

Opinnäytetyö (AMK)

Kala- ja ympäristötalous

[Click here to enter text.](#)

2013

Teija Kujanpää

# ÖLJYNTORJUNNAN KANNALTA ARVOKKAITA VEDENALAISLUONTOKOhteita SAARISTOMERELLÄ



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teija Kujanpää

## ÖLJYNTORJUNNAN KANNALTA ARVOKKAITA VEDENALAISLUONTOKOhteita SAARISTOMERELLÄ

Työn tavoitteena on tehdä pieni selvitys Saaristomerellä sijaitsevista ja esiintyvistä tärkeistä ja monimuotoisista luontoarvoista käyttäen lähteinä pääosin NANNUT – hankkeen ja Lounaispaimen tuottamia tietoja.

Öljyä tulee mereen enimmäkseen pienten, jatkuvien päästöjen myötä. Joutuessaan meriympäristöön öljy usein muuttaa muotoaan, kuten haihtuu. Öljyt jaotellaan kevyisiin öljyihin, raakaöljyihin ja raskaisiin öljytuotteisiin, ja eri tyypit käyttäytyvät eri tavoin meriympäristössä. Vuodenaika ja säätila vaikuttavat eliöiden ja elinympäristöjen herkkyyteen sekä öljyn muutosprosessien nopeuteen ja öljyntorjunnan tehokkuuteen.

Saaristomeren matala runsassaarinen alue, missä on paljon suojaisia lahtia. Suojaisuutensa vuoksi se on erityisen altis öljyonnettomuudesta aiheutuille haitoille.

Öljy vaikuttaa eliöihin sekä pitkällä aikavälillä että välittömästi. Eliöitä kuolee välittömästi tukahtumisen, tahrinutumisen tai myrkytyksen kautta. Pitkällä aikavälillä se voi aiheuttaa elion vastustuskyvyn heikkenemisen, kasvun hidastumisen tai lisääntymiskyvyn huononemisen.

NANNUT – hankkeen sukellusinventoinneissa kerättiin vedenalaisluontotietoa 240 kohteesta Saaristomerellä. Habitaatit eli eliöyhteisöt luokiteltiin sen perusteella, mitä kasvillisuutta habitaatti sisältää, ja arvotettiin asteikolla 1-5, jossa 4 ja 5 kertovat korkeasta luontoarvosta. Arvokkaita vedenalaisluontokohteita Saaristomerellä ovat esimerkiksi EU:n luontodirektiivin luontotyyppinä sisältävät Natura 2000 – alueet. Näihin kuuluvat myös fladat, jotka ovat monimuotoisia alueita. Lisäksi Saaristomerellä sijaitsee paljon uhanalaisia luontotyyppinä. Näitä ovat muun muassa rakkoleväyhteisöt, meriajokasyhteisöt, punaleväyhteisöt, sinisimpukkayhteisöt ja näkinpartaisniityt.

Alusliikenteen määrän kasvu ja aluskoon kasvu kasvattavat öljyonnettomuuden riskiä. Useissa hankkeissa on tuotettu tietoa öljyntorjunnan ohjaukseen sekä tärkeiden vedenalaisluontokohteiden tunnistamiseen ja arvottamiseen.

### ASIASANAT:

Saaristomeren, vedenalainen luonto, öljy, luontoarvot, öljyonnettomuudet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fisheries and Environmental Care

April 2013 | 57

Instructors Arto Huhta and Fiia Haavisto

Teija Kujanpää

# VALUABLE UNDERWATER NATURE SITES FOR OIL DESTRUCTION IN THE FINNISH ARCHIPELAGO

The aim of this thesis was to conduct a small survey on the important and diverse nature values found in the Finnish Archipelago using mainly NANNUT project and Lounaispaikka as sources for data.

Oil in the sea comes mostly from small continuous discharges. When in the sea, oil often changes form for instance through evaporation. Oils are divided into lighter oils, crude oil and heavy oils and different oil types behave differently in the sea. The season and weather have an effect on the sensitivity of organisms and the environment, and also the weathering processes of oil and the effectiveness of oil prevention.

The Finnish Archipelago is a shallow area with a great number of islands and sheltered bays. These special characteristics make it especially vulnerable to the injurious effects of oil accidents.

Oil has both long-term effects and immediate effects on organisms. Organisms die directly from suffocation, staining or poisoning. In the long term, oil can cause weakened resistance, slowing of growth, or weakened ability to reproduce.

In NANNUT project dive inventories, underwater data were collected from 240 sites in the Finnish Archipelago. The habitats were classified based on the vegetation, and evaluated on a scale of one to five, where four and five indicate a high nature value. The valuable under-water nature sites in the Finnish Archipelago are, for example, Natura 2000 areas that contain the EU Nature Directive nature types. These include also coves which are diverse areas. In addition, many endangered nature types are located in the Finnish Archipelago. These are, for example, bladder wrack communities, eel-grass communities, red algae communities, blue mussel communities and stonewort communities.

The growth in shipping and the growth in ship size results in a higher risk of oil accidents. Several projects have yielded information for oil damage prevention, as well as for identifying and evaluating important under-water sites.

## KEYWORDS:

the Finnish Archipelago, underwater nature, oil, nature values, oil accidents

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 TAUSTAA</b>	<b>9</b>
2.1 Mistä öljyä tulee mereen	9
2.2 Öljyn käyttäytyminen vedessä	10
2.3 Öljypäästön seurauksiin vaikuttavat tekijät	13
2.3.1 Öljyn tyyppi	13
2.3.2 Vuodenaika ja säätila	14
2.3.3 Fysikaaliset ja kemialliset tekijät	15
2.3.4 Saaristomeren ominaispiirteet	15
2.4 Öljyn vaikutuksia vedenalaisluontoon	17
2.4.1 Öljyn vaikutukset kaloihin	18
2.4.2 Öljyn vaikutukset pohjaeläimiin	20
2.4.3 Öljyn vaikutukset kasveihin	21
2.5 Saaristomeren öljykuljetukset	21
2.6 Vedenalaisluontoarvoja Saaristomerellä	23
2.6.1 Luontodirektiivin mukaiset vedenalaiset luontotyytit	23
2.6.2 Uhanalaiset luontotyytit ja vastuuluontotyytit	23
<b>3 MENETELMÄT</b>	<b>33</b>
3.1 Aineiston keruu ja käsittely NANNUT -hankkeessa	33
3.1.1 Sukellusinventoinnit Saaristomerellä	33
3.1.2 Tärkeiden vedenalaisluontokohteiden tunnistaminen	36
3.1.3 Habitaattien luokittaminen	37
3.1.4 Habitaattien arvottaminen	38
<b>4 ARVOKKAITA VEDENALAISLUONTOKOhteITA SAARISTOMERELLÄ</b>	<b>41</b>
4.1 Natura – alueet ja luontodirektiivin luontotyyteistä fladat	41
4.2 Vedenalaisluontotyyppien esiintyminen NANNUT – hankkeen sukellusinventoinneissa	43
4.3 Kasvillisuudeltaan ja sinisimpukkapeittävyysiltään arvokkaat vedenalaisluontokohteet	45

<b>5 POHDINTAA</b>	<b>48</b>
5.1 Öljyvahingon riski ja sen pienentäminen Saaristomerellä	48
5.2 Aineistoa öljyntorjuntaan useista hankkeista	49
5.3 Habitaattien luokitusjärjestelmän kehittäminen	52
5.4 Habitaattien arvottamisjärjestelmän kehittäminen	52
<b>KIITOKSET</b>	<b>53</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>54</b>

## KUVAT

Kuva 1. Öljyn käyttäytymismuodot meriympäristössä: leviäminen (spreading), haihtuminen (evaporation), hapettuminen (oxidation), emulsion muodostus (emulsification), hajoaminen (biodegradation), dispersio ja sedimentoituminen (sedimentation) (ITOPF 2012).	11
Kuva 2. Erialaisten polttoaineiden haihtuminen 15 asteen lämpötilassa koeolosuhteissa. Testattuja öljyjä ovat kevyet öljyt benssiini (gasoline) ja diesel, raakaöljy (crude) ja raskas polttoöljy Bunker C (National Research Council 2003).	12
Kuva 3. Kivikkopohjaa (Metsähallitus 2005).	16
Kuva 4. Kampela viihtyy pohjan läheisyydessä ja voi altistua pitkäaikaisille haittavaikutuksille jos myrkylliset yhdisteet kertyvät sedimenttiin.	19
Kuva 5. Rakkolevää ( <i>Fucus vesiculosus</i> ).	24
Kuva 6. Meriajokasyhteisöä (Metsähallitus 2005).	26
Kuva 7. Särämäneula ( <i>Syngnathus typhle</i> ) (Metsähallitus 2005).	27
Kuva 8. Punalevävyöhyke (Metsähallitus 2007).	28
Kuva 9. Sinisimpukka ( <i>Mytilus edulis</i> ) (Metsähallitus 2007).	30
Kuva 10. Rehevöitymisestä kärsivää merenpohjaa (Metsähallitus 2007).	32
Kuva 11. NANNUT -sukellusinventoinnit 2010 ja 2011 (Varsinais-Suomen ELY-keskus & Lounaispaikka 2012).	34
Kuva 12. Sukeltaja kirjaa tuloksia veden alla linjasukelluksessa.	35
Kuva 14. Saaristomerellä sijaitsevat Natura -alueet (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2012).	41
Kuva 15. Saaristomeren fladat ja kluuvijärvet (Sydänoja 2008).	42
Kuva 16. Eri luontotyyppien osuudet inventointikohteissa ympyrädiagrammeina (Varsinais-Suomen ELY-keskus & Lounaispaikka 2012).	44
Kuva 17. Habitaattiarvot Saaristomerellä esitettyinä ympyrädiagrammeina (Varsinais-Suomen ELY-keskus & Lounaispaikka 2012).	46

## KUVIOT

Kuvio 1. Mereen joutuvien öljypäästöjen jakautuminen lähteittäin maailmassa vuosina 1990–1999 (Keinänen ym. 2012).	9
Kuvio 2. Alusonnnettomuudet Itämerellä vuosina 2000–2009 (HELCOM 2011 & Keinänen ym. 2012).	10
Kuvio 3. Habitaattien luokittaminen.	37

## TAULUKOT

Taulukko 1. Öljykuljetukset Saaristomeren ja Ahvenanmeren satamissa 2005, ulkomaan ja kotimaan liikenne (Hänninen 2010).	22
Taulukko 2. Hankkeita joissa tuotetaan tietoa öljyntorjuntaan.	50

# 1 JOHDANTO

Laivaliikenteen ja öljykuljetusten määrä on moninkertaistunut Itämerellä viime vuosikymmenten aikana. Öljykuljetukset ovat kasvaneet erityisesti Suomenlahdella. Vuonna 1995 Suomenlahdella kuljetettiin noin 20 miljoonaa tonnia öljyä, kun taas vuonna 2007 öljyä rahdattiin jo yli 140 miljoonaa tonnia. Nykyään Suomenlahdella liikkuvassa öljytankkerissa voi olla lastina jopa 150 000 tonnia öljyä. Itämeri on toistaiseksi säästynyt merkittävilta öljyonnettomuuksilta. Kuitenkin alusmäärän ja alusten koon kasvaessa myös öljyonnettomuuden todennäköisyys kasvaa. (Bäck ym. 2010, 190–191; Koskinen 2012, 11.)

Laivaliikenteen tahattomat ja tahalliset öljypäästöt ovat uhka Itämeren ainutlaatuiselle ja herkälle luonnolle (Keinänen ym. 2012, 7). Mereen päästyään öljy aiheuttaa sekä välittömiä että pitkäaikaisia ongelmia ympäristössä (OILRISK & NANNUT 2012).

NANNUT – hankkeen yhtenä tavoitteena on tiedon tuottaminen Saaristomeren alueelta niin, että vedenalaisluontoarvot huomioitaisiin kattavammin öljyntorjunnassa. NANNUT – hankkeessa on kerätty sekä uutta tietoa vedenalaisluonnosta että koottu aiemmin kerättyä aineistoa raporteista. Tiedon perusteella pyritään tunnistamaan alueita, jotka ovat vedenalaisen luonnon säilymisen kannalta erityisen tärkeitä. Öljyntorjuntatoimilla tulisi pyrkiä estämään öljyn leviäminen tärkeitä vedenalaisluontoarvoja sisältäviin kohteisiin.

Työn tarkoituksena on tehdä pieni selvitys Saaristomerellä sijaitsevista ja esiintyvistä tärkeistä ja monimuotoisista luontoarvoista käyttäen lähteinä pääasiassa NANNUT – hankkeen ja Lounaispaikan tuottamia tietoja. Työssä käsitellään pääasiassa kasvillisuuden ja sinisimpukan perusteella tunnistettavia vedenalaisluontotyyppisiä. Työhön ei ole otettu mukaan kaikkia tärkeitä vedenalaisluontokohteita, esimerkiksi kalojen kutualueita tai pehmeän pohjan pohjaeläinyhteisöjä.

Lisäksi työssä käsitellään kuinka öljy vaikuttaa monin tavoin meren luontoon rannoilla ja veden pinnan alla.

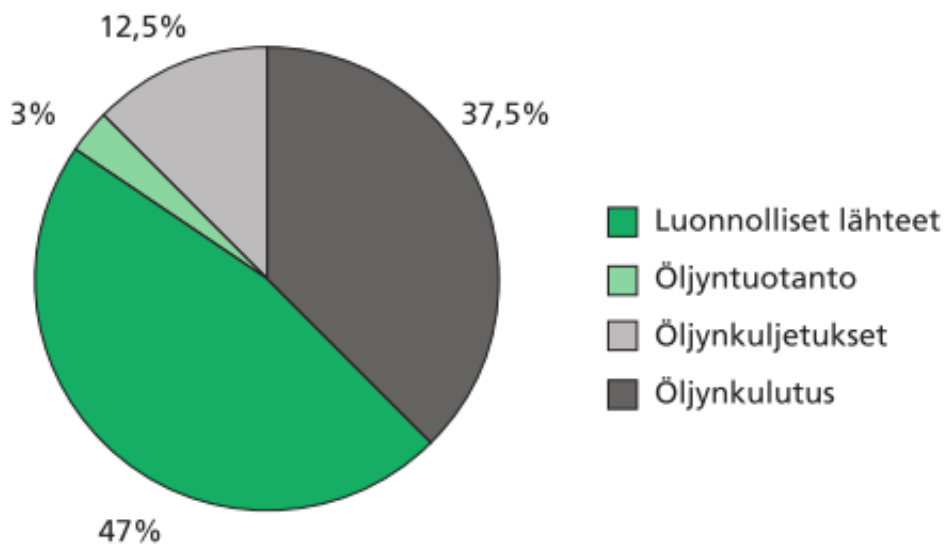
Työssä esitellään Saaristomeren vedenalaisluontokohteiden kartoittamista NANNUT -hankkeessa sukellusinventoinnein. Lisäksi esitellään kuinka vedenalaisluontokohteiden luontoarvoja on pyritty hankkeen puitteissa arvottamaan lajien ja lajimäärien perusteella. Menetelmän avulla on saatu tietoa siitä, millä alueilla esiintyy monimuotoista luontoa, jota on suojeltava öljyyntymiseltä. Lisäksi työn tulososiossa esitetään joidenkin luontoarvojen sijoittumista Saaristomerelle karttamuodossa.



## 2 TAUSTAA

### 2.1 Mistä öljyä tulee mereen

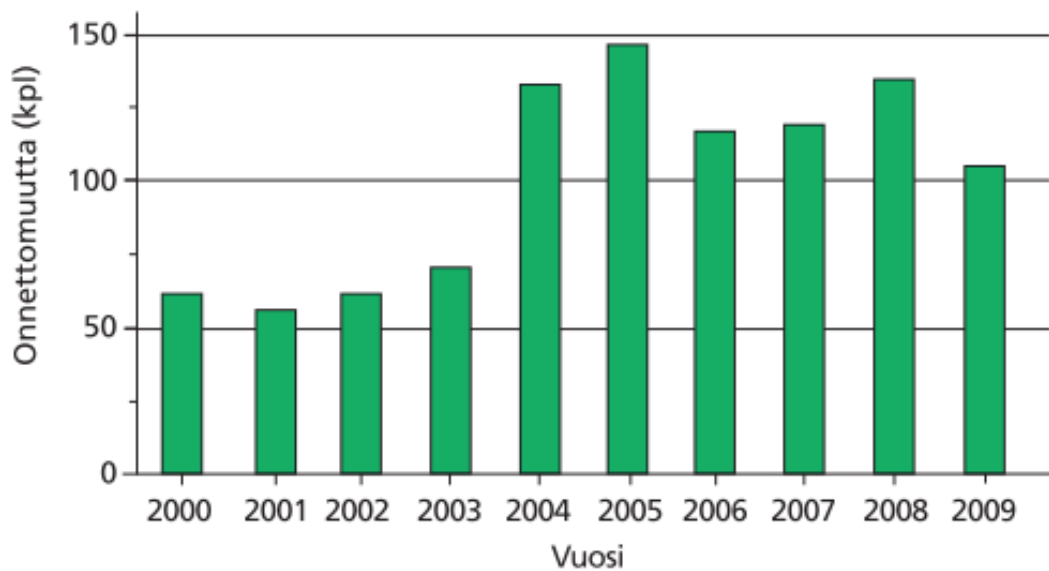
Öljyä tulee Itämereen eniten pienten jatkuvien öljypäästöjen myötä. Suurin osa päästöistä syntyy maalla esimerkiksi polttoainesäiliöiden tahallisuudesta tai puhdistuksesta. Myös veneiden tankkauksen ja kuljetuksen yhteydessä syntyy usein päästöjä. Noin 80 % Itämereen joutuvasta öljystä tulee pienten jatkuvien päästöjen myötä maalta, joista ja ilmasta. (Furman ym. 1998, 127; Lundberg ym. 2012, 25.) Lisäksi öljyä purkautuu luontaisesti mereen vedenalaisista lähteistä (Kuvio 1) (Keinänen ym. 2012, 13). Vain noin 10 % kaikista vuosittaisista öljypäästöistä tulee suurista öljyonnettomuuksista (Lundberg ym. 2012, 25).



