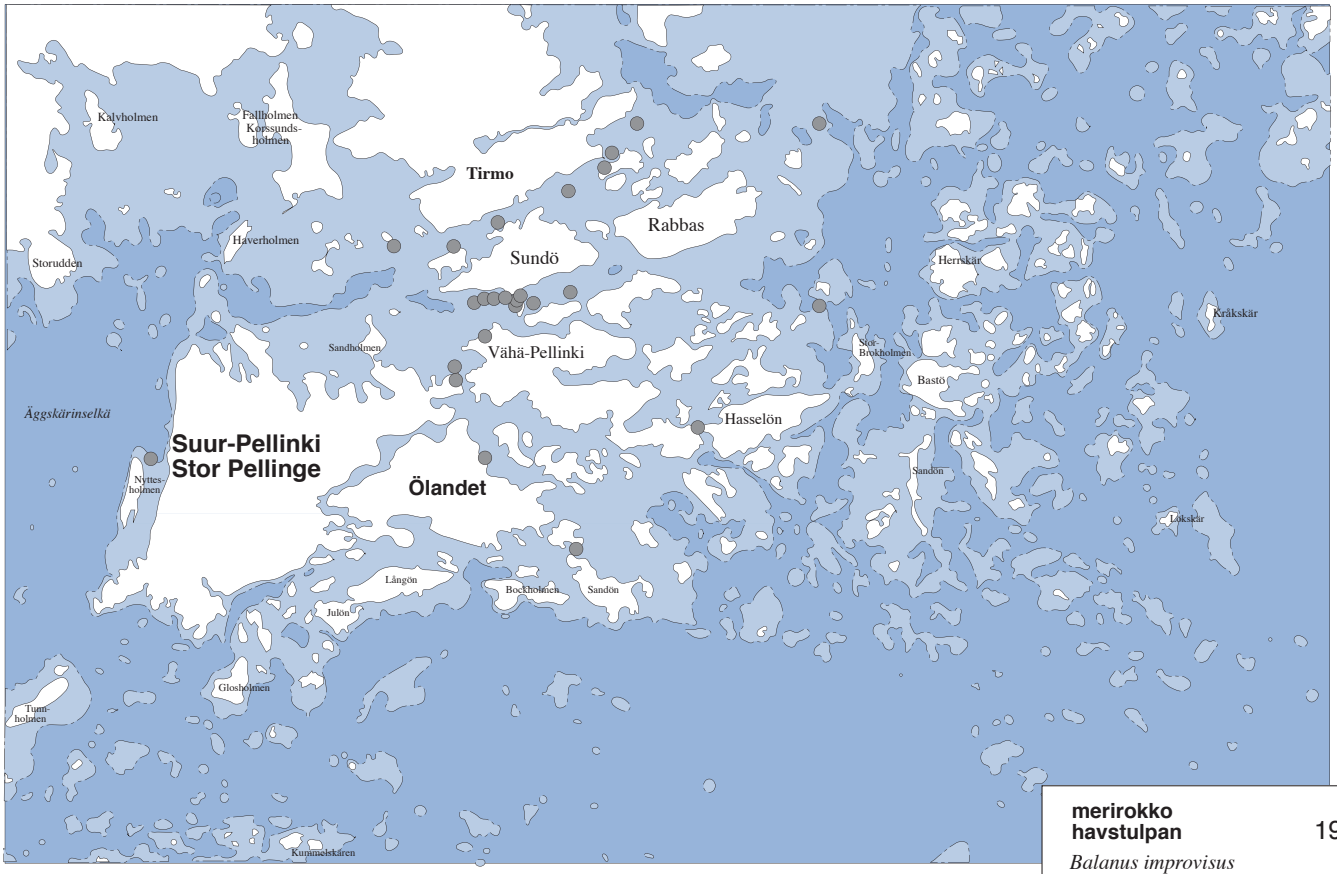
Idotea sp.

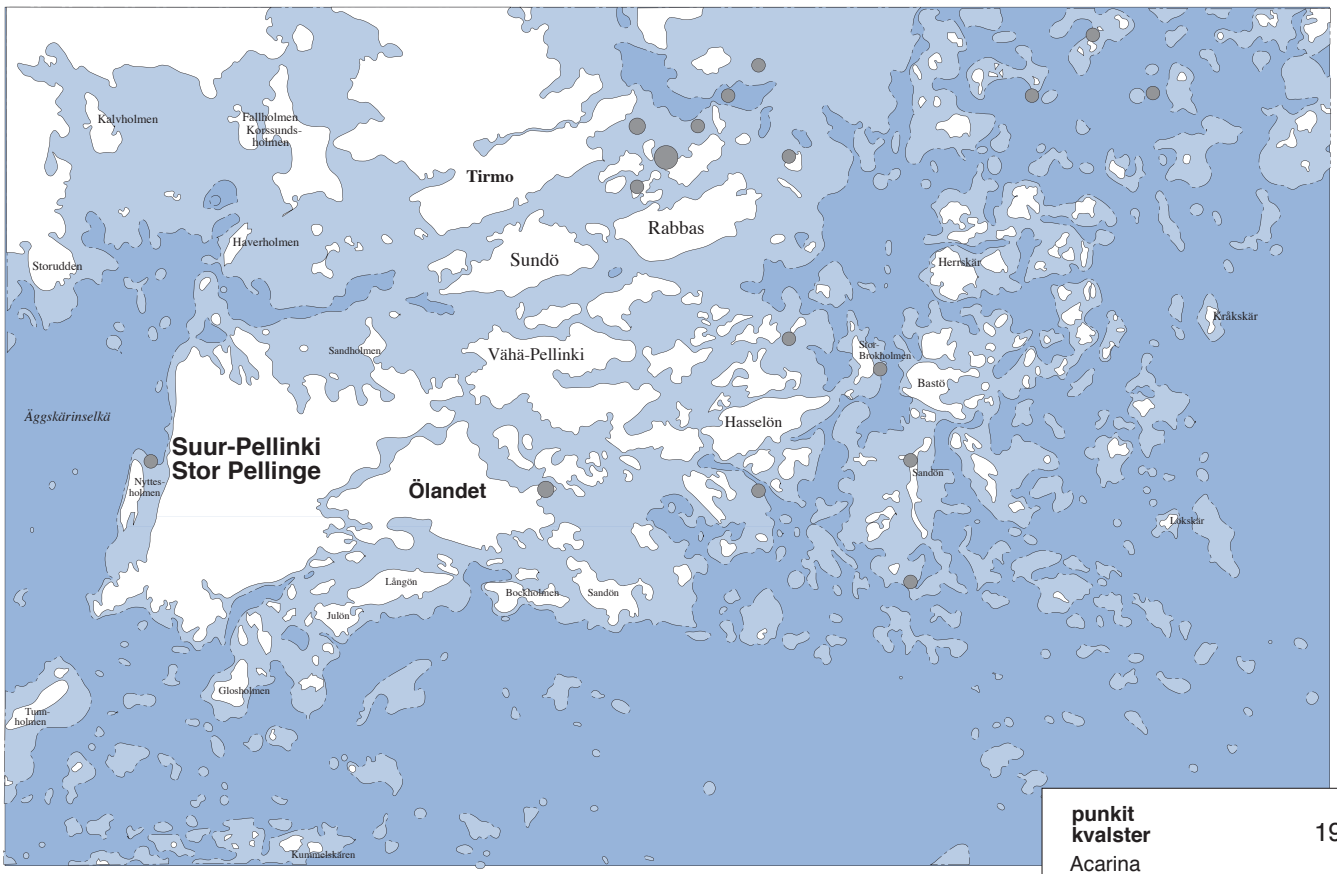
1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100