Kuvio 1. Mereen joutuvien öljypäästöjen jakautuminen lähteittäin maailmassa vuosina 1990–1999 (Keinänen ym. 2012).

Itämerellä tapahtui vuonna 2009 alusonnettomuuksia 105, joista lähes joka viidennessä oli osallisena öljytankkeri. Kymmenen onnettomuutta aiheutti ympä-

ristön saastumista, kahdessa näistä oli osallisena tankkeri. Itämerellä keskimäärin 7 %:ssa onnettomuuksista aiheutuu ympäristön saastumista. (HELCOM 2011.) Alusonnettomuuksien määrä on kasvanut 2000-luvulla. Vuonna 2009 alusonnettomuudet vähenivät edellisvuosista, ja luku oli alhaisin sitten vuoden 2003 (Kuvio 2) (HELCOM 2011).

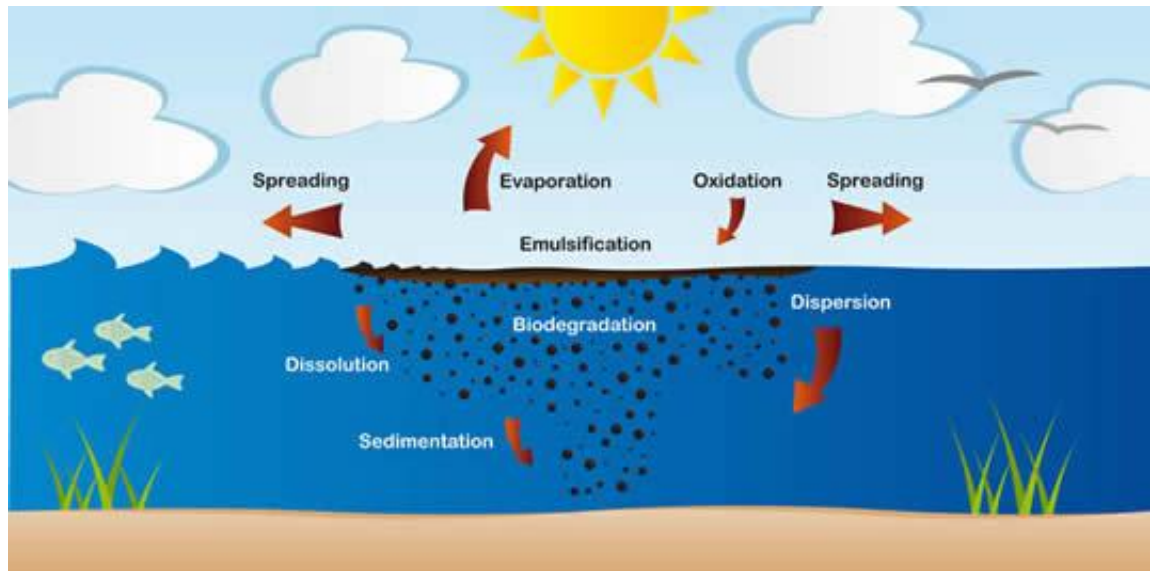


Kuvio 2. Alusonnettomuudet Itämerellä vuosina 2000–2009 (HELCOM 2011 & Keinänen ym. 2012).

Tahallisia öljypäästöjä Itämerellä havaittiin 178 vuonna 2009. Tahalliset öljypäästöt ovat vähentyneet Itämerellä viimeisten 20 vuoden aikana suuresti. Öljyjen ja öljyisten vesien mereen päästäminen on kielletty kansainvälisellä MARPOL 73/78 yleissopimuksella. (Keinänen ym. 2012, 11–12.)

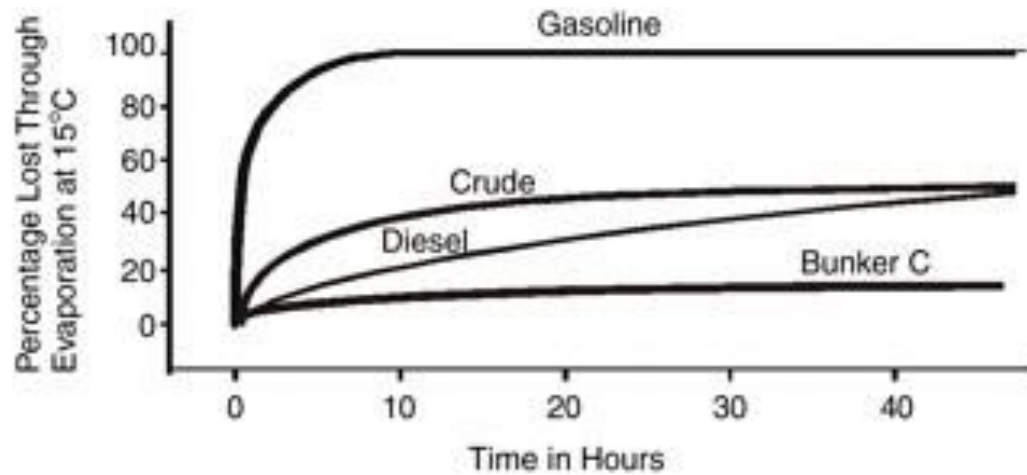
## 2.2 Öljyn käyttäytyminen vedessä

Öljyn käyttäytymismuotoja on kahdenlaisia. Öljyn muuntuminen eli ”säistyminen” (englanniksi weathering) ja öljyn liikkumiseen ympäristössä liittyvät prosessit (Kuva 1). (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 8.)



Kuva 1. Öljyn käyttäytymismuodot meriympäristössä: leviäminen (spreading), haihtuminen (evaporation), hapettuminen (oxidation), emulsion muodostus (emulsification), hajoaminen (biodegradation), dispersio ja sedimentoituminen (sedimentation) (ITOPF 2012).

Säilyminen tarkoittaa kaikkea biologisista, fysiologisista ja kemiallisista tekijöistä johtuvaa hajoamista ja muuntumista (Hakala 2010, 11). Haihtuminen (evaporation) on yleensä tärkein osa hajoamisprosesseja. Haihtumisella on suurin vaikutus veteen jäljelle jäävän öljyn määrään. Haihtuminen riippuu muun muassa öljyn tyypistä, sekä vallitsevasta lämpötilasta ja aallokosta. Kevyet öljyt haihtuvat nopeammin kuin raskaat öljyt, sekä korkeissa lämpötiloissa öljy haihtuu nopeammin kuin alhaisissa (Kuva 2). (National Research Council 2003, 90; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 8; Suomen ympäristökeskus 2012.)



Kuva 2. Erialaisten polttoaineiden haihtuminen 15 asteen lämpötilassa koeolosuhteissa. Testattuja öljyjä ovat kevyet öljyt bensiini (gasoline) ja diesel, raakaöljy (crude) ja raskas polttoöljy Bunker C (National Research Council 2003).

Muita öljyn muuntumisprosesseja ovat emulsion muodostus eli emulgoituminen (emulsification) ja dispersio. Emulgoitumisessa öljyyn sekoittuu pieninä pisaroina vettä, ja ne muodostavat ”suklaapuuromaisen” seoksen veden pinnalle. Emulsion tilavuus voi olla jopa viisinkertainen verrattuna alkuperäisen öljyn tilavuuteen. Dispersio on emulgoitumisen vastakkainen prosessi, jossa pieniä pisaroita öljyä sekoittuu veteen. (National Research Council 2003, 90; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 8.)

Muuntumisprosesseista biohajoamista (biodegradation) tapahtuu merissä, joissa on luontaisesti öljyä, ja joiden ekosysteemiin on kehittynyt öljyä syöviä bakteereita, kuten esimerkiksi Barentsinmerellä. Biohajoamista on tutkittu lähinnä valtamerissä, ei Itämeressä. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 8; Piia Leskinen 12.1.2012.)

Sedimentoituminen on prosessi, jossa öljyn raskaat osat vajoavat merenpohjaan ja sedimentoituvat. Öljyä voi myös sitoutua kiintoainepartikkeleihin, kuten hiekkaan, ja sedimentoitua tätä kautta. (Piia Leskinen 12.2.2012.)

Hapettuminen valon vaikutuksesta (englanniksi photooxidation) voi muuttaa öljyn koostumusta, kun riittävästi auringonvaloa osuu öljylauttaan ja saa hapen ja hiilen muodostamaan uusia tuotteita (IVL Swedish Environmental Research

Institute 2004, 8). Hapettuminen voi muodostaa öljystä tervamaisia palloja (National Research Council 2003, 89).

Öljyn liikkumismuotoja ovat öljyvuodon leviäminen meren pinnalle (spreading), tai sen uppoaminen jos se on tiheämpää kuin vesi (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 9).

## 2.3 Öljypäästön seurauksiin vaikuttavat tekijät

### 2.3.1 Öljyn tyyppi

Öljyn koostumus vaikuttaa oleellisesti sen käyttäytymiseen ympäristössä ja päästön vaurioiden laajuuteen. Koostumus määrää öljyn ominaisuudet, kuten tiheyden, viskositeetin ja liukoisuuden. (Piia Leskinen 12.1.2012.) Tiheyden perusteella öljyt jaetaan kevyisiin öljyihin, raakaöljyihin ja raskaisiin öljytuotteisiin (OILECO 2008, 9).

Kevyitä öljytuotteita käytetään muun muassa lämmityspolttoaineena, moottorien polttoaineena sekä voiteluaineina. Näitä ovat esimerkiksi diesel, bensiini ja kevyet polttoöljyt. Kevyet öljytuotteet ovat vesiluonnolle kaikkein myrkyllisimpiä: mitä kevyempää öljy on, sitä enemmän se sisältää myrkyllisiä yhdisteitä, mutta myös sitä nopeammin se haihtuu. Pääasiassa kevyet öljyt haihtuvat alle vuorokaudessa, joskus jopa vain muutamien tuntien kuluttua päästöstä. Esimerkiksi bensiini ja petroli voivat haihtua kokonaan muutamassa tunnissa (kuva 2). (OILECO 2008, 9; Bäck ym. 2010, 193; Keinänen ym. 2012, 14; Suomen ympäristökeskus 2012.)

Raakaöljyn koostumus ja ominaisuudet vaihtelevat suuresti. Raakaöljyssä on sekä kevyitä että raskaita öljyn osia. Raakaöljy leviää nopeasti meren pinnalle ja saattaa muodostaa vesi-öljyemulsion. Siitä vain pieni osa liukenee veteen, mutta liukoiset osat ovat yleensä myös myrkyllisimpiä. (Keinänen ym. 2012, 14; SYKE 2012; Piia Leskinen 12.1.2012.) Usein raakaöljy hapettuu ja muodostaa tervamaista massaa tai palloja (National Research Council 2003, 89).

Jalostettaessa raakaöljyä jalostusprosessin tislauksjäännösöljyä kutsutaan raskaaksi polttoöljyksi (SYKE 2012). Laivojen polttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä. Veteen joutuessaan raskas polttoöljy jähmettyy ja voi vajota vedenpinnan alle, jolloin sen kerääminen vaikeutuu. Raskaasta polttoöljystä haihtuu enimmillään vain 10 % ensimmäisten muutamien päivien aikana. (National Research Council 2003, 90; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004.)

### 2.3.2 Vuodenaika ja säätila

Vuodenajalla on suuri merkitys öljypäästön haitallisuuteen, sekä eliöiden ja elinympäristöjen herkkyyteen. Talvella kylmyys sekä päivänvalon vähyys haittaa öljyntorjuntaa. Jääpeite vaikeuttaa huomattavasti öljyn keräämistä ja öljyntorjunta-alusten liikkumista, sekä kylmyys hidastaa öljyn haihtumista. Öljyn poistaminen kylmästä ja jäisestä merivedestä on hankalaa, sillä kylmyyden myötä öljystä voi muodostua paksu kerros, jota ei pystytä poistamaan esimerkiksi pumpaamalla. Toisaalta talvella useat elinalueet eivät ole yhtä haavoittuvaisia koska biologinen aktiivisuus on alhainen. (Furman ym. 1998, 126-127; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 12, 34-35; Keinänen ym. 2012, 15; SYKE 2012.)

Keväällä eliöiden lisääntyminen sekä elinympäristö voi olla vaarassa öljyn takia (SYKE 2012). Vuodenajasta riippuen kalalajeja voi olla lisääntymässä matalissa rantavesissä ja kasvit voivat olla tuottamassa siemeniä. Kesällä lämpimämpi vesi vaikuttaa öljyn viskositeettiin, ja juoksevampana se voi levitä ja takertua kiintoainekseen helpommin. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 12.)

Tuuli ja aallokko nopeuttavat öljyn käyttäytymisprosesseja, kuten esimerkiksi dispersiota, jossa pieniä pisaroita öljyä sekoittuu veteen. Lisäksi aallokko nopeuttaa öljyn leviämistä. Öljyntorjuntatoimien onnistuminen riippuu paljon sääolosuhteista. Tuulinen ja myrskyinen sää, sekä huono näkyvyys aiheuttavat ongelmia öljyntorjunnassa. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 12, 35; Itämeriportaali 2012.)

### 2.3.3 Fysikaaliset ja kemialliset tekijät

Itämeri on matala (keskisyvyys hiukan päälle 50 metriä) ja vähävetinen sisämeri, jossa vesi vaihtuu hitaasti Tanskan salmien kautta. Itämerellä ei ole juurikaan vuoroveden vaihteluita. Lisäksi veden kerrostuneisuus estää esimerkiksi öljyä sekoittumasta koko vesimassaan. Näiden fyysisten piirteiden takia haitallisten aineiden pitoisuudet pysyvät korkeampina vedessä ja sedimenteissä. (Furman ym. 1998, 16–17; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 19–20; SYKE 2012.) Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO nimesi Itämeren erityisen herkäksi merialueeksi (Particularly Sensitive Sea Area, PSSA) vuonna 2005 (International Maritime Organization 2012).

Hapen ja ravinteiden määrä ja alhainen suolapitoisuus vaikuttavat öljyn hajoamiseen. Makeaa vettä Itämereen valuu 250 joesta, kun taas suolaista vettä virtaa vain Tanskan kapeiden salmien kautta. Jokisuistoissa vesi voi olla lähes makeaa. Murtoveden alhaisessa suolapitoisuudessa esimerkiksi öljyn dispersio on hitaampaa. (Furman ym. 1998, 18–19; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 20; Piia Leskinen 12.1.2012).

Itämerellä alhainen veden lämpötila syksystä kevääseen pitää öljyn hajoamisprosessit ja haihtumisen hitaana (SYKE 2012). Keskimääräinen veden lämpötila on 10 °C. Talvella jääpeite haittaa öljyntorjuntaa ja hidastaa öljyn haihtumista entisestään. (Furman ym. 1998, 126–127; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 19–20).

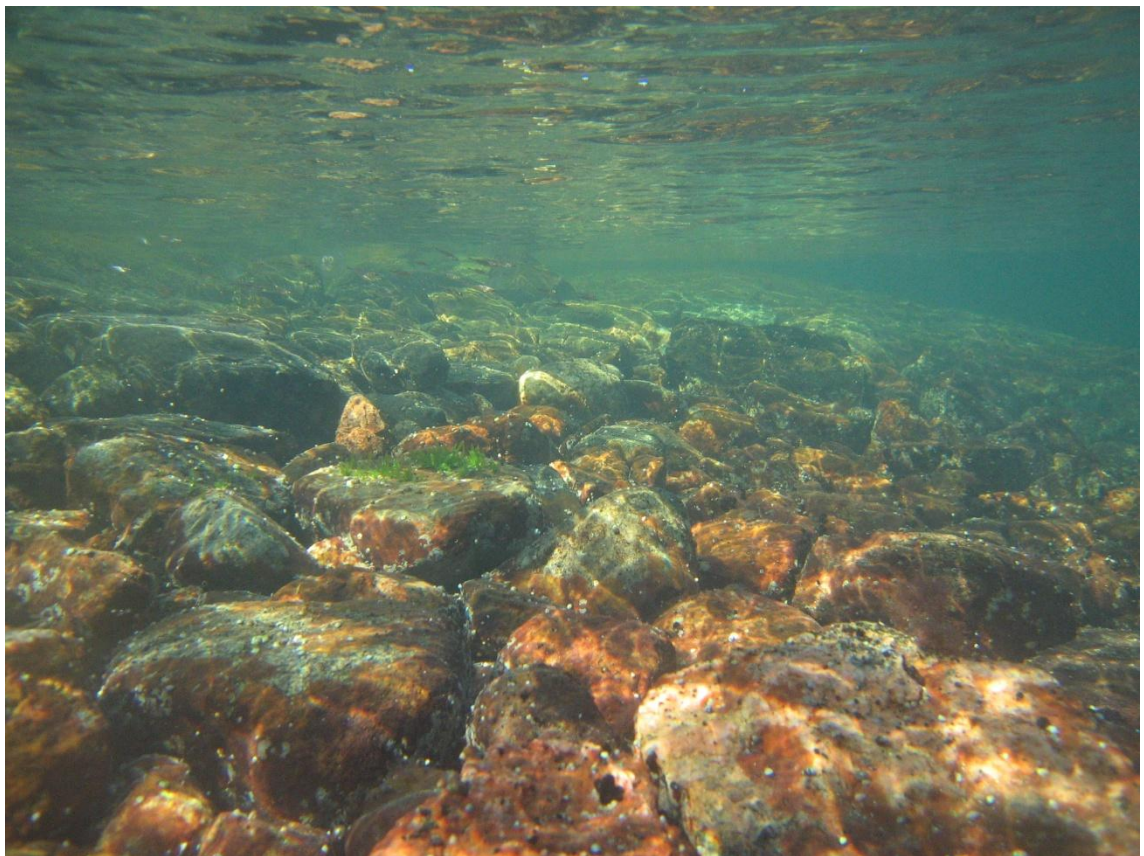
### 2.3.4 Saaristomeren ominaispiirteet

Saaristomeri on varsin omaleimainen alue Itämerellä. Sillä on runsaasti ranta- viivaa, yli 12000 kilometriä, ja saaria merellä on yli 22000. Saaristomeri on todella matala, keskisyvyys on vain 23 metriä. Lisäksi meri on läpivirtausaluetta. Itämereltä ja Suomenlahdelta virtaavat vesimassat kulkeutuvat sokkeloisen Saaristomeren kautta Selkämereen. Kuitenkin Saaristomerellä on paljon suojaisia ja matalia lahtia, sekä kapeita salmia, joissa veden virtaus ja vaihtuvuus on



heikkoa ja pohjamateriaali läpäisee öljyä. Tämän takia Saaristomeri on erittäin herkkä öljylle, sillä öljystä kärsiviä rantoja ja rantakasvillisuutta on paljon. (Kirkkala 1998, 5, 10; SYKE 2012; Piia Leskinen 12.1.2012.)

Matalissa ja suojaisissa vesissä öljy voi saavuttaa suurempia pitoisuuksia kuin avovedessä. Rantavesissä öljyn kohtalo riippuu kahdesta tekijästä: rannan suojaisuudesta (altistuminen tuulelle ja aalloille) ja rannan pohjamateriaalista. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 10–11.)



Kuva 3. Kivikkopohjaa (Metsähallitus 2005).

Avoimilla, tuulelle altistuvilla kalliorannoilla (Kuva 3) öljyn vaikutukset jäävät vähäisiksi, sillä öljy ei imeydy kallioon. Lisäksi kasvillisuus on usein niukkaa, ja aallot voivat huuhtoa öljyn rannalta takaisin mereen. Rannan suojaisuuden kasvaessa todennäköisyys öljyn pysymiseen rannalla kauemmin lisääntyy. Lisäksi suojaisuuden kasvaessa myös kasvibiomassa kasvaa, sekä sen kyky sitoa öljyä.



yyä. Suojaisimmat rannat ovat tyypillisesti kerrostuneita, kasvillisuuden peittämiä ja mutaisia rantoja, ja niiden kyky sitoa öljyä on tehokkain. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 10–12; OILRISK & NANNUT 2012, 6.)

Öljy ei tunkeudu helposti veden alla paikallaan olevaan hienoon hiekkaan ja mutaan. Toisaalta rannat, jotka koostuvat vapaasti veden mukana liikkuvasta hiekasta, sorasta tai kivistä ovat huokoisia, ja öljy tunkeutuu niihin helposti. Hiekanjyvät voivat adsorboida (=sita pinnallensa) öljyn ja se voi siten säilyä sedimentissä vuosia. Lisäksi öljyn tunkeutuminen sedimenttiin, esimerkiksi simpukankolojen ja kasvien juurten tekemien kolojen kautta, voi aiheuttaa sedimentin muuttumisen anaerobiseksi. Tämä puolestaan voi lisätä sisäistä kuormitusta: erilaisiin pohjan yhdisteisiin sitoutuneet ravinteet, sekä mahdolliset raskasmetallit ja ympäristömyrkyt voivat liueta takasin kiertoön. Anaerobisessa sedimentissä öljyn hajoaminen tapahtuu hyvin hitaasti ja tämä voi haitata kasvien leviämistä takaisin alueelle. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 12; OILRISK & NANNUT 2012, 6; SYKE 2012.)

## 2.4 Öljyn vaikutuksia vedenalaisluontoon

Öljyn vaikutukset eliöille voidaan jakaa karkeasti välittömiin ja pitkäaikaisiin vaikutuksiin. Eliöitä kuolee välittömästi tukahtumisen, tahriintumisen ja myrkytyksen kautta. Aina altistuminen ei kuitenkaan johda kuolemaan, vaan voi vaikuttaa pitkällä aikavälillä. Nämä subletaalit muutokset voivat vaikuttaa eliön vastustuskyvyn heikkenemiseen, kasvun hidastumiseen tai lisääntymiskyvyn huononemiseen. Lisäksi elinympäristön tuhoutuminen todennäköisesti vaikuttaa eliön menestykseen. (OILECO 2008, 9; Bäck ym. 2010, 193.)

Öljyn myrkyllisimmät yhdisteet ovat PAH-yhdisteitä eli polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä. Kivihiiliperäiset öljyt, raakaöljyt, diesel- ja polttoöljyt ja käytetyt öljyt sisältävät PAH-yhdisteitä. Meriympäristössä PAH-yhdisteet luetaan vaarallisimpiin aineisiin. Useat PAH-yhdisteet (karsinogeenit ja mutageenit) aiheuttavat syöpää ja perimän muutoksia, sekä ovat vaaraksi eliöiden lisääntymiselle. Erään PAH-yhdisteen, bentso[a]pyreenin, on todettu vaikuttavan aaltorumpuka-

lanaaraiden (*Micropogonias undulatus*) munasarjojen kehitykseen. Lisäksi naf-taleenin ja dieselöljyn vesiliukoisen fraktion (WSF) on tutkittu vaikuttavan aalto-rumpukalanaaraiden sukukypsyyden saavuttamiseen. (Thomas 1988, Thomas & Budiantara 1995, Nurmen 2000, 34 mukaan; Työterveyslaitos 2005; OILECO 2008, 9; Helsinki Commission 2010, 43; Työterveyslaitos 2010; Tyynelä 2011, 3.)

Tässä työssä käsitellään öljyn vaikutuksia pääasiassa veden alla olevaan me-rieliöstöön, johon on otettu mukaan pohjaeläimet, vesikasvillisuus sekä kalasto.

#### 2.4.1 Öljyn vaikutukset kaloihin

Itämeren erityisolosuhteet, kuten murtovesi ja lämpötilan vaihtelut, aiheuttavat kaloille lisästressiä, jonka ansiosta kalat saattavat olla herkempiä myrkyllisille yhdisteille (Keinänen ym. 2012, 18).

Öljyn vaikutukset kaloihin rajoittuvat pääasiassa mätiin ja kalanpoikasiin. Mäti ja poikaset altistuvat todennäköisemmin öljylle kuin aikuiset kalat, sillä aikuiset voivat tehokkaasti välttää öljylauttaa siirtymällä tahriintuneelta alueelta muualle. Mäti ja kalanpoikaset ovat hyvin herkkiä jo vähäisille pitoisuuksille öljyä. Jos öljy ajelehtii mädin päälle, mäti tuhoutuu. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 24–25; OILECO 2008, 10; Bäck ym. 2010, 193; OILRISK & NANNUT 2012, 10.)

Öljyperäisillä yhdisteillä ja öljyillä on karsinogeenisiä eli syöpää aiheuttavia vai- kutuksia, teratogeenisiä eli epämuodostumia aiheuttavia vaikutuksia, sekä vai- kutuksia perimään. Ne haittaavat lisääntymistä, yksilönkehitystä ja fysiologisia prosesseja (energia-aineenvaihduntaa, hormonitoimintaa, kasvua, hengitystä, osmoregulaatiota ja immuunipuolustusta). PAH-yhdisteet metaboloituvat, eli muuttuvat aineenvaihdunnassa uusiksi yhdisteiksi, kaloissa nopeasti, päivissä, mutta yleensä syntyneet yhdisteet (metaboliitit) voivat olla emo-PAH-yhdisteitä myrkyllisempiä ja saattavat ravinnon mukana kertyä kaloihin. (Keinänen ym. 2012, 19, 22.)

Kalanpoikasille öljyn myrkylliset osat voivat aiheuttaa kasvun hidastumista ja estymistä, sekä niiden on tutkittu vaikuttavan elinkykyyn aiheuttamalla kuolleisuutta, kasvaimia, painon vähenemistä ja immuniteetin heikkenemistä (Keinänen ym. 2012, 20–21).

Avovedessä elävät lajit voivat toipua öljypäästöistä nopeammin kuin pohjalla tai rannikkovesissä viihtyvät lajit. Joidenkin lajien mäti ja poikaset kehittyvät lähellä pintaa, jossa öljylautan myrkyllisimmät osat sijaitsevat. Esimerkiksi turskan ja silakan poikaset oleskelevat lähellä pintaa, ja ovat näin alttiina öljylle. Toisaalta muun muassa kampelan poikaset viettävät ensimmäiset elinvuotensa matalilla hiekkapohjilla, jolloin ne ovat erityisen alttiina öljylle. (Koli 2002, 83, 150; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 24-25; Bäck ym. 2010, 193; OILRISK & NANNUT 2012, 10; Keinänen ym. 2012, 37.)



Kuva 4. Kampela viihtyy pohjan läheisyydessä ja voi altistua pitkäaikaisille haittavaikutuksille jos myrkylliset yhdisteet kertyvät sedimenttiin.

Pohjan läheisyydessä elävät kalat, kuten kampelat (Kuva 4), voivat altistua öljylle kroonisesti, jos pohjan sedimentit ovat saastuneet. (Koli 2002, 149–150; IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 24–25). Krooninen altistus eli pitkäaikainen altistuminen öljyn myrkyllisille osille on todennäköisesti haitallisinta kaloille. Kroonisen altistuksen, esimerkiksi saastuneiden pohjasedimenttien kautta, on tutkittu vaikuttavan haitallisesti aineenvaihduntaan, kasvuun, lisääntymiseen ja elossa säilymiseen vielä vuosikymmeniä itse öljypäästön jälkeen (Peterson 2001, OILECO:n 2008, 11 mukaan; Keinänen ym. 2012, 18–29). Alkioissa kroonisen altistuksen veden kautta on tutkittu aiheuttavan kuolemia, epämuodostumia, aktiivisuuden heikentymistä sekä kasvun ja kehityksen heikentymistä (Keinänen ym. 2012, 20–21.)

Usealle kalalajille selkärangattomat ovat tärkeä ravinnonlähde, ja öljyyntymisen kautta muutokset niiden populaatioissa voivat heikentää kalojen ravintotilannetta (OILRISK & NANNUT 2012, 10).

#### 2.4.2 Öljyn vaikutukset pohjaeläimiin

Öljy voi aiheuttaa pohjaeläinten tukahtumisen tai myrkyttymisen (Wessex Institute of Technology 2008, 102). Pohjaeläinten herkkyys öljylle vaihtelee suuresti, muun muassa monet äyriäiset ovat herkkiä öljylle. Kaikista herkimpiä pohjaeläimiä ovat katkat. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 26; OILECO 2008, 10; Bäck ym. 2010, 198.) Toisaalta nivelmatoihin kuuluvat monisukasmadot (*Polychaeta*) voivat sietää öljyyntymistä huomattavan hyvin (OILECO 2008, 10).

Simpukat ja kotilot voivat kestää öljyyntymistä lyhyen aikaa sulkemalla kuorensa, mutta paksut öljykerrokset tukahduttavat ne. Liikkuvat pohjaeläimet, kuten äyriäiset, voivat yrittää paeta syvempiin vesiin. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 25–26.)

Perustajakasvilajin menetyksellä on suuri vaikutus pohjaeläinyhteisöön elinympäristön muutoksen kautta. Vaikutukset ovat suurimmat alueilla, joissa perustajalajia, esimerkiksi rakkolevää, esiintyy suurina tiheyksinä. Perustajalajilla tarkoi-

tetaan kasvilajia, joka on tärkeä koko ekosysteemille ja sen eliöille. Esimerkiksi rakkolevävyöhykkeessä elää lukuisia leviä ja eläimiä, kuten katkoja, siiroja, matoja ja kotiloita sekä kalanpoikasia, jotka saavat rakkolevistä suojaa, asuinpaikan tai ravintoa. (Furman ym. 1998, 40–41; OILECO 2008, 12–13).

#### 2.4.3 Öljyn vaikutukset kasveihin

Öljy ei aina tartu suurikokoisiin vesikasveihin niiden pinnalla olevan limakalvon takia. Jos öljy tarttuu kasveihin, se voi aiheuttaa niille liikapainoa ja johtaa kasvin irtoamiseen pohjasta aaltojen vaikutuksesta. (IVL Swedish Environmental Research Institute 2004, 29.)

Öljy tarttuu lehtien pinnoille estäen haihduttamista, yhteyttämistä ja ilmanvaihtoa, ja voi siten tukahduttaa kasvin. Putkilokasvit vaikuttavat olevan herkimpiä öljylle kasvukauden aikana. (OILECO 2008, 10; SYKE 2012.) Yksivuotisille kasveille öljy on pääasiassa vahingollisempaa kuin monivuotisille, sillä ne kuolevat yleensä kokonaan, mutta ne saattavat palautua rannalle lähialueilta leviävien siementen ansiosta. Monivuotiset kasvit voivat selvitä maanalaisten juurtensa ansiosta, mistä ne voivat kasvattaa uusia versoja. (OILECO 2008, 10; OILRISK & NANNUT 2012, 7.)

Öljystä voi imeytyä kasviin myrkyllisiä PAH-yhdisteitä. Ne voivat kulkeutua kasviin lehtien ilmarakojen kautta tai soluseinien läpi, ja voivat aiheuttaa kasvuhäiriöitä ja soluvaurioita kasvissa. (OILECO 2008, 9-10; OILRISK & NANNUT 2012, 6; SYKE 2012.)

#### 2.5 Saaristomeren öljykuljetukset

Pohjanlahden, Saaristomeren ja Ahvenanmeren alueen öljyliikenne on vilkasta. Suurin osa liikenteestä on öljyn tuontia ulkomailta Suomeen. Noin 90 % öljytankkereista alueella liikennöi Suomen satamista tai Suomen satamiin. Suurin osa tuodusta öljystä tulee muualta ulkomailta kuin Ruotsista. (Hänninen 2010, 13.) Pohjanlahden Suomen puoleisissa satamissa käsiteltiin vuonna 2005 yli 25

miljoonaa tonnia raakaöljyä ja öljytuotteita. Raakaöljyä tuodaan Naantaliin, muuten öljykuljetukset ovat pääasiassa öljytuotteiden tuontia ja kuljetusta. (Hänninen 2010, 13-14; Neste Oil 2012.)

Taulukko 1. Öljykuljetukset Saaristomeren ja Ahvenanmeren satamissa 2005, ulkomaan ja kotimaan liikenne (Hänninen 2010).