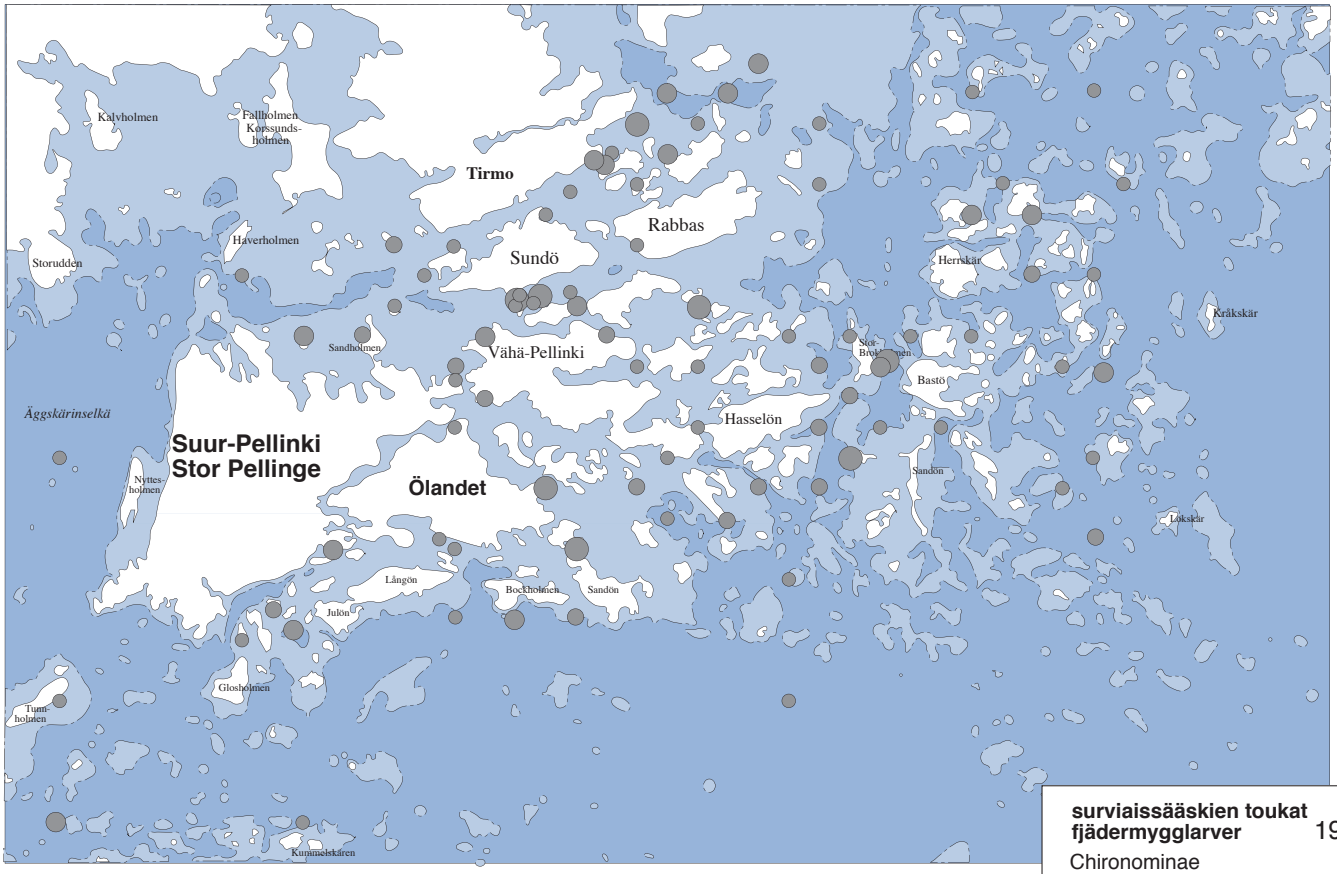
yksilöä / näyte
individer / prov


Kalvholmen
Fallholmen
Korssunds-
holmen
Tirmo
Rabbas
Sundö
Haverholmen
Storudden
Herrskär
Kråkskär
Sandholmen
Vähä-Pellinki
Stor-
Brokholmen
Bastö
Äggskärinselkä
Hasselön
Suur-Pellinki
Stor Pellinge
Ölandet
Nyttes-
holmen
Sandön
Lokskär
Långön
Bockholmen
Sandön
Julön
Glosholmen
Tumm-
holmen
Kummelskären
veden syvyys:
vattendjup:
≤ 10m
> 10m
merisiirat
tånglöss
1996
Jaera albifrons
coll.
1-2
3-5
6-10
11-50
51-100
>100
yksilöä / näyte
individer / prov


Kalvholmen
Fallholmen
Korssunds-
holmen
Tirmo
Rabbas
Sundö
Haverholmen
Storudden
Herrskär
Kråkskär
Sandholmen
Vähä-Pellinki
Stor-
Brokholmen
Bastö
Äggskärinselkä
Hasselön
Suur-Pellinki
Stor Pellinge
Ölandet
Nyttes-
holmen
Sandön
Lokskär
Långön
Bockholmen
Sandön
Julön
Glosholmen
Tumm-
holmen
Kummelskären
veden syvyys:
vattendjup:
≤ 10m
> 10m
halkojalkaiset
pungräkor
1996
Mysidae
1-2
3-5
6-10
11-50
51-100
>100
yksilöä / näyte
individer / prov


Kalvholmen
Fallholmen
Korssunds-
holmen
Tirmo
Rabbas
Sundö
Haverholmen
Storudden
Herrskär
Kråkskär
Sandholmen
Vähä-Pellinki
Stor-
Brokholmen
Bastö
Äggskärinselkä
Hasselön
Suur-Pellinki
Stor Pellinge
Ölandet
Sandön
Nyttes-
holmen
Lokskär
Långön
Bockholmen
Sandön
Julön
Glosholmen
Tumm-
holmen
Kummelskären
veden syvyys:
vattendjup:
≤ 10m
> 10m
merirokko
havstulpan
1996
Balanus improvisus
≥ 1
yksilöä / näyte
individer / prov


Kalvholmen
Fallholmen
Korssunds-
holmen
Tirmo
Rabbas
Sundö
Haverholmen
Storudden
Herrskär
Kråkskär
Sandholmen
Vähä-Pellinki
Stor-
Brokholmen
Bastö
Äggskärinselkä
Hasselön
Suur-Pellinki
Stor Pellinge
Ölandet
Sandön
Nyttes-
holmen
Lokskär
Långön
Bockholmen
Sandön
Julön
Glosholmen
Tumm-
holmen
Kummelskären
veden syvyys:
vattendjup:
≤ 10m
> 10m
punkit
kvalster
1996
Acarina
1-2
3-5
6-10
11-50
51-100
>100
yksilöä / näyte
individer / prov



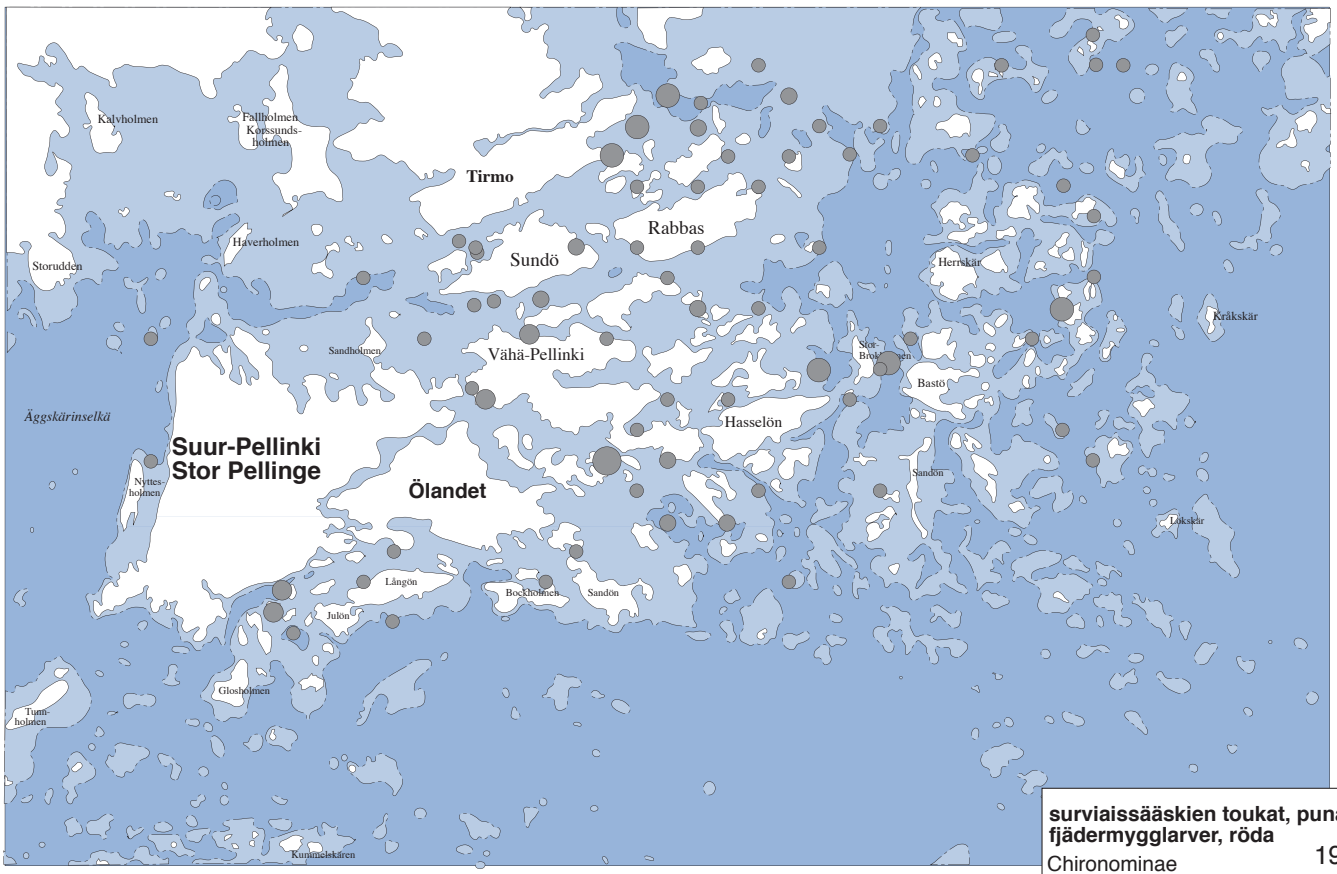
surviaissääskien toukat
fjädermygglarver 1996
Chironominae

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

> 10m



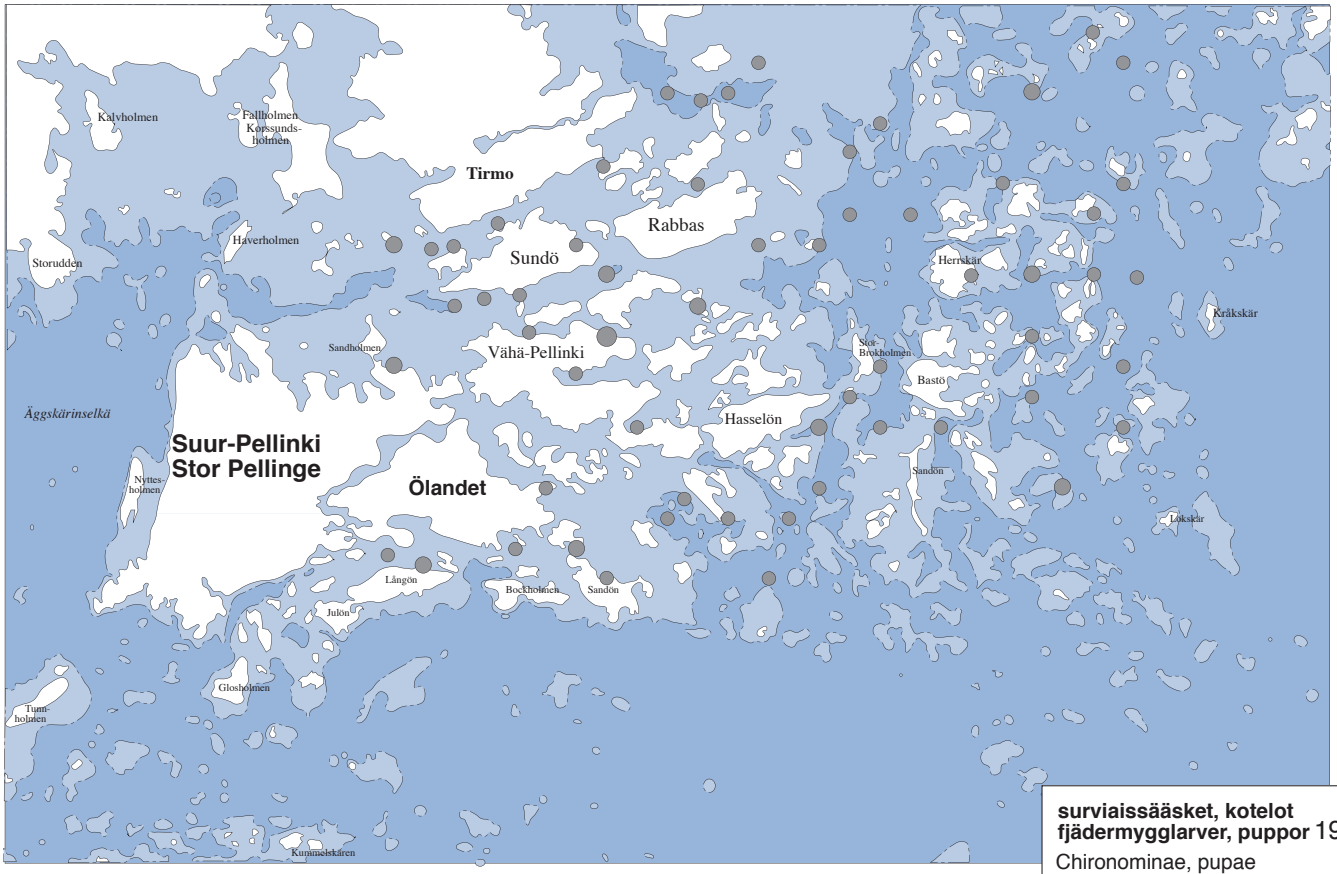
surviaissääskien toukat, punaiset
fjädermygglarver, röda 1996
Chironominae

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

> 10m



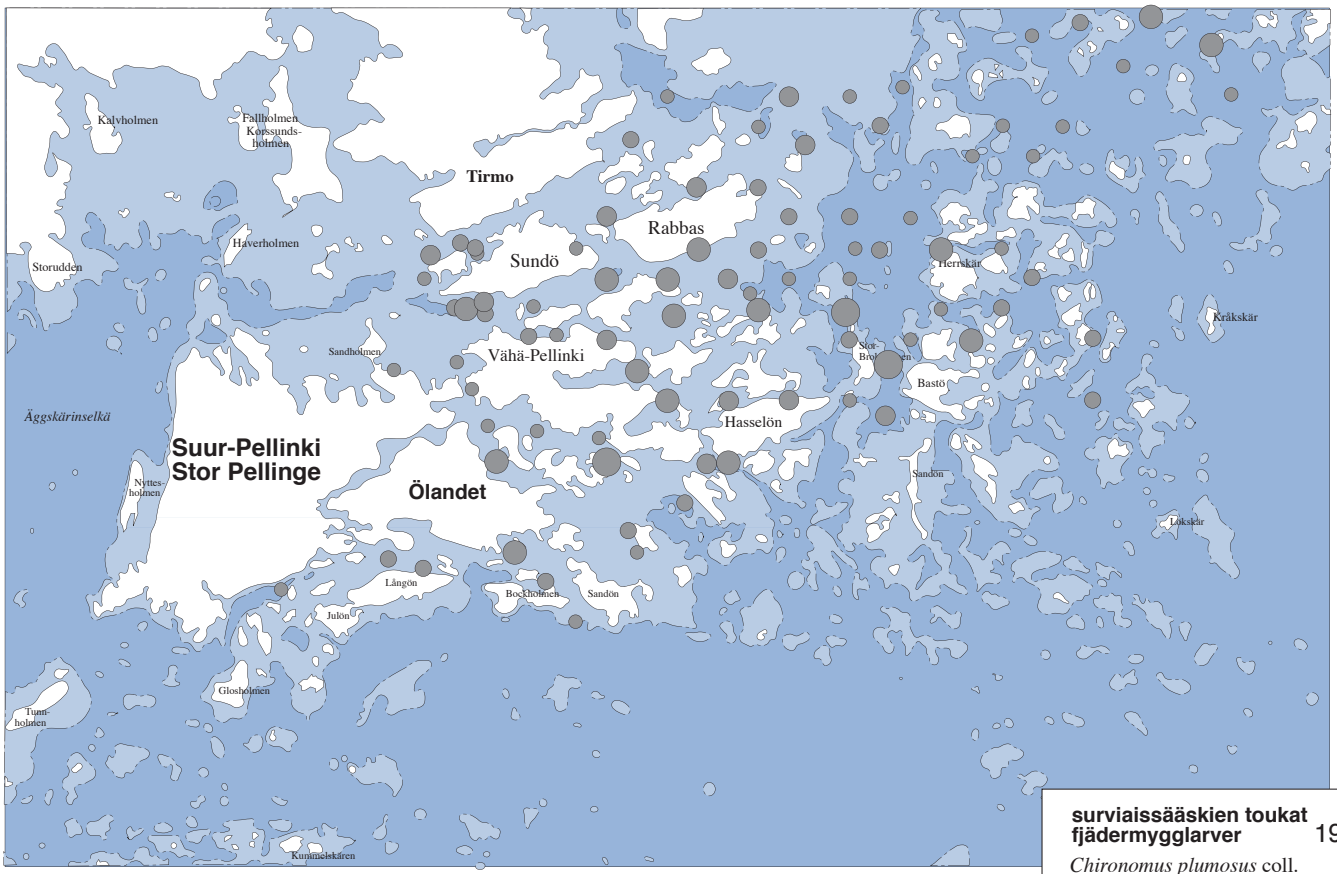
surviaissääsket, kotelot
fjädermygglarver, puppor 1996
Chironominae, pupae

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

> 10m



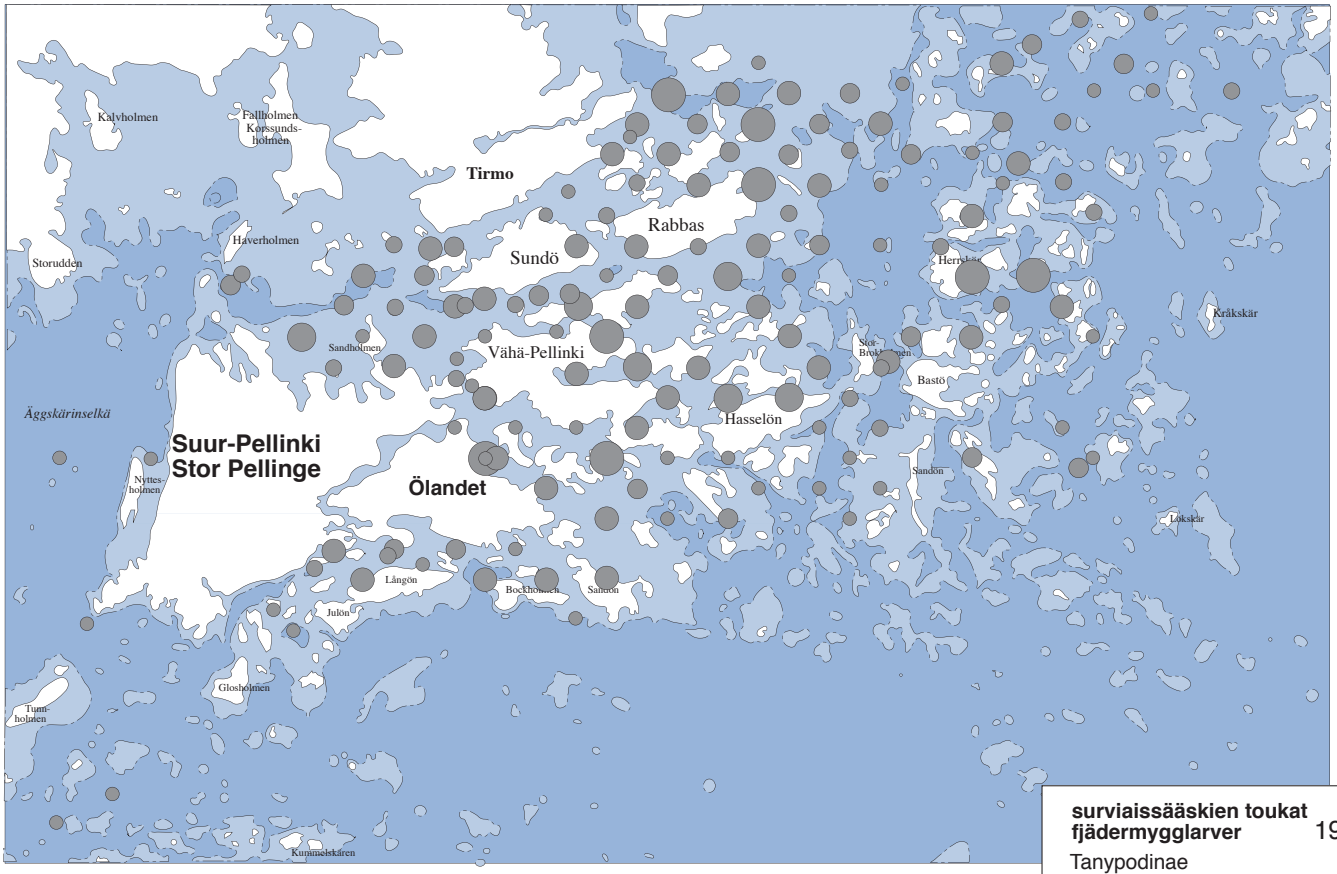
surviaissääskien toukat
fjädermygglarver 1996
Chironomus plumosus coll.