Satama	Tuonti tonnia	Vienti tonnia	Yhteensä tonnia
<b>Turku</b>	<b>381 839</b>	<b>0</b>	<b>381 839</b>
<b>Naantali</b>	<b>2 730 359</b>	<b>1 259 869</b>	<b>3 990 228</b>
<b>Maarianhamina</b>	<b>9 378</b>	<b>0</b>	<b>9 378</b>
<b>Långnäs</b>	<b>1 173</b>	<b>0</b>	<b>1 173</b>
<b>Muu Ahvenanmaa (vain kotimaan liikennettä)</b>	<b>11 616</b>	<b>0</b>	<b>11 616</b>
			<b>4 394 234</b>

Etenkin juuri Saaristomerellä öljyliikenne on vilkasta. Selvästi suurin öljysatama Saaristomeren ja Ahvenanmeren alueella on Naantalin öljysatama (Taulukko 1). Naantaliin tuodaan raakaöljyä öljyjalostamolle. Neste Oilin (entinen Neste Oy) omistama Naantalin öljyjalostamo perustettiin jo vuonna 1957. Vuonna 1962 sen kapasiteettia kasvatettiin 800 000 tonnista 2,5 miljoonaan tonniin. (Hänninen 2010, 13; Neste Oil 2012.)

Vuosina 2005 - 2010 Naantalin sataman öljykuljetukset ovat olleet määriltään noin 3,7 miljoonan tonnin ja 4,6 miljoonan tonnin välillä. Suurimmillaan öljykuljetusten määrä on ollut vuonna 2007 (noin 4,6 miljoonaa tonnia), sekä vuosina 2008 ja 2010 (noin 4,5 miljoonaa tonnia). Vuonna 2011 nestemäisiä irtolasteja kuljetettiin 4,39 miljoonan tonnin edestä. Näistä suurin osa on öljykuljetuksia. (Naantalin satama 2008, 2009 & 2010; Hänninen 2010, 13–15; Vainiala 2012.)

## 2.6 Vedenalaisluontoarvoja Saaristomerellä

### 2.6.1 Luontodirektiivin mukaiset vedenalaiset luontotyytit

Euroopan Unionin luontodirektiivin (Neuvoston direktiivi 92/43/ETY) liitteessä I on lueteltu yhteisön tärkeinä pitämiä luontotyyttejä. Ne ovat luontotyyttejä joiden levinneisyysalue on pieni tai jotka ovat vaarassa hävitä, tai jotka ovat edustavia esimerkkejä kyseisen luonnonmaantieteellisen alueen piirteistä. Luontodirektiivi edellyttää, että jäsenmaat perustavat suojelukohteita luontotyyppien säilymisen turvaamiseksi eurooppalaiseen suojelualueverkkoon, nimeltään Natura 2000. (Euroopan neuvoston direktiivi 21.5.1992/92/43/ETY; Airaksinen & Karttunen 2001, 5-7; SYKE 2012.)

Merialueilla esiintyviä vedenalaisluontoarvoja sisältäviä luontotyyttejä on rannikkoalueillamme seitsemän. Näitä ovat vedenalaiset hiekkasärkät, jokisuistot, rannikon laguunit, laajat matalat lahdet, riutat, Itämeren harjusaaret ja niiden hiekka-, kallio- ja kivikkorantojen kasvillisuus sekä vedenalainen kasvillisuus ja Itämeren boreaaliset kapeat murtovesilahdet. (Airaksinen & Karttunen 2001, 11–32.)

Näistä rannikon laguunit eli fladat, kluuvijärvet ja laguuninomaiset lahdet ovat ensisijaisesti suojeltavia eli priorisoituja luontodirektiivin luontotyyttejä. (Airaksinen & Karttunen 2001, 5-33.) Lisäksi luonnontilaiset enintään kymmenen hehtaarin suuriset fladat ja kluuvijärvet ovat vesilailta suojeltuja (Raunio ym. 2008, 11).

### 2.6.2 Uhanalaiset luontotyytit ja vastuuluontotyytit

Suomen luontotyyppien uhanalaisuutta on arvioitu asiantuntijoiden toimesta vuonna 2008 ilmestyneessä Suomen luontotyyppien uhanalaisuus -kirjassa. Mukana arvioinnissa on 12 Itämeren vedenalaista luontotyyppiä. Johtuen Suomen merialueiden välisistä suurista eroista muun muassa veden suolapitoisuudessa, geomorfologiassa ja kasvukauden pituudessa, merialueet jaettiin viiteen



osa-alueeseen. Kullekin alueelle tehtiin oma uhanalaisuusarvio. (Raunio ym. 2008, 9, 35–40.)

Tässä työssä tarkastellaan Saaristomerta. Tarkastelussa on keskitytty alueella uhanalaisiin luontotyyppihin. Tämän lisäksi huomioidaan koko Suomen rannikkoalueella uhanalaiseksi luokitellut luontotyypit sekä valtakunnallisesti tärkeät luontotyypit. Lisäksi huomioidaan Suomen kansainväliset vastuuluontotyypit.



Kuva 5. Rakkolevää (*Fucus vesiculosus*).

Ahvenanmaalla ja Saaristomeren alueella äärimmäisen uhanalaiseksi luontotyyppiä on luokiteltu kivikko- ja kalliopohjien rakkoleväyhteisöt. Rakkoleväyhteisöt ovat Itämeren ekosysteemin tärkeimpiä luontotyyppijä. Rakkolevä (*Fucus vesiculosus*) (kuva 5) on perustajalaji, jonka ympärille koko eliöyhteisö rakentuu. Rakkolevä antaa ravintoa ja suojaa useille eri eliöille. Rakkolevävyöhykkeessä esiintyy tyypillisesti muun muassa useita eri levälajeja. Esimerkiksi rak-



kolevántupsu (*Elachista fucicola*) elää ainoastaan rakkolevän päällyskasvina eli epifyytinä. Rakkolevän päällä kasvaa usein myös sinisimpukkaa ja merirokkoa. Useat kalalajit, muun muassa kiviniilka, silo- ja särmäneula ja kolmipiikki, sekä kalojen poikaset, muun muassa hauenpoikaset, viihtyvät rakkolevävyöhykkeessä. Rakkoleväyhteisössä elää myös useita selkärangattomia eliöitä, esimerkiksi katkoja, siiroja, matoja ja kotiloita. (Furman ym. 1998, 40–41; Raunio ym. 2008, 21–22; Under ytan – Pinnan alla 2012.)

Viime vuosikymmeninä rakkoleväyhteisöt ovat vähentyneet suuresti Suomen rannikkoalueilla. Saaristomerellä rakkolevän tilanne on huonoin. Rakkolevän uhkatekijöitä ovat rehevöityminen sekä ilmastonmuutos, joka saattaa aiheuttaa suolapitoisuuden alenemista. Pohjois-Itämeri on rakkolevälle marginaalista levinneisyysaluetta suolapitoisuuden vuoksi, sillä se vaatii 3-4 promillen suolapitoisuuden. Rakkoleväyhteisöt ovat siirtyneet lähemmäksi pintaa rehevöitymisen ja veden samentumisen takia. Tämän vuoksi ne altistuvat herkemmin esimerkiksi myrskyjen, jään tai öljynpäästön aiheuttamille tuhoille. (Raunio ym. 2008, 21–22; Under ytan – Pinnan alla 2012.)

Kivikko- ja kalliopohjien rakkoleväyhteisöt sisältyvät EU:n luontodirektiivin luontotyyppiin riutat. Lisäksi ne kuuluvat Suomen kansainväliseen vastuuluontotyyppiin Itämeren kalliopohjat. (Raunio ym. 2008, 22; SYKE 2012.)



Kuva 6. Meriajokasyhteisöä (Metsähallitus 2005).

Erittäin uhanalaisiksi luontotyypeiksi on luokiteltu meriajokasyhteisöt ja punaleväyhteisöt. Meriajokasyhteisöt kasvavat hiekkavaltaisilla pohjilla suhteellisen avoimilla alueilla. Meriajokkaan (*Zostera marina*) (Kuva 6) joukossa kasvaa usein myös muita putkilokasveja, muun muassa hapsikkaa, hauroja, vitoja sekä näkinpartaisia. (Furman ym. 1998, 42–43; Koli 2002, 132; Raunio ym. 2008, 24–25; Under ytan – Pinnan alla 2012.) Tämä on epätavallista vedenalaisille niityille, sillä oikeastaan vain trooppisissa vesissä voi samalla niityllä kasvaa 5-6 putkilokasvilajia (Under ytan – Pinnan alla 2012).

Meriajokkaat Pohjois-Itämerellä ovat perimältään ainutlaatuisia ja niiden geneettinen monimuotoisuus on erittäin alhainen. Ne lisääntyvät suvuttomasti, joten ne muodostuvat klooneista. Jos esimerkiksi öljyonnettomuus hävittää koko kloonin, se tuskin koskaan kasvaa enää takaisin alkuperäiselle paikalle. Meriajokasniityt ovat myös tärkeitä hiilinielujä. Ne stabiloivat pohjasedimenttiä, sitovat ravinteita sekä tarjoavat elinympäristön suurelle joukolle eliöitä. Meriajokasyhteisössä viihtyviä selkärangattomia ovat muun muassa madot, simpukat, lieju- ja levä-

katka, sukkulakotilot, leväsiirat ja merietanat. (Furman ym. 1998, 42–43; Koli 2002, 132; Raunio ym. 2008, 24–25; Under ytan – Pinnan alla 2012.) Meriajokasniittyjen uhkatekijöitä ovat muun muassa rehevöityminen, eli heikentynyt näkösyvyys ja varjostavat rihmalevät, öljypäästöt ja meriliikenne (Raunio ym. 2008, 24–25; Raunio ym. 2008, 39–40; Under ytan – Pinnan alla 2012).

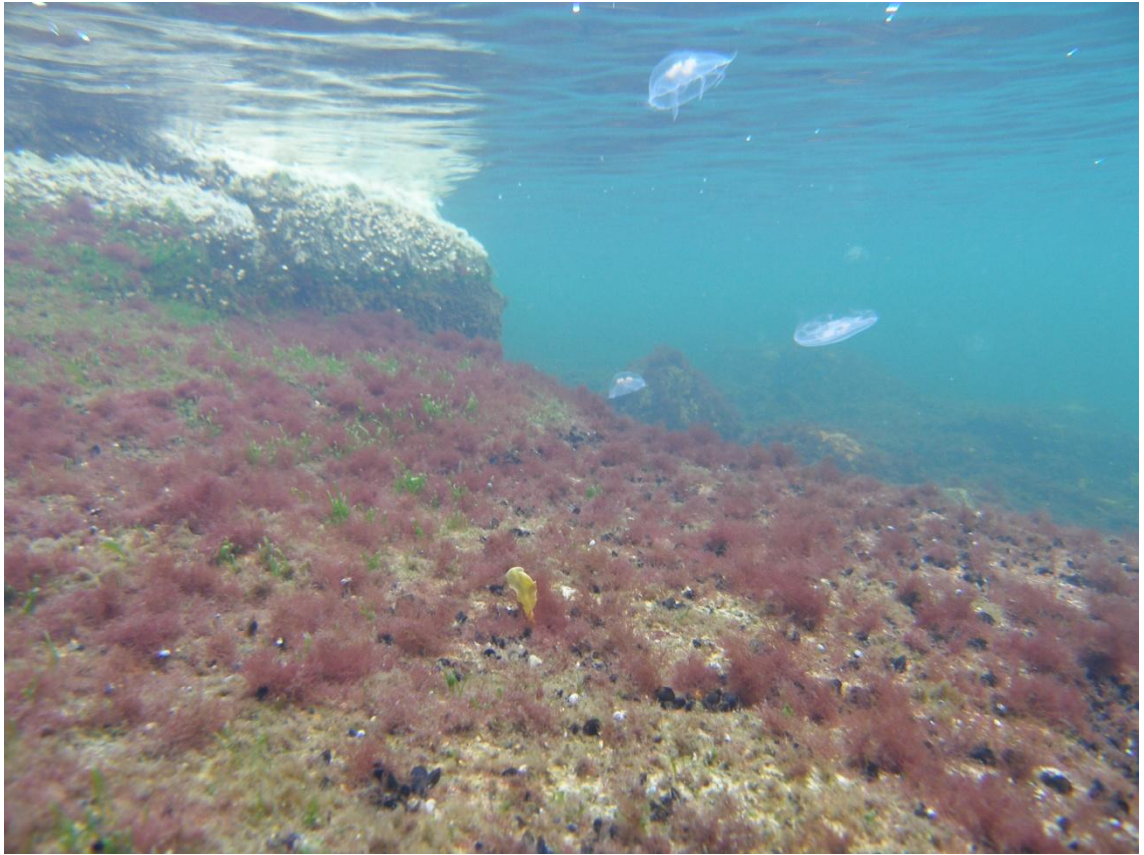


Kuva 7. Särmäneula (*Syngnathus typhle*) (Metsähallitus 2005).

Meriajokasyhteisölle tyypillisiä kaloja ovat erikoiset neulakalat (Kuva 7). Lisäksi monet kalalajit viettävät nuoruusvaiheensa siellä. (Koli 2002, 132; Raunio ym. 2008, 24–25; Under ytan – Pinnan alla 2012.)

Meriajokasyhteisöt sisältyvät luontodirektiivin luontotyyppiin vedenalaiset hiekkasärkät. Lisäksi meriajokasniityt on Suomen kansainvälinen vastuuluontotyyppi. (Raunio ym. 2008, 231; Raunio ym. 2008, 25.)





Kuva 8. Punalevävyöhyke (Metsähallitus 2007).

Erittäin uhanalaiseksi Saaristomerellä luokiteltu punalevävyöhyke (Kuva 8) sijaitsee kalliopohjilla rakkolevävyöhykkeen alapuolella (5-10 metriä pinnasta). Se on melko monimuotoinen vyöhyke. Yhteisön yleisiä valtalajeja ovat haarukkalevä (*Furcellaria lumbricalis*), punahelmilevä (*Ceramium tenuicorne*) sekä punalevät *Phyllophora pseudoceranoides* ja *Coccotylus truncatus*. Punalevien joukosta löytyy paikoin myös ruskoleviä, ja usein runsaasti muun muassa sinisimpukkaa, merirokkoa, kotiloita ja leväsiroja. Punaleväyhteisöt ovat tärkeimmän talouskalamme silakan (*Clupea harengus membras*) merkittäviä kutualustoja. Punaleväyhteisöjen esiintymisen painopiste on Saaristomerellä. (Koli 2002, 102–103; Raunio ym. 2008, 23–24; Under ytan – Pinnan alla 2012.)

Punaleväyhteisöjen esiintymisen painopiste on Saaristomerellä, mutta Saaristomerellä niiden tilanne on nykytietämyksen mukaan myös heikoin (Raunio ym.

2008, 23–24). Punalevâyhteisöjen uhkatekijöitä ovat muun muassa rehevöityminen ja siitä aiheutuva vesien samentuminen, ilmastonmuutos ja ruoppaukset. Suolapitoisuus rajoittaa punalevien levinneisyyttä. (Raunio ym. 2008, 23–24; Under ytan – Pinnan alla 2012.)

Punalevâyhteisöt kuuluvat luontodirektiivin luontotyyppiin riutat. Lisäksi ne kuuluvat vastuuluontotyyppiin Itämeren kalliopohjat. (Raunio ym. 2008, 231; Raunio ym. 2008, 24.)

Vaarantuneita luontotyyppejä Ahvenanmaan ja Saaristomeren alueella ovat sublitoraalin rihmalevâyhteisöt sekä valoisan kerroksen pohjaeläinyhteisöt. Silmälläpidettäviä luontotyyppejä tällä alueella ovat sinisimpukkayhteisöt ja valoisan kerroksen alapuoliset pohjaeläinyhteisöt. Neljä luontotyyppiä (palleroahdinpartayhteisöt, uposkasvivaltaiset pohjat, näkinpartaisniityt ja vesisammalyhteisöt) on luokiteltu puutteellisesti tunnetuiksi, koska niitä koskevat tiedot eivät riittäneet uhanalaisuusarvion tekemiseen. (Raunio ym. 2008, 16, 39–40)

Sinisimpukkayhteisöt sijaitsevat 1-20 metrin syvyydessä pääosin kovilla pohjilla. Suurimmat tiheydet löytyvät Saaristomeren ja Suomenlahden uloimmilta alueilta, joissa suolapitoisuus on lajin esiintymiselle riittävä, vähintään 5 promillea. Ne muodostavat ainoan kolmiulotteisen habitaatin syvyysvyöhykkeistä alimpana, levävyöhykkeen alapuolella. Ne ovat hyvin monimuotoisia yhteisöjä, sillä ne toimivat suojana ja ravintona monille muille lajeille. Muun muassa särjelle (*Rutilus rutilus*), muille särkikaloille, kampelalle sekä haahkalle sinisimpukat ovat tärkeä osa ravintoa. (Raunio ym. 2008, 43; Raunio ym. 2008, 28–29; Snickars, 2012.)



Kuva 9. Sinisimpukka (*Mytilus edulis*) (Metsähallitus 2007).