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

> 10m

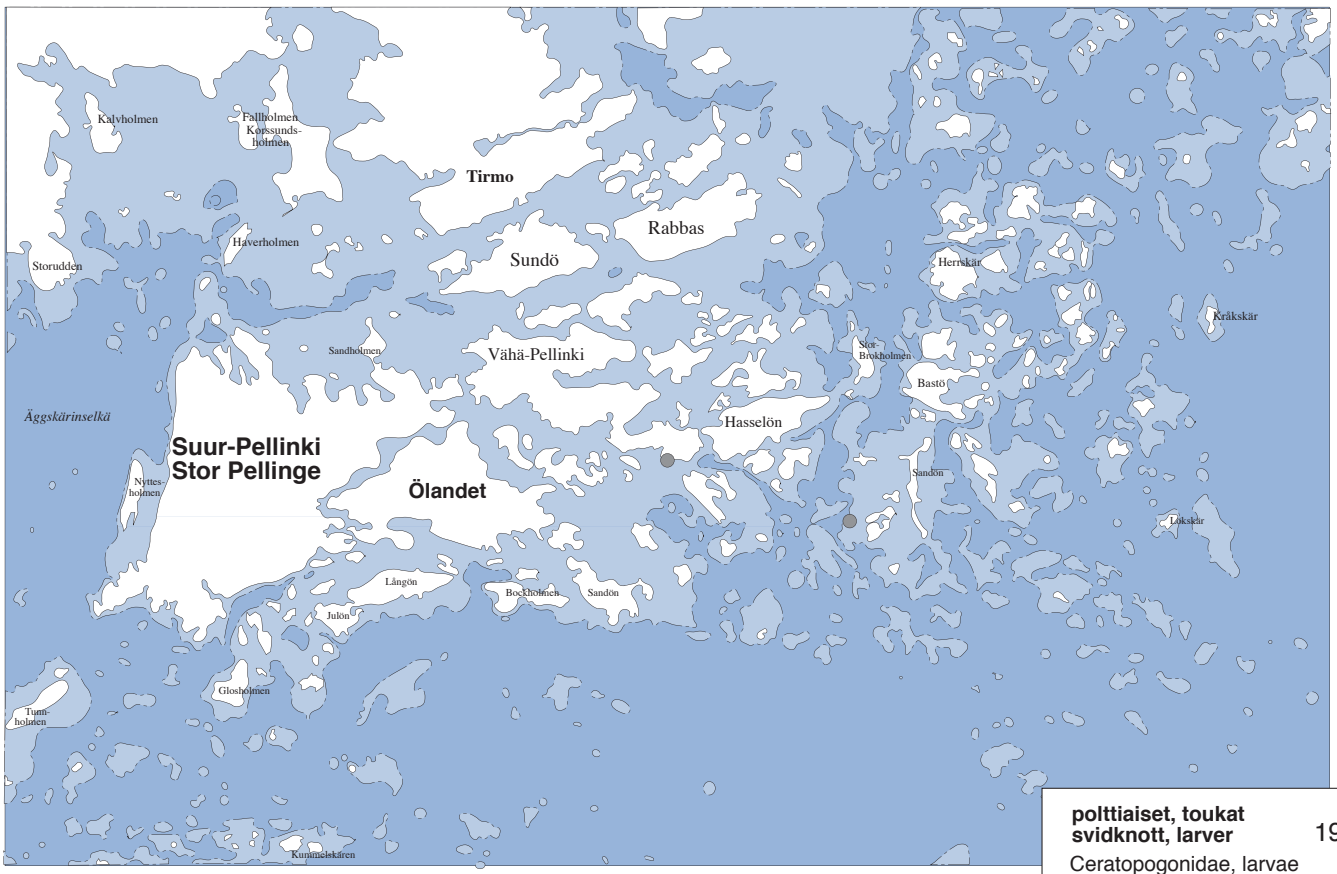


surviaissääskien toukat
fjädermygglarver 1996
Tanypodinae

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m > 10m

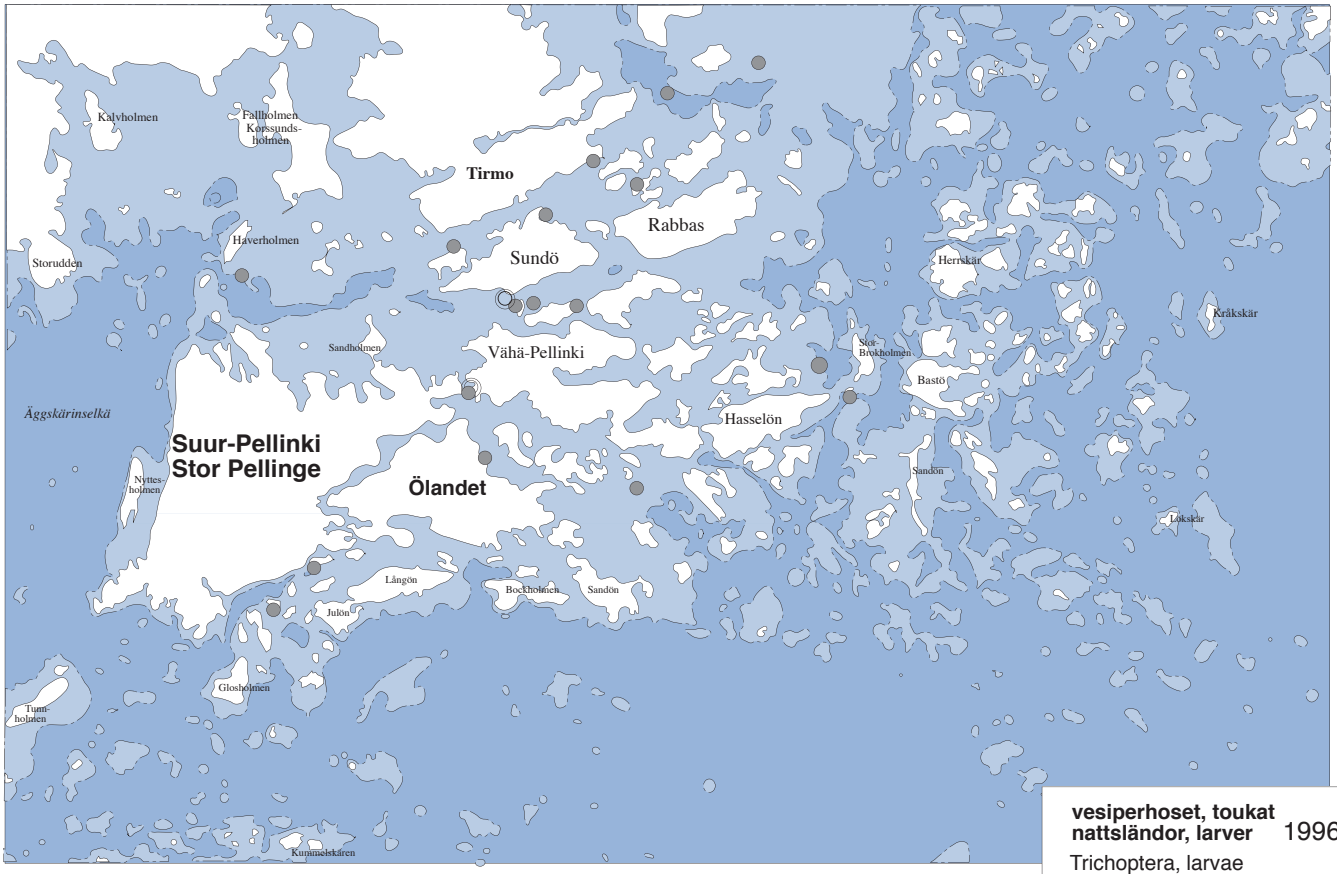


polttiaiset, toukat
svidknott, larver 1996
Ceratopogonidae, larvae

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m > 10m



veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m

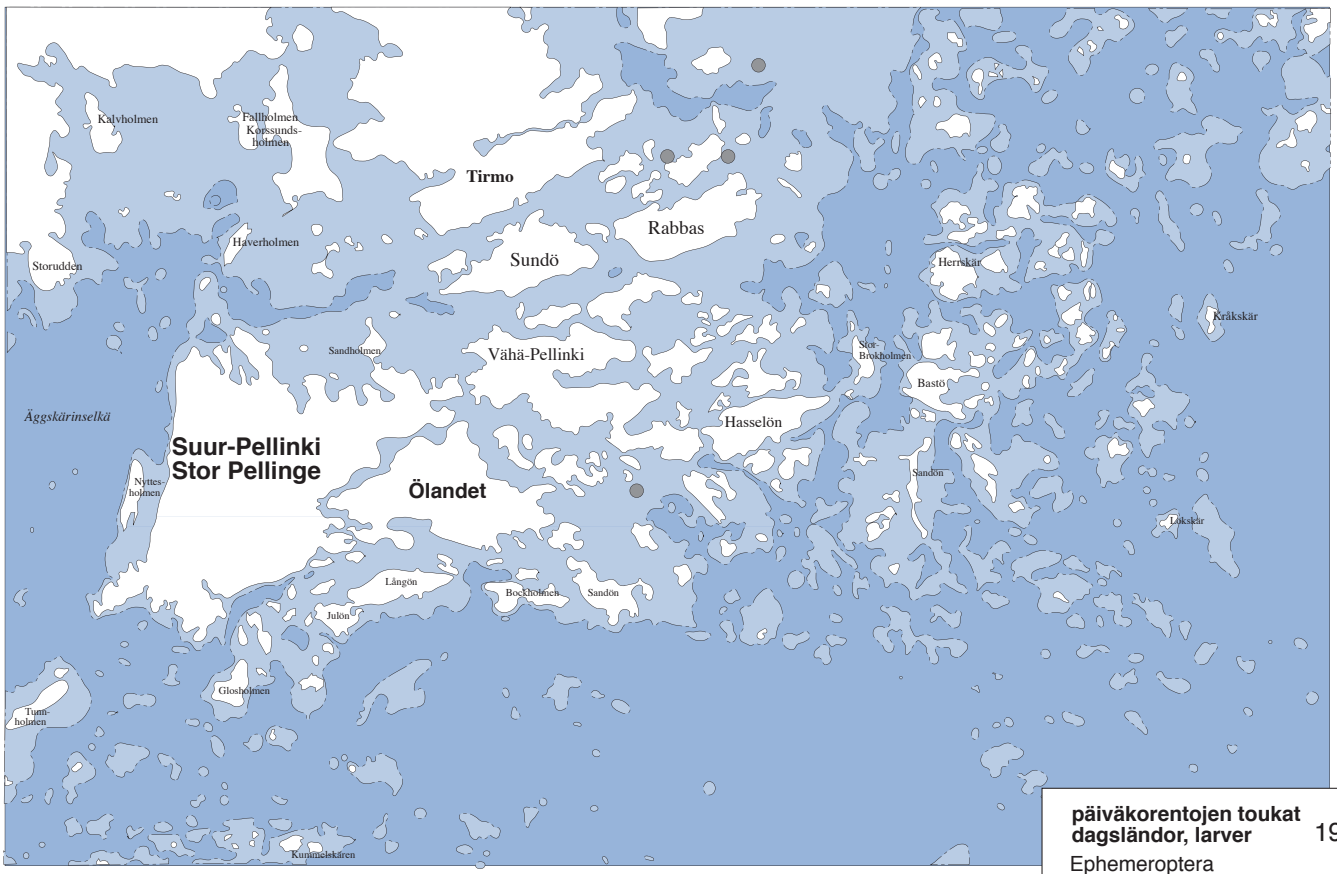
> 10m

vesiperhoset, toukat
nattsländor, larver 1996

Trichoptera, larvae

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät putket
tomma rör (≥1)



veden syvyys:
vattendjup:

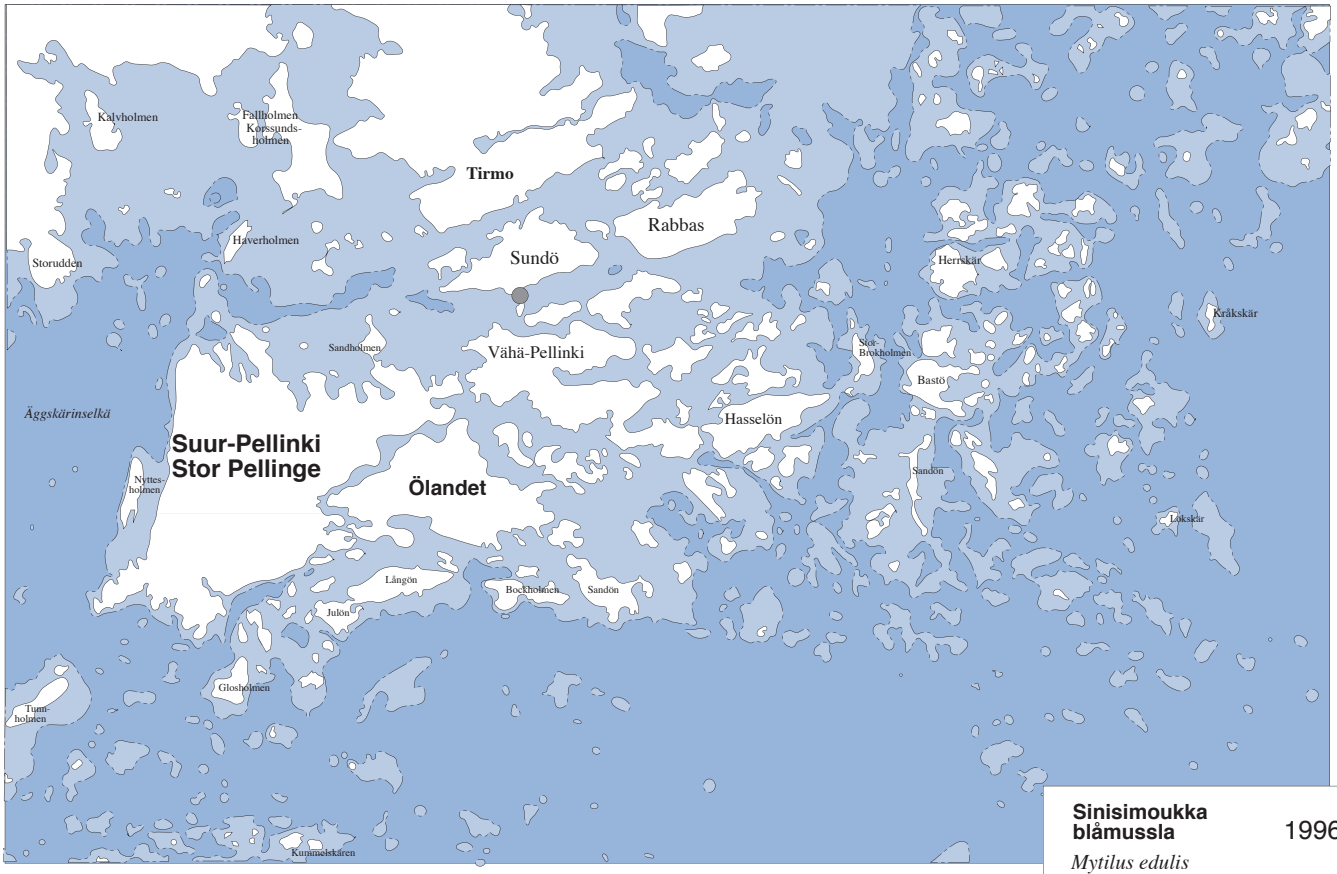
≤ 10m

> 10m

päiväkorentojen toukat
dagsländor, larver 1996

Ephemeroptera

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov



Sinisimoukka
blåmussla 1996

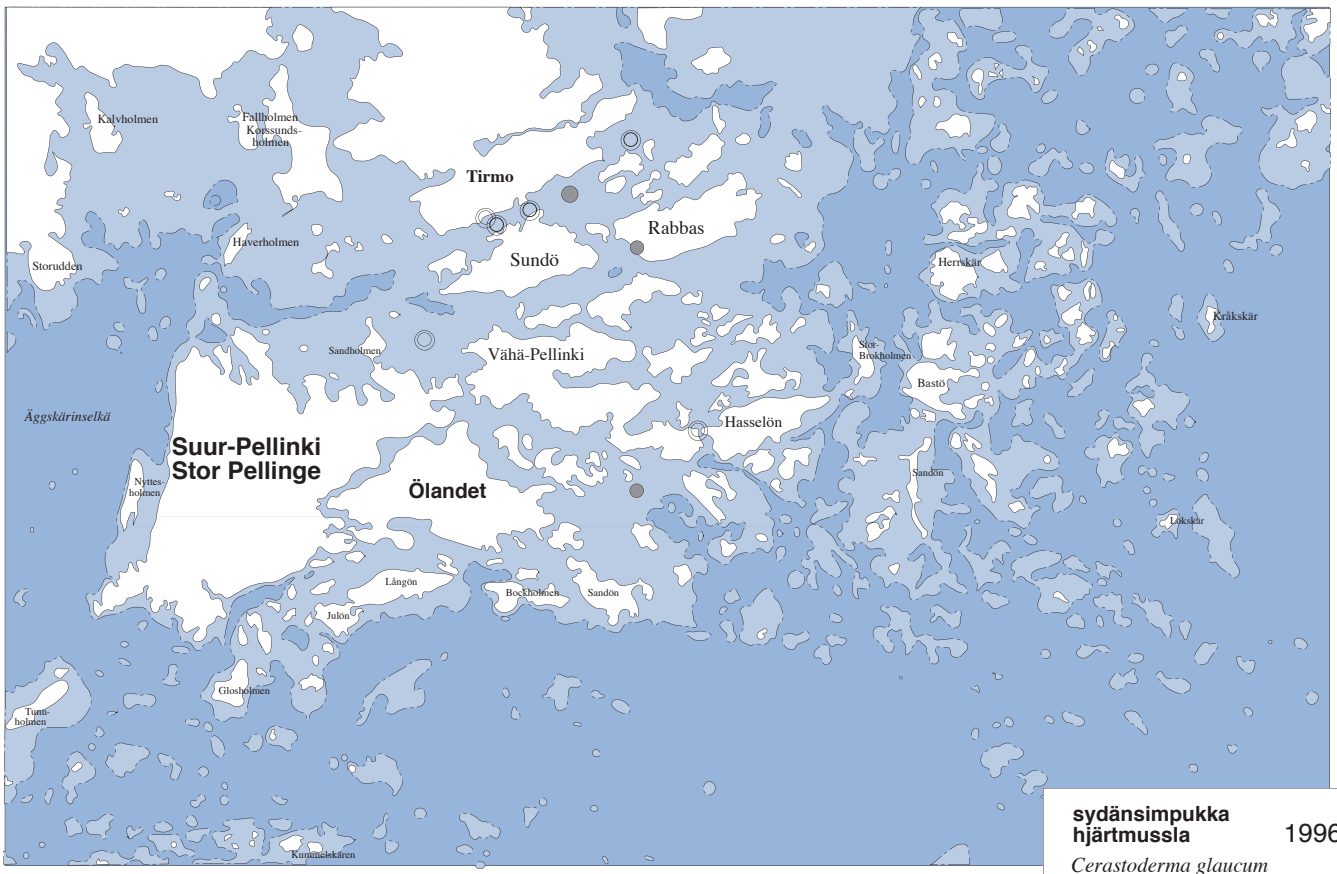
Mytilus edulis

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät kuoret
tomma skal (≥1)