Sinisimpukat (Kuva 9) muodostavat useiden punalevien kanssa eliöyhteisön, jonka yksilörunsaus ja monimuotoisuus ja on verrattavissa rakkoleväyhteisöön. Lisäksi sinisimpukat toimivat ”pienpuhdistamoina”: ne suodattavat vettä ja ravintoa ympäristöstään, ja näin sinisimpukkaan kertyy muun muassa pysyviä myrkyllisiä yhdisteitä vedestä. Arvioiden mukaan Itämeren sinisimpukat suodattavat vuoden aikana Itämeren tilavuuden verran vettä. Sinisimpukayhteisöille öljypäästöjen kemialliset haittavaikutukset ovat merkittävä uhka. (Raunio ym. 2008, 43; Raunio ym. 2008, 28–29; Snickars, 2012.)

Sinisimpukayhteisöt voivat sisältyä luontodirektiivin luontotyyppiin riutat ja vedenalaiset hiekkasärkät. Lisäksi ne sisältyvät Suomen vastuuluontotyyppiin Itämeren kalliopohjat. (Raunio ym. 2008, 29.)

Koko Suomen rannikkoalueella erittäin uhanalaisia luontotyyppiä ovat meriajo-kasyhteisöt, näkinpartaisniityt ja punaleväyhteisöt (Raunio ym. 2008, 39–40). Tarkasteltavalla alueella nämä luontotyypit on arvioitu pääasiassa joko erittäin

uhanalaisiksi tai puutteellisesti tunnetuiksi. Kivikko- ja kalliopohjien rakkoleväyhteisöt on koko Suomen alueella arvioitu vaarantuneiksi. (Raunio ym. 2008, 39–40).

Näkinpartaisniittyjä esiintyy sekä avoimilla että suojaisilla hiekkapohjilla. Ne ovat monilajisia, ja eri näkinpartaislajien seassa voi kasvaa myös putkilokasveja. Näkinpartaisniityillä on tärkeä ekologinen merkitys. Ne sitovat itseensä maalta tulevia ravinteita sekä niiden seassa viihtyvät selkärangattomat ja kalanpoikaset. Lisäksi ne toimivat kutualueina muun muassa hauella ja ahvenelle. Näkinpartaisniityiltä voi löytyä erittäin uhanalaiseksi luokiteltua piikkinäkinpartaa (*Chara horrida*) tai vaarantuneiksi luokiteltuja silonäkinpartaa (*Chara braunii*) tai tähtimukulapartaa (*Nitellopsis obtusa*). Näkinpartaisniityt voivat sisältyä luontodirektiivin luontotyyppeihin vedenalaiset hiekkasärkät, rannikon laguunit (fladat ja kluuvit), ja laajat matalat lahdet. (Raunio ym. 2008, 231; Raunio ym. 2008, 26–27; Rassi ym. 2010, 204–207; Snickars, 2012; Under ytan – Pinnan alla 2012.)

Näkinpartaisniityt on luokiteltu koko Suomen tasolla erittäin uhanalaiseksi luontotyyppiksi (Raunio ym. 2008, 39–40). Näkinpartaisniittyjä uhkaavat rehevöityminen (Kuva 10), ruoppaukset ja laivaliikenteen kasvu. Näkinpartaisilla ei ole juuria, vaan ne kiinnittyvät hienoainespohjaan juurtumahapsien avulla, ja näkinpartaisille voi olla tuhoisaa jos virtaukset muuttuvat esimerkiksi ruoppausten tai laivaliikenteen seurauksena. Näkinpartaiset arvioitiin Suomen tasolla erittäin uhanalaisiksi, koska niistä on tietoa vain muutamilta alueilta. (Raunio ym. 2008, 26–27; Under ytan – Pinnan alla 2012.) Lisäksi rehevöitymisen seurauksena pohjien laadun huononeminen Itämerellä vaikuttanee näkinpartaisten levinneisyyteen. Rehevöitymisen aiheuttama veden samentuminen sekä pohjien liettyminen ja hapettomuus ovat merkittäviä uhkatekijöitä näkinpartaisille (Raunio ym. 2008, 26–27; Under ytan – Pinnan alla 2012). Myös veden suolapitoisuus vaikuttaa näkinpartaisten levinneisyyteen (Raunio ym. 2008, 26).





Kuva 10. Rehevöitymisestä kärsivää merenpohjaa (Metsähallitus 2007).

Luontotyypeistä meriajokasyhteisöt ja näkinpartaisniityt ovat Suomen kansainvälisiä vastuuluontotyyppisiä. Lisäksi Suomen kansainvälinen vastuuluontotyyppi Itämeren kalliopohjat sisältää luontotyypit: hydrolitoraalin ja sublitoraalin rihmaleväyhteisöt, kallio- ja kivikkopohjien rakkoleväyhteisöt, punaleväyhteisöt, sinisimpukkayhteisöt sekä osittain myös palleroahdinpartayhteisöt ja vesisammalyhteisöt. Tämä tarkoittaa, että Suomella on suuri vastuu näiden luontotyyppien säilyttämisestä Euroopan alueella. Vastuuluontotyyppi voi perustua siihen, että muualla Euroopassa luontotyyppi on vähentynyt enemmän kuin Suomessa tai luontotyypin luontainen levinneisyysalue painottuu Suomeen. (Raunio ym. 2008, 229–231.)

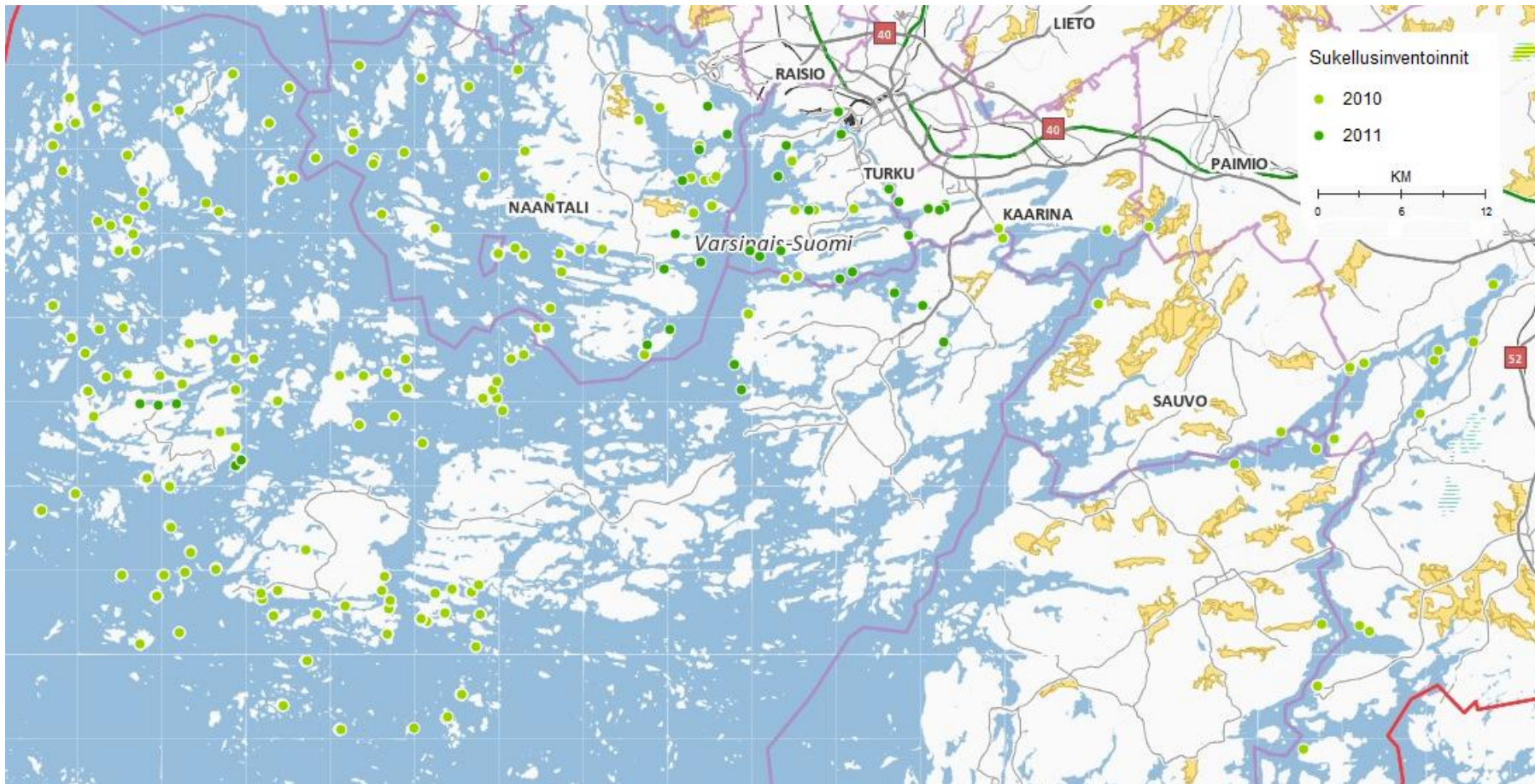


## 3 MENETELMÄT

### 3.1 Aineiston keruu ja käsittely NANNUT -hankkeessa

#### 3.1.1 Sukellusinventoinnit Saaristomerellä

NANNUT -hankkeen puitteissa toteutetuissa sukellusinventoinneissa kerättiin kasvillisuus- ja pohjanlaatutietoa kesinä 2010 ja 2011 yhteensä 220 kohteesta Saaristomerellä (Kuva 11). Kesällä 2010 kerättiin tietoa 182 kohteesta pohjoisella Saaristomerellä. Kesällä 2011 inventointeja jatkettiin 38 kohteessa jotka sijaitsivat pohjoisella Airistolla. (Fiia Haavisto 26.9.2011; NANNUT 2012.)



Kuva 11. NANNUT -sukellusinventoinnit 2010 ja 2011 (Varsinais-Suomen ELY-keskus & Lounaispaikka 2012).

Kesän 2011 sukelluskohteet valittiin alueilta, joihin kohdistuu erilaisia käyttöpaineita, esimerkiksi veneilyä ja ruoppauksia. Lisäksi alueet olivat sellaisia, joista oli ennestään hyvin vähän vedenalaisluontotietoa. (NANNUT 2012.)

Sukellusinventoinnit suunniteltiin niin, että ne olivat satunnaistettu näytteenotto. Kohteet valittiin satunnaisesti niin, että ne edustivat esimerkiksi erilaisia syvyys- ja ekspositioluokkia. (Fiia Haavisto 26.9.2011; Arponen, 2012.)



Kuva 12. Sukeltaja kirjaa tuloksia veden alla linjasukelluksessa.

Sukellusinventoinnit suoritettiin linjasukelluksina. Pohjaan vedettiin linjaköysi suoraan ulos rannalta tai matalikolta kasvillisuuden alarajalle, tai matalien rantojen kohdalla, sovitulle etäisyydelle, kuitenkin niin että linjan pituus oli maksimis-

saan 100 metriä. Linjan alku- ja loppukoordinaatit otettiin ylös. Kasvillisuus kar-  
toitettiin sukeltajan toimesta kasvillisuuden alarajalle saakka, tai koko linjaköy-  
den matkalta (matala ranta) (Kuva 12). Linjaköyden varrelta arvioitiin pohjanlaa-  
tua, määritettiin kasvilajit ja niiden peittävyudet prosentteina, sekä otettiin tarvit-  
taessa näytteitä myöhemmin tunnistettavaksi. (Fiia Haavisto 26.9.2011; Arpo-  
nen 2012.)

Kesällä 2010 linjasukelluksissa kasvillisuusarvio tehtiin aina kun kasvillisuus-  
tyyppi selkeästi muuttui. Tällöin merkittiin ylös etäisyys linjan alusta, sekä pis-  
teen syvyys. Kesällä 2011 kasvillisuusarvio tehtiin metrin välein rannoilla, jotka  
syvenivät nopeasti, kun taas matalilla rannoilla kasvillisuusarvio tehtiin 10 met-  
rin välein 100 metrin matkalta. (Fiia Haavisto 26.9.2011; Arponen 2012.)

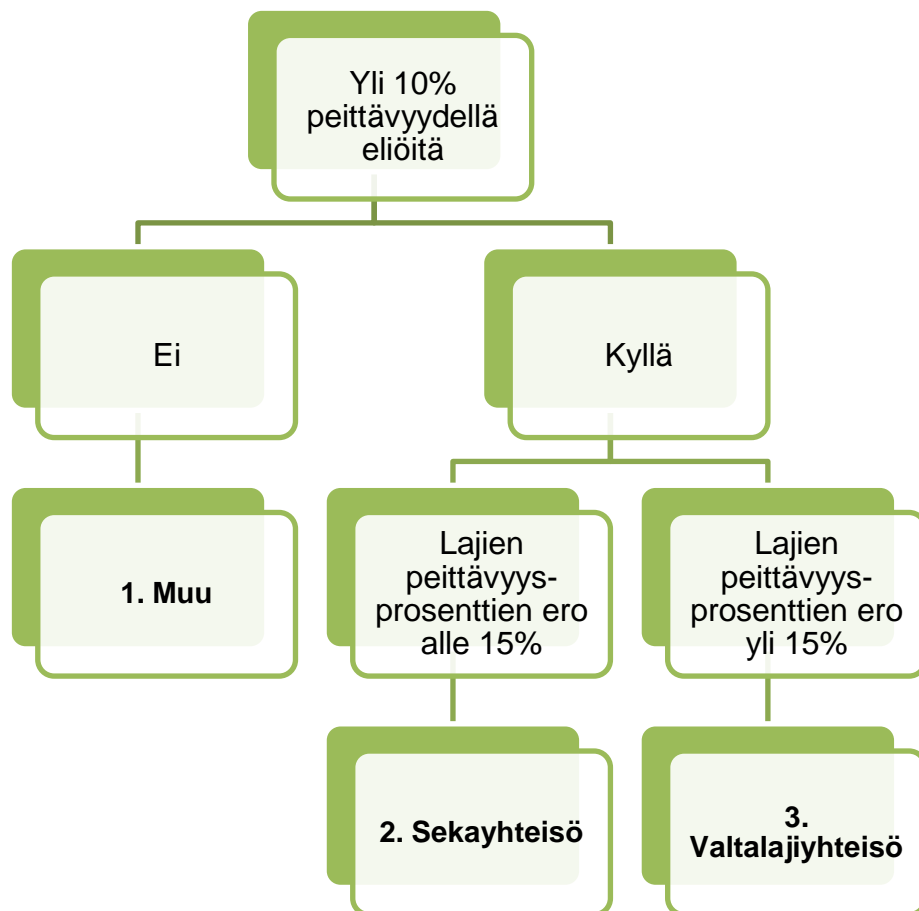
### 3.1.2 Tärkeiden vedenalaisluontokohteiden tunnistaminen

Avonaiset ja suojaiset rannat luovat monimuotoisen ympäristön. Avonaisilla  
rannoilla on usein kova kalliopohja, jossa esiintyy makroleviä ja sinisimpukoita.  
Suojaiset rannat ovat pääosin pehmeäpohjaisia ja niissä kasvaa putkilokasveja  
ja näkinpartaisia. (Snickars 2012.)

Työssä on tarkasteltu neljää avainhabitaattia eli elinympäristöä, joiden esiinty-  
minen hyödyttää useita muita lajeja. Näitä ovat kovan pohjan makroleväyhteis-  
söt, sinisimpukkayhteisöt, pohjaeläinyhteisöt ja kasvillisuuspeitteiset pehmeät  
pohjat. Ne ovat yleinen ja tärkeä osa rannikkomme vedenalaista ekosysteemiä.  
Ne peittävät suuren osan rannikkovesiemme pohjista. Niiden merkitys muille  
lajeille elinympäristönä ja lisääntymisalueena on suuri. Ne ovat tärkeitä ekosys-  
teemin toiminnan kannalta, ja muutokset avainhabitaateissa voivat aiheuttaa  
muutoksia rannikkovesien ekologiassa, esimerkiksi linnustossa ja kalastossa.  
Siksi onkin tärkeä seurata avainhabitaattien kuntoa ja esiintymistä. (Snickars  
2012.)

### 3.1.3 Habitaattien luokittaminen

Kukin sukelluskohde luokiteltiin sen perusteella, mitä elinympäristöjä eli habitaatteja (esimerkiksi rakkoleväyhteisö) alueen merenpohjassa esiintyi. Luokittelu on eurooppalaisen EUNIS -luokitusjärjestelmän mukainen. Luokitteluperusteena käytetään luokitusohjeita ja selkeitä habitaattikuvauksia. Myös edellä mainitut neljä avainhabitaattia sisältyvät luokitukseen. Luokittelun yhtenä päämääränä oli luoda menetelmä, jonka avulla voidaan visualisoida karkeasti mitä habitaatteja esiintyy milläkin alueella. (Lundberg & Snickars 2012; Snickars 2012.)



Kuvio 3. Habitaattien luokittaminen.