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



sydänsimpukka
hjärtmussla 1996

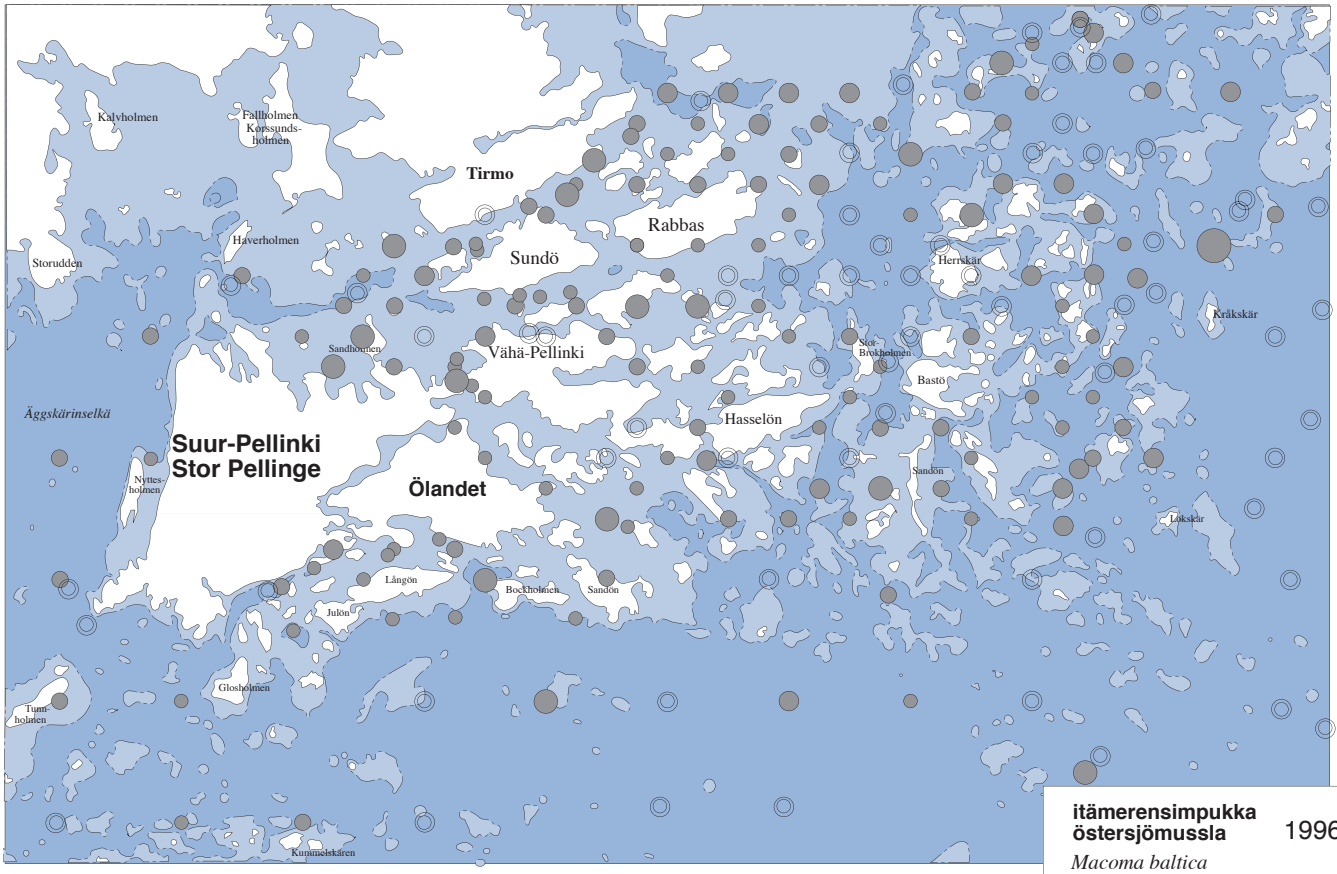
Cerastoderma glaucum

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät kuoret
tomma skal (≥1)

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



itämerensimpukka
östersjömussla 1996

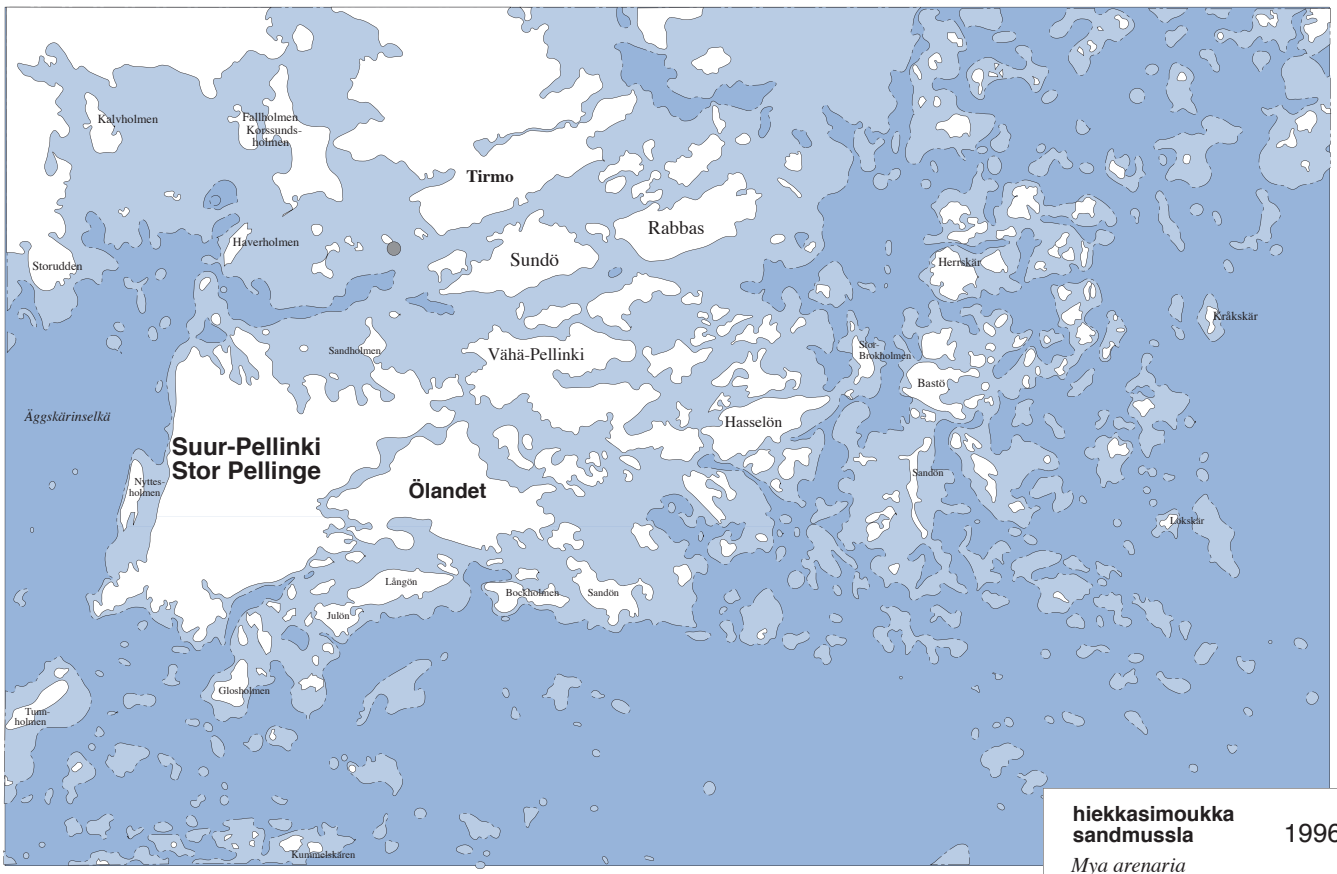
Macoma baltica

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät kuoret
tomma skal (≥1)

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



hiekkasimoukka
sandmussla 1996

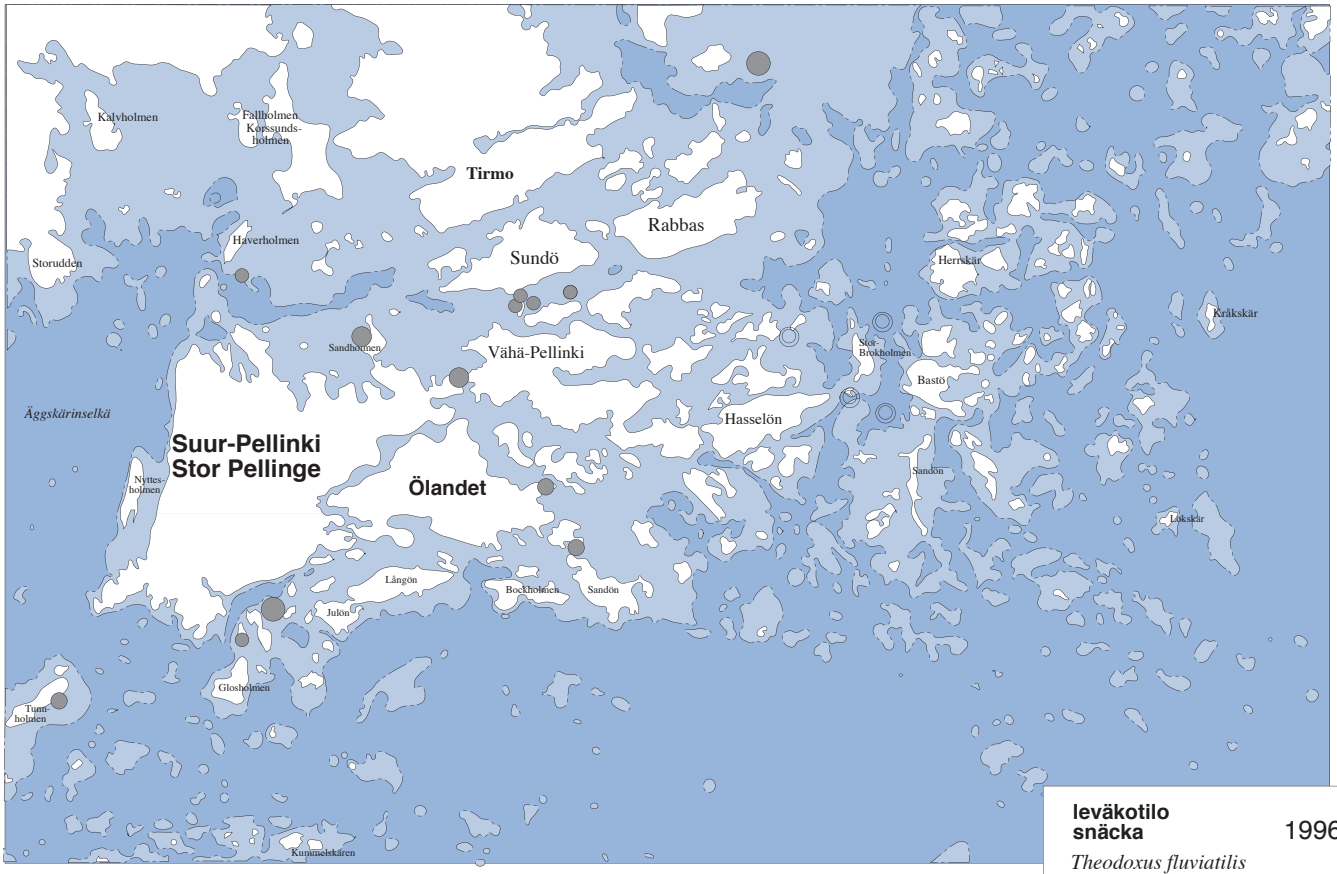
Mya arenaria

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät kuoret
tomma skal (≥1)

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



leväkotilo
snäcka 1996

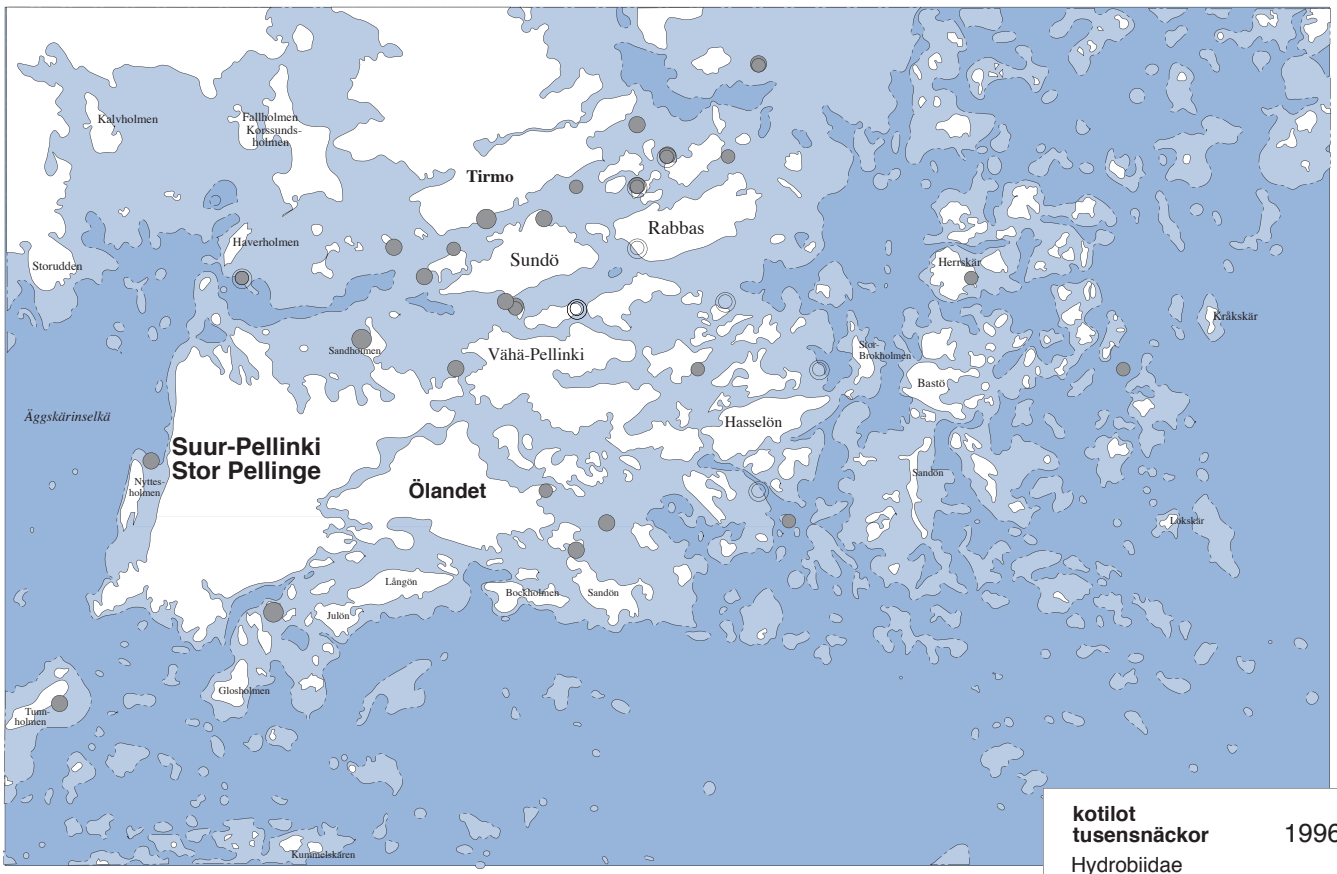
Theodoxus fluviatilis

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät kuoret
tomma skal (≥1)

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



kotilot
tusensnäckor 1996

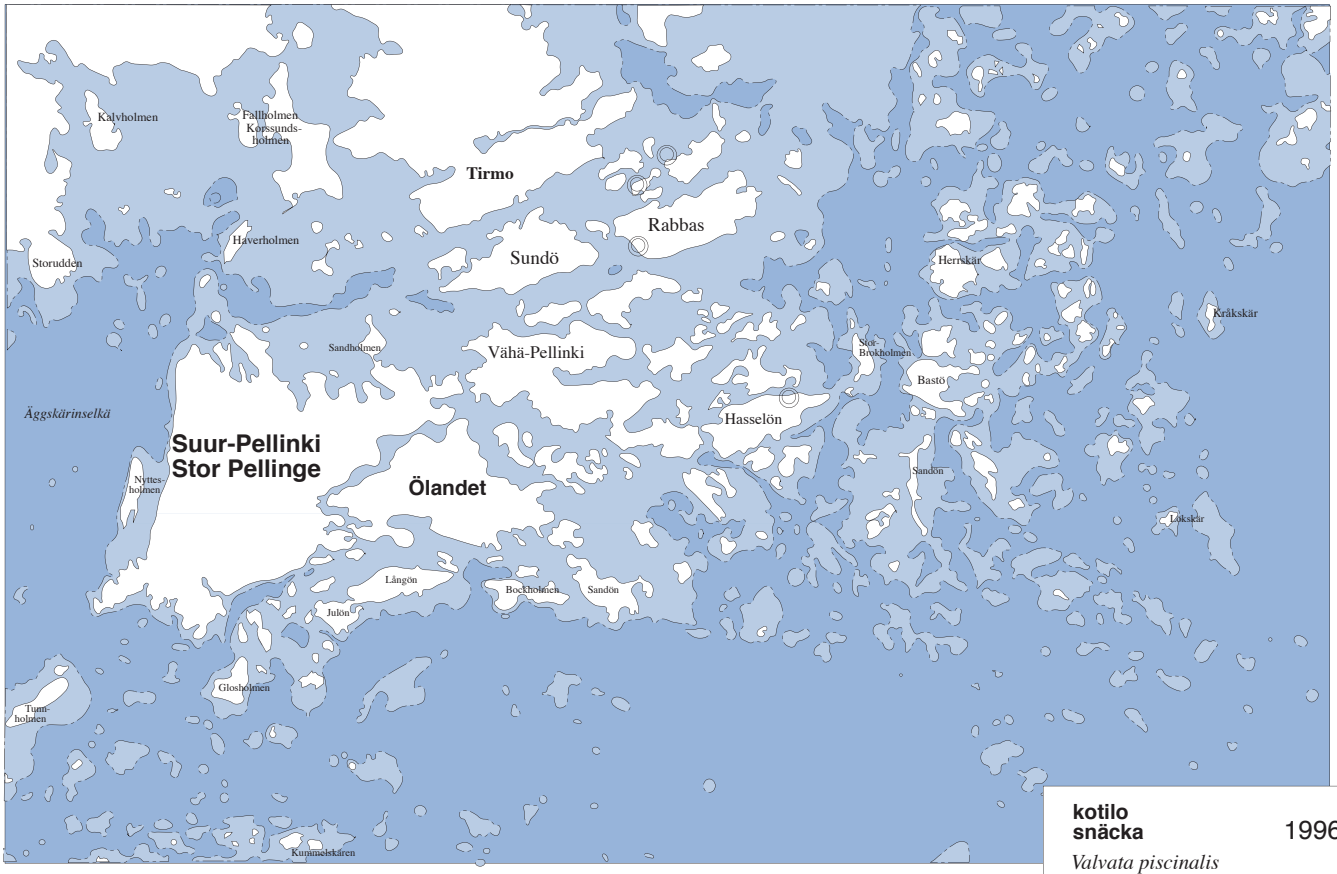
Hydrobiidae

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät kuoret
tomma skal (≥1)