Luokittelu perustuu lajien peittävyteen prosentteina (Kuvio 3). Habitaatille nimen antaa alueella esiintyvä valtalaji. Laji on valtalaji jos lajin peittävyysprosentti alueella on vähintään 15 % suurempi kuin muilla lajeilla. Esimerkiksi jos rakkolevän peittävyys alueella on 30 % ja putkilokasvien 14 %, habitaatti on rakkoleväyhteisö. Jos alueella on useita lajeja tai -lajiryhmiä lähes saman verran (lajien peittävyysprosenttien ero on alle 15 %), niin habitaatti on sekayhteisö. Sekayhteisön ollessa kyseessä, yhteisö nimetään kahden valtalajin tai -lajiryhmän mukaan, esimerkiksi punalevä-sinisimpukkayhteisö. (Lundberg & Snickars 2012; Snickars 2012.)

Jos habitaatti sisältää eliöitä alle 10 % peittävyydellä, luokitellaan se luokkaan muu. Vaikka tällä luokalla ei ole hankkeen puitteissa asetettujen kriteerien mukaista luontoarvoa, voi luokan habitaateilla kuitenkin olla ekologista arvoa. Tällainen arvokas habitaatti voi olla esimerkiksi rikas pehmeän pohjan pohjaeläinyhteisö. (Lundberg ym. 2012, 36; Lundberg & Snickars 2012; Snickars 2012.)

#### 3.1.4 Habitaattien arvottaminen

Habitaatteja arvotettaessa otetaan huomioon habitaattien luontoarvot. Arvosteluperusteina ovat niiden ekologinen ja hallinnollinen merkitys. Habitaattien arvottaminen yhdestä viiteen perustuu lisäksi biodiversiteettisopimuksen (Convention on Biological Diversity, CBD) kriteereihin meren eliöyhteisöjen arvottamisesta, sekä yhteisöjen tai habitaattien empiirisiin tutkimuksiin. (CBD 2008; Lundberg ym. 2012, 36; Snickars 2012.)

Tässä tarkastelussa arvottaminen perustuu kasvilajeihin ja niiden sekä sinisimpukoiden peittävyysarviointeihin, eikä ota huomioon kaikkia ryhmiä, esimerkiksi pehmeän pohjan pohjaeläimiä. Arvottamisessa huomioidaan uhanalaiset, vaarantuneet ja silmälläpidettävät kasvilajit, alueen merkitys esimerkiksi lisääntymisalueena, lajirikkaus ja eliöiden korkea peittävyysprosentti. Habitaatit arvotetaan asteikolla yhdestä viiteen (1-5). Arvioinnissa neljä tai viisi saaneille alueille



on tässä tarkastelussa annettu korkea luontoarvo. (Lundberg & Snickars 2012; Snickars 2012.)

Sekä sekayhteisöissä että valtalajiyhteisöissä kasvillisuuden peittävyys määrittää habitaatille sen arvon 1-4. Kasvillisuuden peittävyden ollessa 10–25 % kuuluu habitaatti luokkaan yksi (1). Peittävyden ollessa 25–49 % on habitaatin arvo kaksi (2). Arvioinnissa arvon 1 tai 2 saaneet habitaatit eivät sisällä luontoarvoja, joita hankkeessa tarkastellaan. Niissä voi silti olla muita tärkeitä luontoarvoja, esimerkiksi rikas pohjaeläinyhteisö.

Kasvillisuuden 49–79 % peittävyys sijoittaa habitaatin luokkaan kolme (3), jolla on kohtalainen luontoarvo. Yli 79 % peittävyys antaa habitaatille arvon neljä (4), jolle on tässä tarkastelussa annettu korkea luontoarvo. Kasvillisuuden peittävyysprosentti kertoo yleensä habitaatin toimivuudesta: mitä enemmän kasvillisuutta sen parempi ja toimivampi habitaatti. (Lundberg & Snickars 2012; Snickars 2012.)

Seuraavissa tapauksissa habitaatti saa korkeimman luontoarvon viisi (5):

Vaarantuneet, uhanalaiset, sekä luonnonsuojelun kannalta tärkeät lajit antavat alueelle luontoarvon 5. Ainoastaan se, että laji havaitaan alueella, riittää. Laji indikoi uhanalaista elinympäristöä ja/tai korkeaa luonnontilaa. Lisäksi uhanalaisten lajien säilymisessä on myös hallinnollinen ja valtakunnallinen vastuu. (Snickars 2012.)

Aaltojen vaikutuksen alaisilla hiekkapohjilla kasvava meriajokas saa korkeimman luokituksen 5. Meriajokas on luokiteltu Suomessa silmälläpidettäväksi lajiksi. Lajin peittävyysprosentin alueella on oltava vähintään 20 %. Meriajokas on avainlaji, sillä on tärkeä merkitys suojana ja ravintona muille lajeille. (Rassi ym. 2010, 203; Snickars 2012.)

Korkeimman luokituksen 5 saa myös kalojen lisääntymis- ja poikasalueet. Näitä ovat suojaiset alueet yli 1,5 metrin syvyydessä, jotka sisältävät korkeita vesikasveja vähintään 60 % peittävyydellä. Ne ovat merkittäviä kutu- ja poikasalueita muun muassa ahvenelle ja hauelle, jotka kutevat kasvillisuuden sekaan. Li-

säksi korkea kasvillisuus luo tärkeän poikasalueen useille lajeille. (Koli 2002, 71; Lundberg & Snickars 2012; Snickars 2012.)

Lajirikas sekä peittävä habitaatti saa myös korkeimman luokituksen (5). Habitaatti on lajirikas jos lajien määrä on suurempi kuin alueella keskimäärin. Lisäksi kasvillisuuden peittävyys on oltava vähintään 50 %. Habitaatti on merkittävä toimivuutensa ja monimuotoisuutensa takia. (Snickars 2012.)

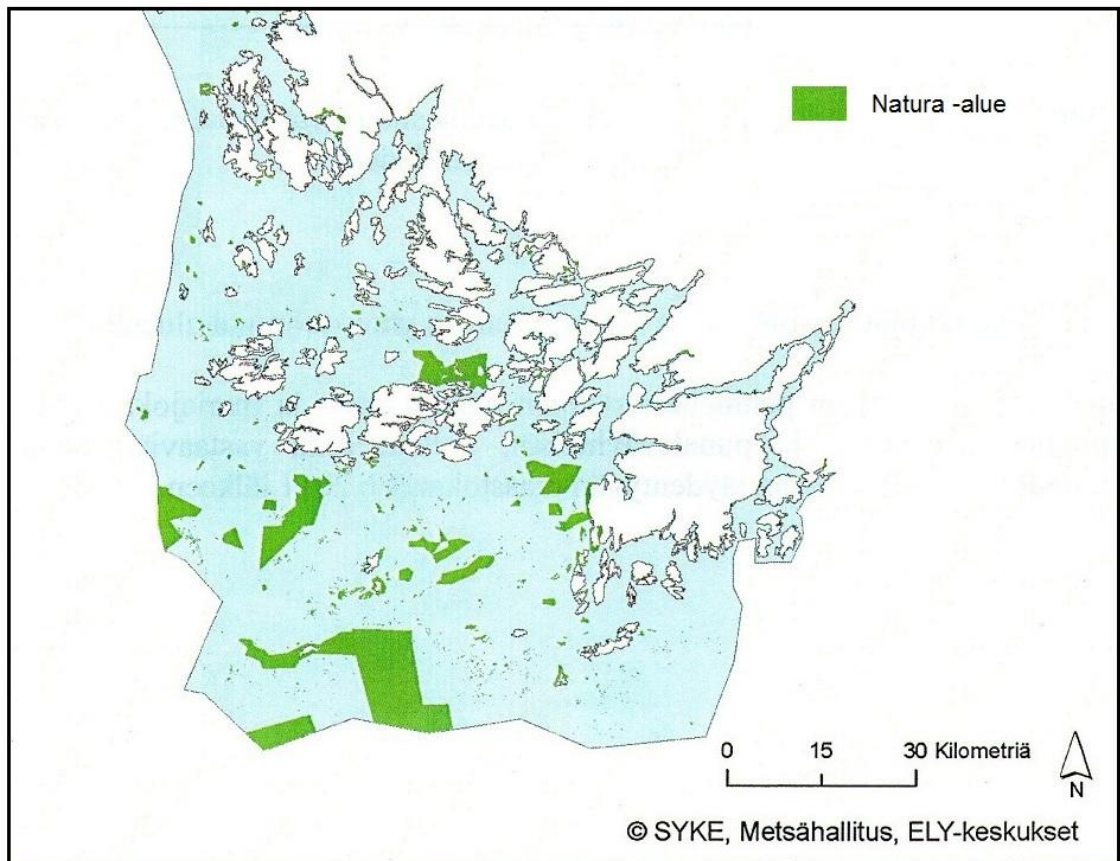
Rakkolevä- ja punalevähabitaatit jotka sijaitsevat syvillä, kovilla pohjilla saavat luontoarvon 5. Näihin kuuluvat yli 2 metrin syvyydessä kasvavat rakkolevät, sekä yli 4,5 metrin syvyydessä kasvavat punalevät, joiden peittävyys on vähintään 30 %. Syvällä kasvavat, peittävät makrolevähabitaatit ovat harvinaisia heikon vedenlaadun takia, ja nämä kertovatkin hyvästä veden laadusta. (Lundberg & Snickars 2012; Snickars 2012.)



## 4 ARVOKKAITA VEDENALAISLUONTOKOhteita SAARISTOMERELLÄ

### 4.1 Natura – alueet ja luontodirektiivin luontotyypeistä fladat

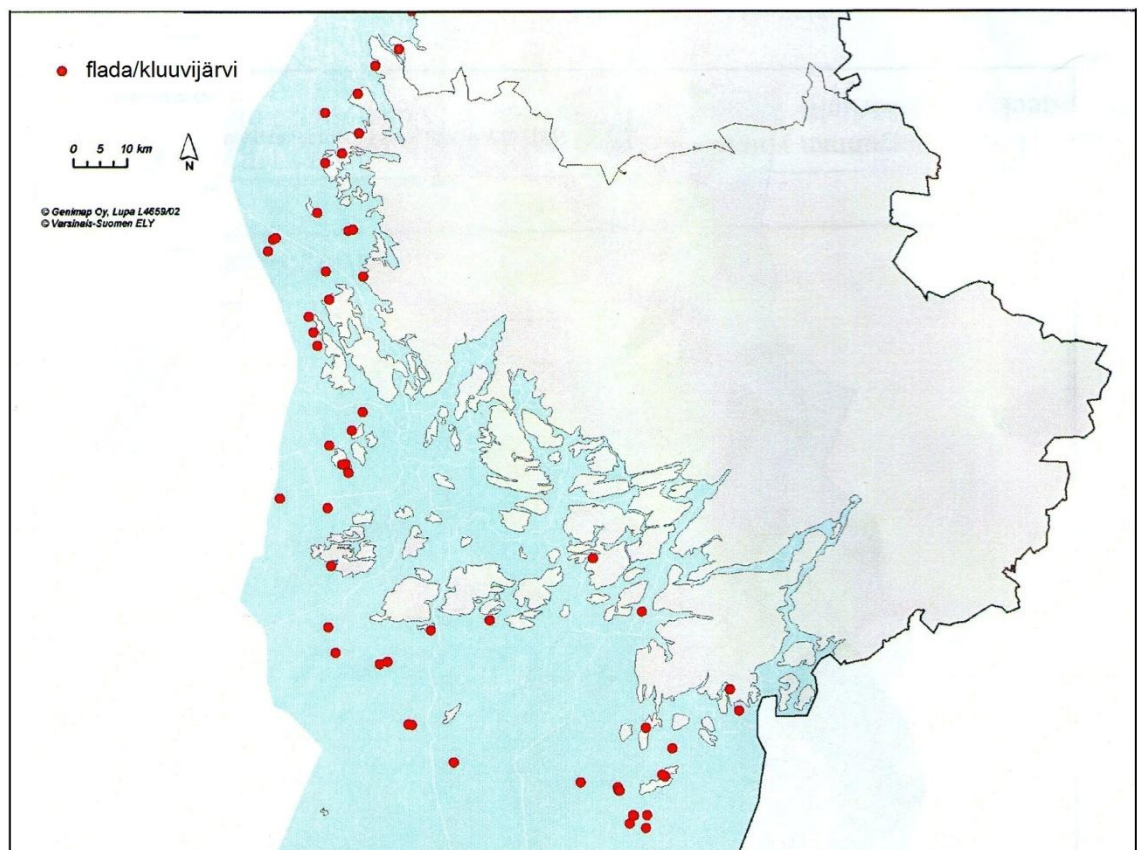
Saaristomerellä sijaitsee useita Natura 2000 – alueita (Kuva 13). Natura -alueiden yhdeksi perusteeksi ovat määritelty EU:n luontodirektiivin liitteen I vedenalaiset luontotyypit (Euroopan neuvoston direktiivi 21.5.1992/92/43/ETY).



Kuva 13. Saaristomerellä sijaitsevat Natura -alueet (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2012).

Luontodirektiivin luontotyyppi Rannikon laguunit eli fladat, kluuvijärvet ja laguuninomaiset lahdet on ensisijaisesti suojeltava eli priorisoitu luontodirektiivin luontotyyppi (Airaksinen & Karttunen 2001, 5-33). Flada on jääkauden jälkeisen maankohoamisen seurauksena syntynyt suojainen merenlahti, joka maan edelleen kohotessa on kuroutumassa irti merestä. Kluuvijärvi on jo merestä, esimerkiksi kynnyksellä, erottautunut allas. Kluuvijärvi saa suolaista vettä merestä enää satunnaisesti, esimerkiksi kovan myrskyn seurauksena. (Numminen 1999, 11.)

Kuvassa 14 on esitetty fladoja ja kluuvijärviä Saaristomerellä Asko Sydänojan vuoden 2008 selvityksen pohjalta. Muista luontodirektiivin luontotyypeistä ei vastaavaa tietoa löytynyt.



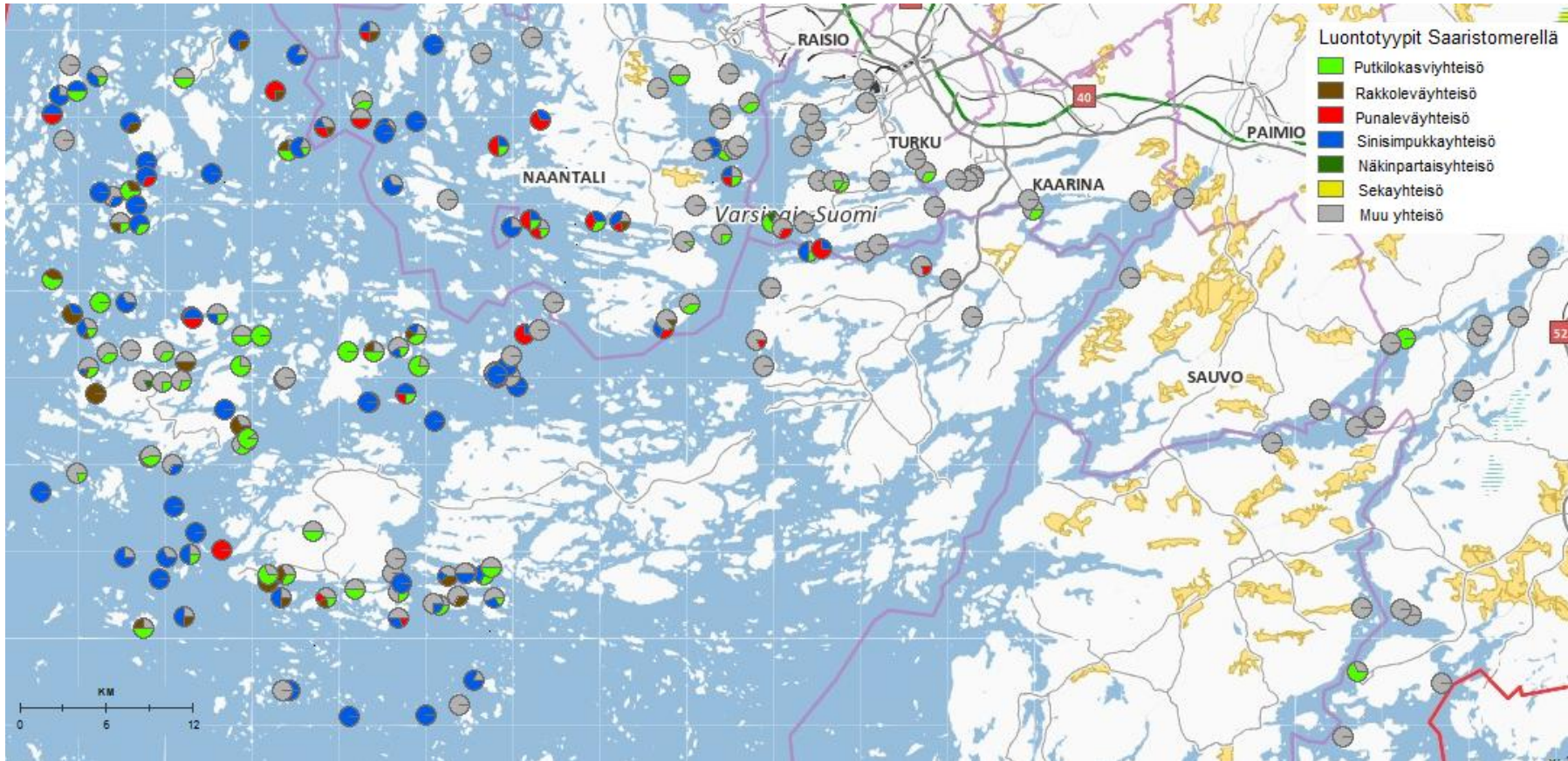
Kuva 14. Saaristomeren fladat ja kluuvijärvet (Sydänoja 2008).