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



kotilo
snäcka 1996

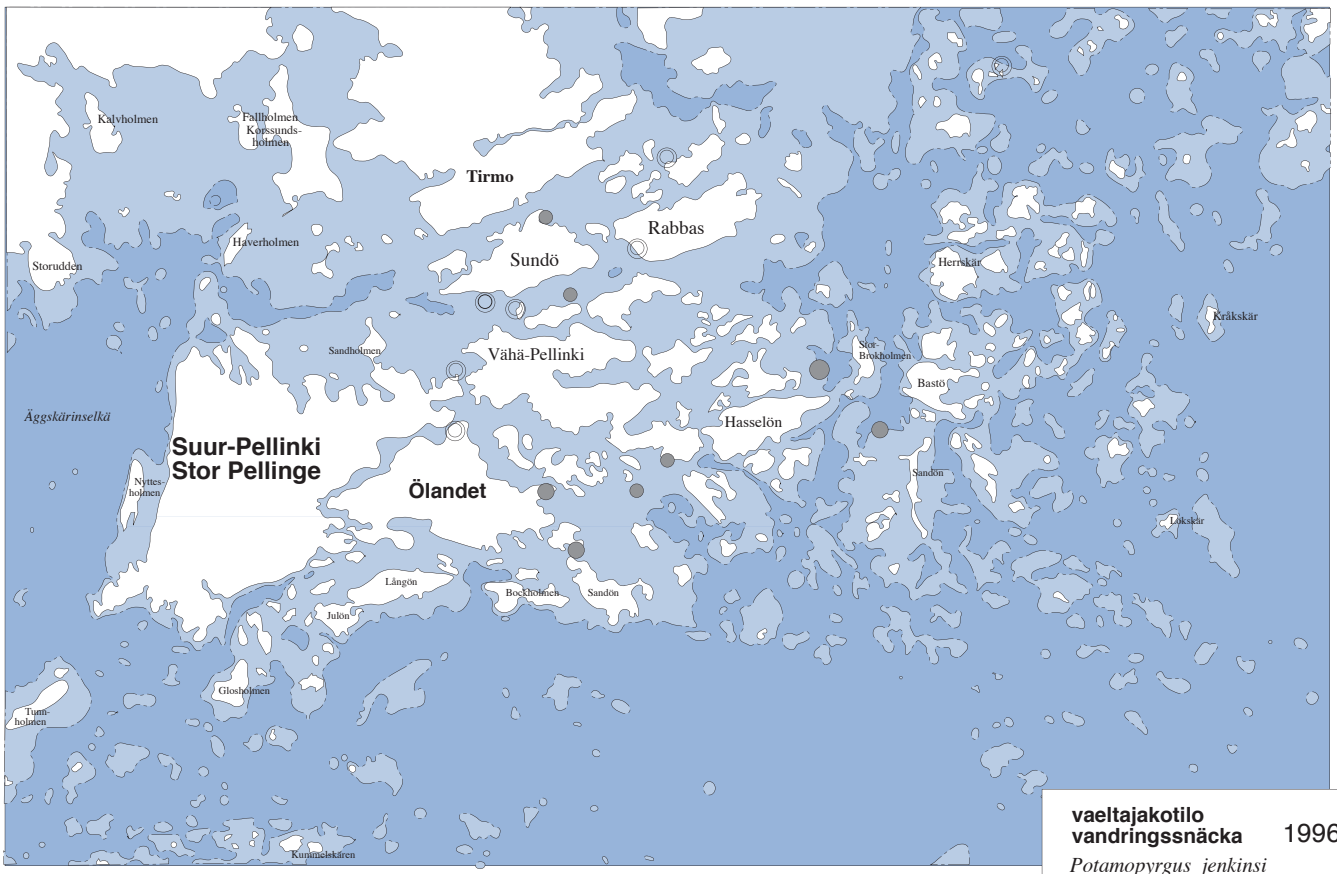
Valvata piscinalis

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät kuoret
tomma skal (≥1)

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



vaeltajakotilo
vandringssnäcka 1996

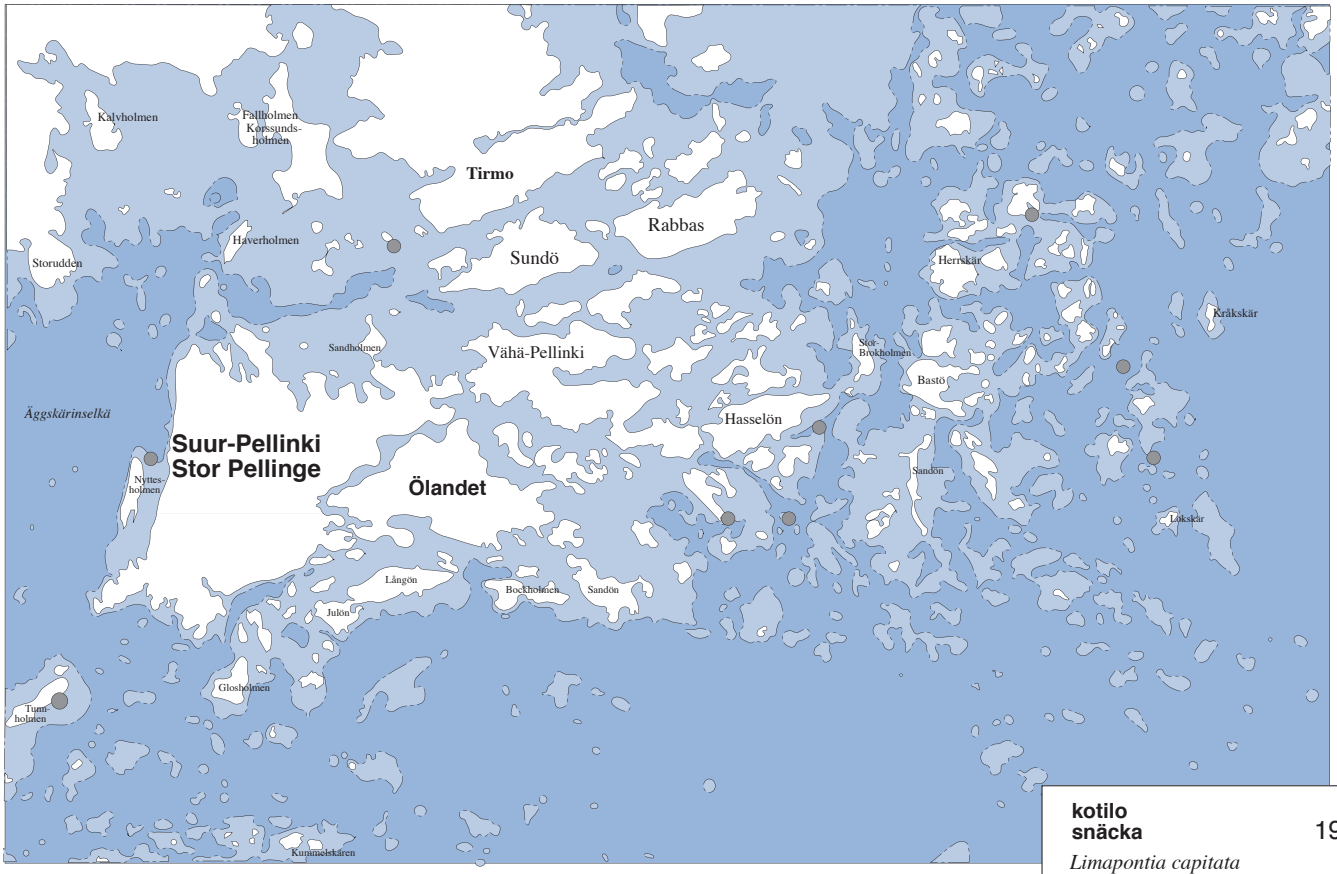
Potamopyrgus jenkinsi

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100 yksilöä / näyte
individer / prov

tyhjät kuoret
tomma skal (≥1)

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



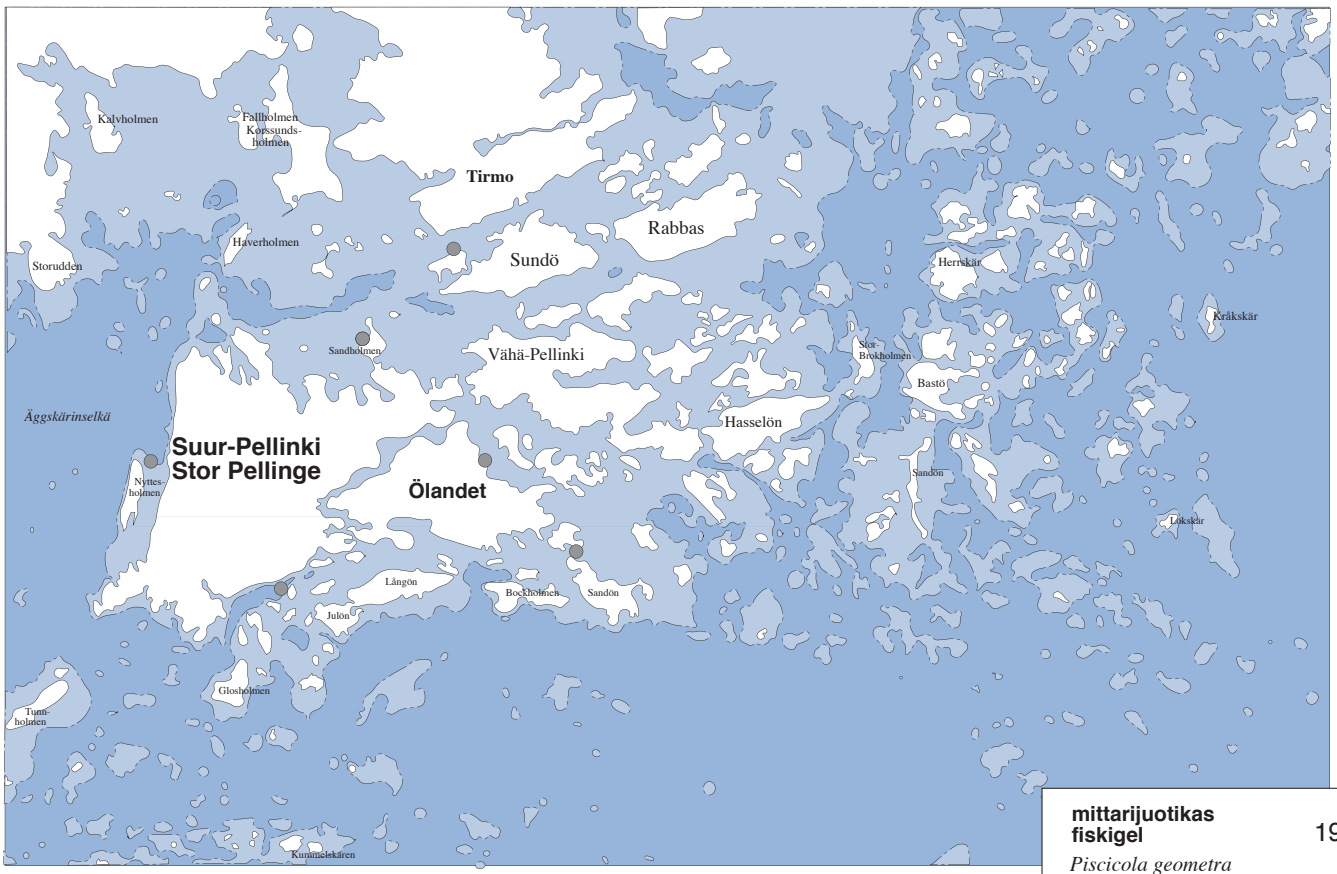
kotilo
snäcka 1996

Limapontia capitata

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**



mittarijuotikas
fiskigel 1996

Piscicola geometra

1-2 3-5 6-10 11-50 51-100 >100
yksilöä / näyte
individer / prov

veden syvyys:
vattendjup:

≤ 10m **> 10m**