Fladat ja kluuvijärvet ovat merkittäviä kalojen kutu- ja poikasalueita. Lisäksi niissä on erittäin runsaslajinen ja erikoislaatuinen kasvillisuus, muun muassa näkinpartaisten osalta, sekä niissä esiintyy usein myös harvinaisia tai uhanalaisia lajeja. (Numminen 1999, 11; Airaksinen & Karttunen 2001, 15–17; Raunio ym. 2008, 26.) Fladojen ja kluuvijärvien kasvillisuuteen kuuluvat esimerkiksi punanäkinparta (*Chara tomentosa*), muut näkinpartaiset, merinäkinruoho (*Najas marina*) sekä ärviät ja vidat. Lisäksi ne ovat linnuille tärkeitä alueita pesimisen ja muuttamisen kannalta. Fladoja ja kluuvijärviä on useita Saaristomerellä (Kuva 13). (Numminen 1999, 11; Airaksinen & Karttunen 2001, 15–17; Raunio ym. 2008, 26.)

#### 4.2 Vedenalaisluontotyyppien esiintyminen NANNUT – hankkeen sukellusinventoinneissa

Kuvassa 15 on esitetty NANNUT -hankkeessa tutkittujen vedenalaisluontotyyppien sijoittaminen Saaristomerellä. Tiedot on esitetty kohteittain ympyrädiagrammeina.





Kuva 15. Eri luontotyyppien osuudet inventointikohteissa ympyrädiagrammeina (Varsinais-Suomen ELY-keskus & Lounaispaikka 2012).

NANNUT –hankkeen sukellusinventoinneissa kerätty vedenalaistieto on melko suppea, jonka perusteella ei voi tehdä kovin vahvoja johtopäätöksiä.

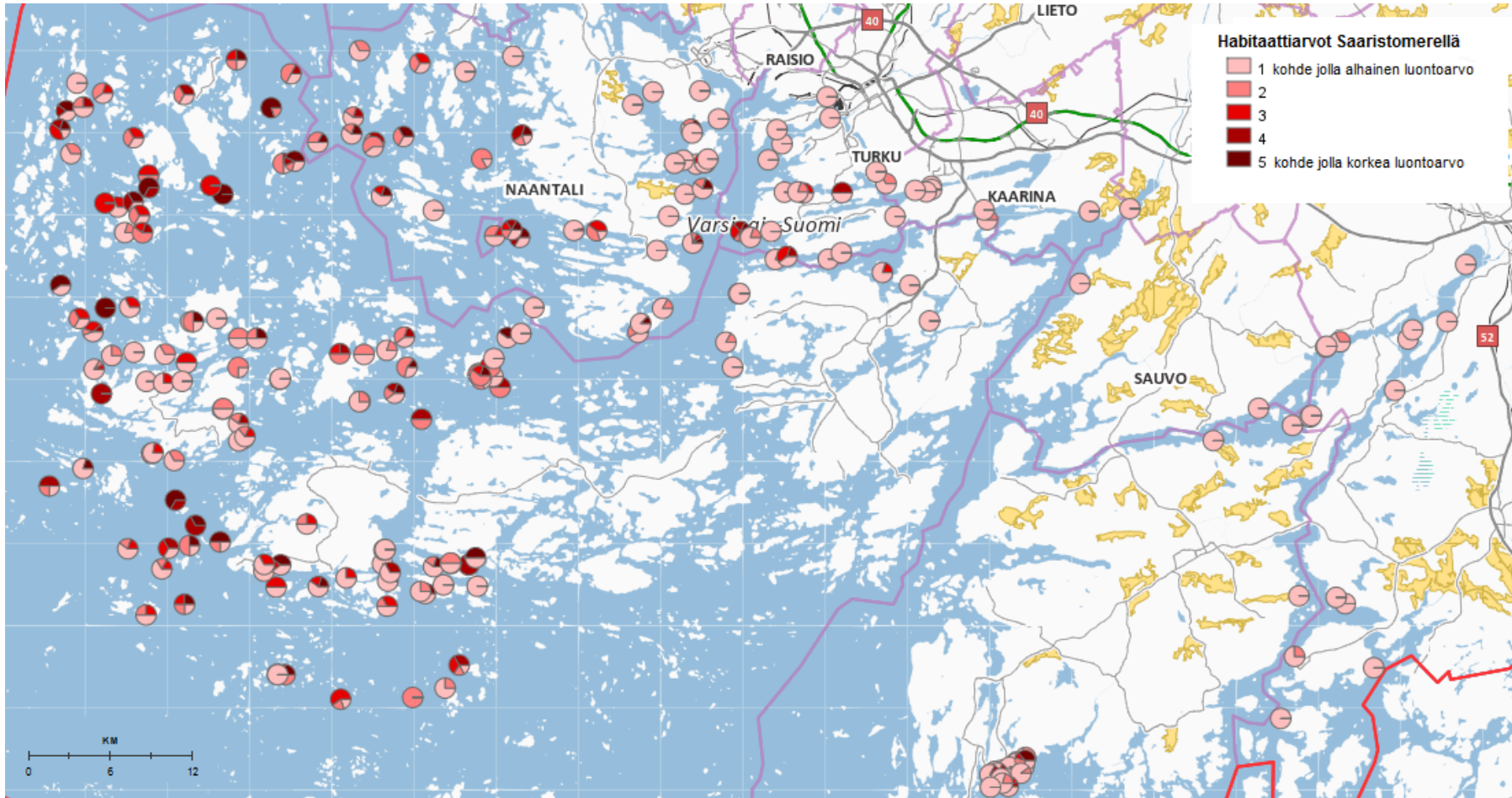
Inventoinneissa kerätyn kasvillisuus- ja sinisimpukkatietojen perusteella uhanalaisten luontotyyppien painopiste sijaitsee ulkosaaristossa. Kasvittomia pehmeitä pohjia löytyi pääasiassa kaupunkien ja asutuksen vaikutusalueiden läheisyydestä. Kasvittomia pohjia löytyi eniten Turun kaupungin edustalta, erityisesti Turun sataman ja Aurajoen vaikutusalueen läheisyydestä.

Meriajokasniityt sisältyvät kartassa putkilokasviyhteisöihin (Kuva 15).

Meriajokasniittyjen esiintyminen keskittyy Suomen rannikkoalueilla Saaristomeren ja Hankoniemen alueelle. Meriajokasyhteisöt on luokiteltu erittäin uhanalaiseksi luontotyyppiksi sekä Saaristomerellä että valtakunnallisesti. Saaristomerellä suurimmat esiintymät keskittyvät hiekka- ja moreeniesiintymiin kuten Jurmo. (Raunio ym. 2008, 24–25; Raunio ym. 2008, 39–40; Under ytan – Pinnan alla 2012.) Näkösyvyys on pienentynyt Saaristomerellä viime vuosisadan alusta 9 metristä 5 metriin. Voidaan siis olettaa että meriajokkaan syvyysraja on myös noussut. (Raunio ym. 2008, 24–25; Raunio ym. 2008, 39–40; Under ytan – Pinnan alla 2012.)

#### 4.3 Kasvillisuudeltaan ja sinisimpukkapeittävyksiltään arvokkaat vedenalaisluontokohteet

Sukelluskohteiden habitaattien NANNUT -hankkeessa saamat luontoarvot voidaan esittää kartalla ympyräkaavioina (Kuva 16). Ympyräkaaviossa on kohteen habitaattien arvottamisessa saamat luontoarvot 1-5. Luontoarvot 1-5 on merkitty kuvassa 9 eri väreillä (vaaleanpunaisesta tummanpunaiseen), jolloin kartalta voi helposti katsoa alueet, joissa sijaitsee habitaatteja jotka ovat saaneet kasvillisuuden ja sinisimpukkapeittävyksien perusteella korkean luontoarvon 4 tai 5. Kohteet joiden ympyräkaaviot sisältävät paljon tummanpunaista väriä sisältävät tärkeitä luontoarvoja.



Kuva 16. Habitattiarvot Saaristomerellä esitettynä ympyrädiagrammeina (Varsinais-Suomen ELY-keskus & Lounaispaikka 2012).

Kartalta huomataan, että kasvillisuuden ja sinisimpukkapeittävyyksien perusteella korkeita luontoarvoja sisältävät kohteet sijaitsevat pääosin ulkosaaristossa. Vähiten arvokkaita kohteita löytyi Turun ja Kaarinan edustalta, erityisesti Turun sataman ja Aurajoen vaikutusalueen läheisyydestä.



## 5 POHDINTAA

### 5.1 Öljyvahingon riski ja sen pienentäminen Saaristomerellä

Saaristomeri on saarisuutensa ja karikkoisuutensa vuoksi hankala alusten navigoinnin kannalta. Laivaväylät ovat kapeita ja matalahkoja, ja onnettomuuden riski suurehko tästä johtuen. (Kirkkala 1998, 5; Koskinen 2012, 12.)

Suuri meriturvallisuuden riskitekijä talvella on jäät. On tärkeää että jäälauttojen sijainnista ja liikkeistä varoitetaan laivoja tehokkaasti. Laivojen kaksoisrunkorakenteella voidaan myös vähentää öljyonnettomuuden riskiä. Sen ansiosta öljyvuotoa ei synny, jos laiva ajaa karille ja sen pohja rikkoutuu. (Bäck ym. 2010, 198–199.)

Saaristomerelle voi ajelehtia öljyä myös muualla Itämerellä tapahtuneesta öljypäästöistä. Saaristomeri on läpivirtausaluetta, jonne virtaa vettä Itämereltä ja Suomenlahdelta (Kirkkala 1998, 10, 19; Koskinen 2012, 11–12). Itämeren suurin öljyonnettomuus on MT Antonio Gramscin öljykatastrofi 1979, jolloin noin 5500 tonnia raakaöljyä pääsi mereen Latvian edustalla. Öljy kulkeutui tuulten ja virtausten mukana muun muassa Ahvenanmaan saaristoon sekä Turun ulkosaaristoon. (Lahtonen 2004, 114–148; Bäck ym. 2010, 196–197; Koskinen 2012, 11.)

Merenkululaitos sai vuonna 2004 luvan ruopata Naantali-Utö väylän sekä tehdä ruoppauksia Naantalin satama-alueella. Väylä on noin 120 kilometriä pitkä ja oli tätä ennen ollut 13 metriä syvä. Ruoppaus saatiin valmiiksi vuonna 2009. Uusi väylä on 15,3 metriä syvä, mikä mahdollistaa väylää kulkevien öljytankkereiden lastaamisen täyteen lastiin, jolloin niiden kulkusyvyys tulee olemaan 14,5 metriä. Tämä mahdollistaa alusten öljykuorman lastaamisen 105 000 dw-tonniin. (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 2004; Koskinen 2012, 12.) Syvempi väylä saattaa lisätä öljykuljetusten turvallisuutta.

Öljytankkerit voivat kulkea vuodesta 2009 lähtien Saaristomerellä ja Naantalın satama-alueella aiempaa suuremmissa öljylasteissa. Aluksista mahdollisesti aiheutuvan öljypäästön määrä voi näin ollen olla aiempaa suurempi. (Bäck ym. 2010, 191; Koskinen 2012, 12.) Vuodesta 2009 eteenpäin öljyliikenteen määrä Naantalissa ei ole kuitenkaan kasvanut kuin hieman (Naantalın satama 2009 & 2010; Vainiala 2012). Tämä voi johtua useista tekijöistä.

Suuret tankkerit, joiden lastina yli 40 000 tonnia öljyä, saatetaan meriväylältä Naantalın satamaan saattohinaajan avulla (Neste Oil 2012; Kymmenen Uutiset 2012). Hinaajan käyttäminen saattaa lisätä öljykuljetusten turvallisuutta. Kuitenkin hinausmatkan onnistuminen edellyttää, että tankkerin kapteeni sekä hinaaja tekevät hyvää yhteistyötä (Kymmenen Uutiset 2012). Turvallisuutta satama-alueella lisäisi myös, jos hinaajan käyttö ulotettaisiin koskemaan kaikkia öljytankkereita. Nykyinen syvempi väylä sekä Naantalın sataman hinaajan käyttäminen saattavat lisätä öljykuljetusten turvallisuutta Saaristomerellä.

Meriliikenteen ja öljykuljetusten turvallisuutta on pyritty lisäämään erilaisilla järjestelmillä, joiden avulla seurataan alusten kulkua. Kansainvälinen AIS (Automatic Identification System) – järjestelmä (vuodesta 2005 lähtien) tunnistaa esimerkiksi aluksen paikan, suunnan ja nimen. Alusliikennepalvelu VTS antaa esimerkiksi navigointiapua ja tiedonantoja. (Bäck ym. 2010, 195; Heikkinen 2010, 30; HELCOM 2010, 18.)

Ennaltaehkäisy on varmin keino koettaa estää suuret öljyonnettomuudet Saaristomerellä. Onnettomuuksia voidaan ennaltaehkäistä esimerkiksi aluksen rakennetta sekä aluksen liikkumista koskevilla vaatimuksilla. Myös miehistön osamista tulisi pyrkiä parantamaan. (VNS 6/2009 vp.) Kuitenkin mahdollisiin öljyonnettomuuksiin tulisi varautua ennakolta, ja omata riittävän hyvät valmiudet öljyntorjuntaan.

## 5.2 Aineistoa öljyntorjuntaan useista hankkeista

Olen työssäni käsitellyt NANNUT – hankkeen ja Lounaispaikan tuottamaa tietoa herkistä vedenalaisluontoarvoista Saaristomerellä. Projektin tuottama aineisto

on esimerkki miten vedenalaista aineistoa voitaisiin hyödyntää öljyntorjunnan suunnittelussa ja ohjaamisessa. Lisäksi vedenalaisen aineiston karttuessa VELMUn eli Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman puitteissa kuva merenpohjan luontoarvoista tarkentuu jatkuvasti.

On useita muitakin hankkeita joilla tuotetaan tietoa öljyntorjunnan ohjaamiseksi ja parantamiseksi sekä tärkeiden vedenalaisluontokohteiden tunnistamiseksi ja arvottamiseksi Itämerellä (Taulukko 2). Osa näistä hankkeista on jo päättynyt ja osa jatkuu, sekä uusia hankkeita on koko ajan suunnitteilla.

Taulukko 2. Hankkeita joissa tuotetaan tietoa öljyntorjuntaan.

Hanke	Tavoite	Ajankohta	Yhteistyökumppanit
<b>SÖKÖ – hankkeet</b> SÖKÖ I Itäinen Suomenlahti SÖKÖ II Läntinen Suomenlahti PÖK Perämeri SÖKÖ III Saaristomeri (suunnitteilla) SÖKÖ Saimaa (suunnitteilla)	SÖKÖ -hankkeissa I ja II laadittiin Kymenlaakson, Itä-Uudenmaan, Helsingin ja Länsi-Uudenmaan pelastustoimialueille toimintamanuaali Suomenlahdella tapahtuvan vakavan alusöljyvahingon varalle. Se ohjeistaa tilanteissa, joissa öljy on ajautunut rantaan. Manuaali sisältää suurissa öljyvahingoissa tarvittavan ohjeistuksen rantatorjunnan organisointiin, vahinkojätteen keräämiseen sekä kuljetusten koordinointiin.	SÖKÖ I 2003–2007 SÖKÖ II 2007–2011 PÖK 2011–2012	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Itä-Uudenmaan, Helsingin kaupungin, Länsi-Uudenmaan, Keski-Uudenmaan ja Kymenlaakson pelastuslaitokset Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen ELY –keskukset SYKE
<b>OILECO</b>	Hankkeessa tunnistettiin lajit, joiden kannat voivat kärsiä öljyvahingosta, selvitettiin öljyn pitkäaikaisvaikutuksia ja tutkittu eri torjuntamenetelmien toimivuutta. Hankkeessa selvitettiin suomalaisten maksuhalukkuus öljyntorjunta-kapasiteetin parantamiseksi. Lisäksi luotiin karttaohjelma joka tukee öljyntorjunnan ohjaamista alueiden luontoarvojen perusteella.	2005–2007	Helsingin yliopisto Viron merentutkimusinstituutti, Tarton yliopisto
<b>OILRISK</b>	Hankkeessa arvioidaan mahdollisen öljyonnettomuuden riskiä Suomenlahden ja Saaristomeren luontoarvoille ja erityisesti uhanalaisille lajeille, sekä selvitetään avomeri- ja rantatorjunnan mahdollisuuksia suojella ympäristöä.	2009–2013	Meriturvallisuuden ja -liikenteen tutkimuskeskus Helsingin yliopisto Tarton yliopisto, Viro Kaakkois-Suomen ELY-keskus SYKE Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu
<b>EnSaCo</b>	Hankkeen tavoitteena on nostaa osaamisen tasoa ja kehittää maitten rajat ylittävää tavoitteellista yhteistyötä öljyntorjunnassa. Tavoitteena on kehittää yhdessä käytännön työkaluja ja tehokkaita yhteistyömenetelmiä rantaviivan läheiseen öljytorjuntaan.	2009–2012	Itä-Uudenmaan ja Varsinais-Suomen pelastuslaitokset WWF Suomi HAAGA-HELIA ammattikorkeakoulu Ruotsi (useat pelastuslaitokset) Viro

On siis olemassa jo laajasti aineistoa eri viranomaistahoille öljyntorjunnan kehittämiseksi ja suuntaamiseksi alueille jotka ovat herkkiä öljypäästöille. Lisäksi hankkeiden kautta on kehitetty yhteistyötä öljyntorjunnassa Viron ja Ruotsin kanssa.

### 5.3 Habitaattien luokitusjärjestelmän kehittäminen

NANNUT –hankkeessa kehitetty luokitusjärjestelmä kattaa valtaosan Pohjois-Itämeren habitaateista. Kasvittomat hiekkapohjat ja pehmeät pohjat eivät kuitenkaan sisältyneet järjestelmän piiriin. Näitä alueita on laajalti rannikollamme. Kasvittomat hiekkapohjat ja pehmeät pohjat vaativat toisenlaisia kartoitus- ja tutkimusmenetelmiä, kuin projektissa käytössä ollut linjasukellusmenetelmä. (Lundberg ym. 2012, 36.) Tässä suhteessa luokitusjärjestelmää on kehitettävä edelleen, jotta kaikki pohjien habitaatit sisältyisivät luokitteluun. Esimerkiksi Ekman – pohjanoutimella voidaan ottaa tarvittaessa näytteitä pehmeiden pohjien tutkimukseen (Lundberg ym. 2012, 36).

### 5.4 Habitaattien arvottamisjärjestelmän kehittäminen

NANNUT – hankkeen arvotusjärjestelmän tavoitteena oli tunnistaa arvokkaat kohteet. Arvottaminen perustui pelkästään kasvillisuuden ja sinisimpukkapeittävyksien tutkintaan, eli ei kerro koko totuutta alueen luontoarvosta. Osa kohteista jouduttiin luokittelemaan matalan luontoarvon ryhmään, vaikka sieltä ei oltu tutkittu kaikkia eliöryhmiä.

Jos kohteiden tutkimisessa olisi otettu mukaan kalat ja pohjaeläimet, jotka yhdistettäisiin kasvillisuus- ja sinisimpukkatietoon, saataisiin tarkempi kuva alueesta. Tämä johtaisi myös siihen, että saataisiin parempi kuva alueen luontoarvosta. Toisaalta kun tiedetään että avainhabitaatilla on alueella korkea peittävyys, se luultavasti kertoo korkeasta diversiteetistä eli monimuotoisuudesta myös muilla tasoilla.

## KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajaani Arto Huhtaa työni kommentoinnista ja tarkistamisesta. Kiitos kenttäohjaajalleni Fiia Haavistolle, joka auttoi työni rakentamisessa, sekä kommentoi työtäni asiantuntevasti. Kiitos myös opettajallemme Raisa Kääriälle neuvoista. Lisäksi haluaisin kiittää Lauri Pihliä kannustuksesta ja Mila Koposta vertaistuesta.

## LÄHTEET

Airaksinen, O. & Karttunen, K. 2001. Natura 2000 -luontotyyppiopas. 2. korjattu painos. Helsinki: Edita.

Arponen, H. 2012. VELMUn ohjeistuksen mukainen drop-videointi ja sukeltaminen. Vedenalaisen meriluonnon kartoitus –seminaari VELMUn menetelmäohjeistuksesta 3.2.2012. Saatavissa <http://www.nannut.fi/cms/Roadshow/HeidiArponenMetsahallitus.pdf>

Bäck, S.; Ollikainen, M.; Bonsdorff, E.; Eriksson, A.; Hallanaro, E-L.; Kuikka, S.; Viitasalo, M. & Walls, M. 2010. Itämeren tulevaisuus. Helsinki: Gaudeamus.

Convention on Biological Diversity (CBD). 2008. Decision adopted by the conference of parties to the convention on biological diversity at its ninth meeting. IX/20 Marine and coastal biodiversity. Viitattu 7.11.2012. Saatavissa <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=11663>

Euroopan neuvoston direktiivi. 21.5.1992/92/43/ETY.

Furman, E.; Dahlström, H. & Hamari, R. 1998. Itämeri – luonto ja ihminen. Helsinki: Otava.

Hakala, K. 2010. Fraktiointimenetelmän kehittäminen maaperässä olevan öljyjätteen kemialliseen karakterisointiin. Pro Gradu –tutkielma. Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Maaperä- ja ympäristötiede. Helsinki: Helsingin yliopisto. Viitattu 29.2.2012. Saatavissa <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/16958>

Heikkinen, S. 2010. Ahdas lahti. Suomen Kuvalehti 13.8.2010.

HELCOM. 2010. Maritime activities in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment in maritime activities and response to pollution at sea in the Baltic Sea region. Baltic Sea Environment Proceedings No. 123. Viitattu 13.11.2012. Saatavissa <http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/bsep123.pdf>

HELCOM. 2010. Hazardous substances in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of hazardous substances in the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No. 120B. Viitattu 2.3.2012. Saatavissa [http://www.helcom.fi/BSAP\\_assessment/en\\_GB/hazsubs/](http://www.helcom.fi/BSAP_assessment/en_GB/hazsubs/)

HELCOM. 2011. Activities 2010 overview. Baltic Sea Environment Proceedings No. 127. Viitattu 10.11.2012. Saatavissa <http://www.helcom.fi/stc/files/Publications/Proceedings/BSEP127.pdf>

Helsingin yliopisto. 2008. OILECO - Integrating ecological values in the decision making process on oil spill combating in the Gulf of Finland. Final report. Viitattu 11.5.2012 [http://www.helsinki.fi/science/fem/articles/OILECO\\_Scientific%20report\\_final\\_version\\_120608.pdf](http://www.helsinki.fi/science/fem/articles/OILECO_Scientific%20report_final_version_120608.pdf)

Hänninen, S. 2010. Talvimerenkulku ja öljykuljetukset Itämerellä – taustatietoa AIS Baltic – projektiin. Tutkimusraportti: VTT. Saatavissa [www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-01618-10.pdf](http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-01618-10.pdf)

International Maritime Organization (IMO). 2012. Particularly Sensitive Sea Areas. Viitattu 9.7.2012. <http://www.imo.org/ourwork/environment/pollutionprevention/pssas/Pages/Default.aspx>

The International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF). 2012. Weathering Process. Viitattu 23.7.2012. <http://www.itopf.com/marine-spills/fate/weathering-process/>



Itämeriportaali. Öljy- ja meriliikenteen riskit. Viitattu 1.3.2012

[http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/oljyonnettomuudet/fi\\_FI/oljyonnettomuudet/](http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/oljyonnettomuudet/fi_FI/oljyonnettomuudet/)

IVL Swedish Environmental Research Institute. 2004. Short term effects of accidental oil pollution in waters of the Nordic Countries. Stockholm: IVL Swedish Environmental Research Institute. Viitattu 11.5.2012. <http://www.norden.org/fi/julkaisut/julkaisut/2004-429>

Johansen, Ø., K. Skognes, O. Ø. Aspholm, C. Østby, K. A. Moe & P. Fossum. 2003. Utredning av helårs oljevirkosomhet i området Lofoten – Barentshavet, uhellsutslipp av olje – konsekvenser I vannsøylen (ULB 7-c) (Investigation of oil activities in the area of Lofoten – Barent's Sea). Sintef Kjemi pp. IVL Swedish Environmental Research Institute 2004 mukaan.

Keinänen, M., Kiiskinen, J., Turtiainen, M. & Vuorinen, P. J. 2012. Mahdollisen öljyonnettomuuden vaikutukset Itämeren kaloihin ja kalatalouteen. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. Saatavissa:

[http://www.rkti.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/Tutkimukset/tutkimuksia\\_ ja\\_ selvityksia\\_7\\_2012.pdf](http://www.rkti.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/Tutkimukset/tutkimuksia_ ja_ selvityksia_7_2012.pdf)

Kirkkala, T. 1998. Miten voit Saaristomeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 1. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku.

Koli, L. 2002. Otavan kalakirja. Kolmas painos. Helsinki: Otava.

Koskinen, E. 2012. Öljyisen jätteen välivarastointi suuren alusöljyvahingon torjunnassa Saaristomerellä. Opinnäytetyö. Liiketoiminnan logistiikan koulutusohjelma. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 6.9.2012. Saatavissa <https://publications.theseus.fi/handle/10024/43349>

Kymmenen Uutiset. 2012. MTV3. Esitetty 25.9.2012 MTV3.

Lahtonen, U. O. 2004. Öljyntorjunnan kehitys Suomessa 1968 lähtien 1990-luvulle. Helsinki: Edita.

Lundberg, C. & Snickars, M. 2012. Metadata for the NANNUT valuation and classification of marine habitats. Viitattu 8.11.2012. Saatavissa:

[www.lounaispaikka.fi/cms/files/metadata\\_valuation.pdf](http://www.lounaispaikka.fi/cms/files/metadata_valuation.pdf)

Lundberg, C., Ögård, J., Ek, M. & Snickars, M. 2012. Pohjois-Itämeren vedenalainen luonto. Huomioon otettavaa merenläheisten alueiden suunnittelussa. Uudenmaan ELY-keskus. Raportteja 83, 2012. Saatavissa <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-257-600-2>

Länsi-Suomen ympäristölupavirasto. 2004. Lupapäätös nro. 126/2004/4. Saatavissa [www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=28626](http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=28626)

Naantalin satama. 2008. Naantalin sataman vuosikertomus 2008. Saatavissa [http://www.e-julkaisu.fi/naantalin\\_satama/vuosikertomus2008/](http://www.e-julkaisu.fi/naantalin_satama/vuosikertomus2008/)

Naantalin satama. 2009. Alus- ja tavaraliikenne 2008-2009.

[http://www.naantali.fi/satama/liikenne/tilastot/fi\\_FI/tilastot/ files/83827543488266257/default/Alus- ja%20tavaraliikenne%202008-%202009.pdf](http://www.naantali.fi/satama/liikenne/tilastot/fi_FI/tilastot/ files/83827543488266257/default/Alus- ja%20tavaraliikenne%202008-%202009.pdf)

Naantalin satama. 2010. Naantalin sataman vuosikertomus 2010. Saatavissa [http://www.e-julkaisu.fi/naantalin\\_satama/vuosikertomus2010/](http://www.e-julkaisu.fi/naantalin_satama/vuosikertomus2010/)

NANNUT. 2011. Lehdistötiedote 22.8.2011: Vedenalaista meriluontoa kartoitetaan Raaseporissa, Saaristomerellä ja Kotkassa. Viitattu 4.10.2012.

<http://www.nannut.fi/cms/Media/ELYpressrelease220811.pdf>

National Research Council. 2003. Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. National Academy of Sciences. Washington D.C. Saatavissa:

[http://books.nap.edu/catalog.php?record\\_id=10388](http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=10388)

Neste Oil. Historia. Viitattu 25.9.2012. <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,163>

Neste Oil. Turvallisuus ja ympäristö. Viitattu 26.9.2012.  
<http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,63,327,12489,18712>

Numminen, S. 1999. Fladat ja kluuvijärvet Saaristomerellä. Lounais-Suomen ympäristökeskus: Turku.

Nurmi, E. 2000. Kemikaalien hormonaaliset vaikutukset ympäristössä – kirjallisuuskatsaus ja kansainvälinen yhteistyö. Helsinki: Edita.

OILRISK & NANNUT. 2012. Öljyvudon vaikutukset Itämeren luontoon. Luontoarvojen suojaaminen ja puhdistus. Esite. Viitattu 12.7.2012  
[http://www.merikotka.fi/julkaisut/OILRISK\\_oljyvudon\\_vaikutukset.pdf](http://www.merikotka.fi/julkaisut/OILRISK_oljyvudon_vaikutukset.pdf)

Ositum. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH). Viitattu 8.5.2012  
<http://www.ositum.fi/index.php?p=PAH&highlight=PAH>

Peterson, C. H. 2001. The "Exxon Valdez" oil spill in Alaska: Acute, indirect and chronic effects on the ecosystem. *Advances in Marine Biology*. Vol. 39, 1-103. OILECO:n 2008 mukaan.

Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim./eds.). 2010. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus: Helsinki.

Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.). 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus: Helsinki.

Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.). 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus: Helsinki.

Snickars, M. 2012. Vedenalaisluonnon luokittelu & arvottaminen. Viitattu 10.10.2012. Saatavissa <http://www.nannut.fi/cms/Roadshow/NANNUTRoadshowSnickars1.pdf>

Suomen ympäristökeskus (SYKE). EU:n luontodirektiivin luontotyyppit. Viitattu 4.6.2012.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=2524&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus (SYKE). Itä- ja Saaristomeren erityispiirteet. Viitattu 2.3.2012  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=142557&lan=FI>

Suomen ympäristökeskus (SYKE). Öljyn vaikutukset meriympäristöön. Viitattu 29.2.2012  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=333550&lan=fi&clan=fi>

Suomen ympäristökeskus (SYKE). Saaristomeren keskeiset ympäristöongelmat. Viitattu 2.3.2012 <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12478&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus (SYKE). Itämeri. Viitattu 2.3.2012.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=323391&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus (SYKE). Saaristomeren ja vaaralliset aineet. Viitattu 2.3.2012  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12493&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus (SYKE). Suomen kansainväliset vastuuluontotyyppit. Viitattu 11.10.2012. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22726&lan=fi>

Sydänoja, A. 2008. Saaristomeren ja Selkämeren fladat. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku.

Thomas, P. 1988. Reproductive endocrine function in female Atlantic croaker exposed to pollutants. *Marine Environmental Research*. Vol. 24, No 1-4, 179-183. Nurmen 2000 mukaan.

Thomas, P. & Budiantara, L. 1995. Reproductive life history stages sensitive to oil and naphthalene in Atlantic croaker. *Marine Environmental Research*. Vol. 39, No 1-4, 147-150. Nurmen 2000 mukaan.

Tyynelä, S. 2011. Öljyllä pilaantuneen meriympäristön biopuhdistus: Rautamanganisaostumien bakteerien PAH-hajotusgeenin määrittäminen ja öljyn hajotuksen seuranta. Opinnäytetyö. Laboratorioala. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.5.2012  
<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/35829/SuviTyynela.pdf?sequence=1>

Työterveyslaitos. 2005. Kemikaalit ja työ. Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Viitattu 8.5.2012  
[http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista\\_kemikaalitieto/kemikaalit\\_ja\\_ty%C3%B6/Documents/Kemikaalit\\_jaTyo.pdf](http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitieto/kemikaalit_ja_ty%C3%B6/Documents/Kemikaalit_jaTyo.pdf)

Työterveyslaitos. 2010. PAH-yhdisteet ja niiden esiintyminen. Viitattu 8.5.2012  
[http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista\\_kemikaalitieto/pah-yhdisteet\\_ja\\_niiden\\_esiintyminen/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitieto/pah-yhdisteet_ja_niiden_esiintyminen/sivut/default.aspx)

Under ytan – Pinnan alla. NANNUT. 2012. Elokuva. Julkaistu 7.3.2012. Viitattu 25.7.2012.  
<http://www.youtube.com/watch?v=WVi6yrz-nUg&feature=plcp>

Vainiala, Y. 2012. Naantalın sataman liikenne yli 8 miljoonaa tonnia vuonna 2011. Tiedote 12.1.2012. Viitattu 27.9.2012. [http://www.naantali.fi/satama/fi\\_FI/](http://www.naantali.fi/satama/fi_FI/)

VNS 6/2009 vp. Valtioneuvoston selonteko Itämeren haasteista ja Itämeri-politiikasta.

Wessex Institute of Technology. 2008. Environmental Problems in Coastal Regions VII. United Kingdom: WIT Press.

Åbo Akademi & SYKE. 2012. VELMU – tietopalvelu. Viitattu 26.7.2012.  
[http://web.abo.fi/fak/mnf/biol/huso/vitka/kuvapankki\\_lajit.html](http://web.abo.fi/fak/mnf/biol/huso/vitka/kuvapankki_lajit.html)

