

TalviSÖKÖ

**Kirjallisuuskatsaus alusöljyvahingon
rantatorjunnasta talviolosuhteissa**

Justiina Halonen



TalviSÖKÖ A32372

Kirjallisuuskatsaus alusöljyvahingon
rantatorjunnasta talviolosuhteissa



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus
Kaakkois-Suomi



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus
Uusimaa



S Y K E



KYAMK
University of Applied Sciences

Justiina Halonen

KOTKA 2014

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUJA

SARJA B. TUTKIMUKSIA JA RAPORTTEJA NRO 125

© Tekijä(t) ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

Kannen ulkoasu: Mainostoimisto Nitro ID

Taitto- ja paino: Tammerprint Oy

ISBN: 978-952-306-061-6 (NID.)

ISBN: 978-952-306-062-3 (PDF)

ISSN:1239-9094

ISSN: 1797-5972 (PDF)

julkaisut(a)xamk

TIIVISTELMÄ

Talviolosuhteet tekevät suuren alusöljyvahingon torjuntatyöstä erittäin haastavaa. Jää, lumi ja pakkaneen rajoittavat käyttökelpoisten torjuntamenetelmien määrää ja ne on huomioitava jokaisessa torjuntatyön vaiheessa öljyvudon rajoittamisesta sen keräämiseen ja varastointiin. Talvitorjuntaoperaation menestymisen avaintekijöitä ovat kyky paikallistaa vuotanut öljy ja seurata sen liikkeitä sekä kyky arvioida eri jää- ja sääolosuhteiden vaikutus torjuntataktiikkaan ja logistiikkaan.

Suomessa käytetään ensisijaisesti mekaanista keräystekniikkaa, ei kemikaaleja ilman tarkkaa harkintaa eikä upottamista missään olosuhteissa. Tämä periaate raamittaa myös talvitorjunnan suunnittelua. Valittu tie on ympäristöystävällisin joskin työläs. Mekaaninen keräys on aikaa, työvoimaa, erikoiskalustoa ja logistista suunnittelua vaativa menetelmä. Talvisen torjuntavalmiuden kehittämiseksi Suomenlahden rannikon pelastustoimialueet ovat käynnistäneet talvista rantatorjuntaa kartoittavan TalviSÖKÖ-hankkeen, johon myös tämä kirjallisuuskatsaus liittyy.

Talvitorjuntaan ei voida osoittaa vain yhtä toimintastrategiaa vaan yleensä vaaditaan useamman tekniikan samanaikaista käyttöä. Olosuhteet saattavat vaihdella saman operaation aikana pakkasesta lämpöasteisiin ja takaisin. Osassa vahinkoaluetta saatetaan toimia kiintojääolosuhteissa ja osassa miltei avovesiolosuhteissa. Talvitorjuntaa monimutkaistaa lisäksi se, että jäätä voi olla monentyyppistä ja -paksuista ja se, että öljy saattaa kulkeutua jään alle, kapseloitua jään sisään tai nousta jään päälle. Öljyn paikallistaminen jään tai lumipeitteen alta on vaikeaa. Lisäksi haastetta tuo kylmyyden aiheuttamat muutokset öljyssä itsessään. Kylmyys myös luonnollisesti vaikuttaa käytettäviin laitteisiin ja suojarusteisiin. Käyttökelpoisimmat tekniikat perustuvat pääasiassa lämpösaatolla varustettuun harjakeräysteknologiaan, skimmereihin sekä pumppaukseen ja alipaineimuun.

Talviolot toimivat sekä torjunnan eduksi että haitaksi. Jää ja kylmyys hidastavat öljyn muuntumista ja jää saattaa toimia öljyvuomina estäen öljyä leviämästä. Kiintojää myös suojaa rantaviivaa likaantumiselta. Näistä syistä torjuntaan näyttäisi talvioloissa olevan enemmän aikaa kuin muina vuodenaikoina. Talviolosuhteet voivat helpottaa myös liikkumista vahinkoalueella. Osa saarikohteista on paremmin saavutettavissa jääteitä pitkin ja riittävän kantava kiintojää voi toimia myös työskentelyalustana. Lisäksi rannan kantavuus kasvaa maan jäätyessä. Kasvillisuuden tallomista ja raskaiden koneiden käyttöä tulee normaalisti välttää, sillä se lisää öljyn sekoittumista syvemmälle maahan. Maan ollessa jäässä tämä ongelma vähenee. Lumi myös suojaa kasvillisuutta ja on hyvä imeytysaine.

Rannikon talvisen öljyntorjuntavalmiuden ja vahvistamiseksi tarvitaan keinoja todentaa torjuntatekniikoiden ja -menetelmien käyttökelpoisuutta Suomenlahden talviolosuhteissa. Realististen testausmahdollisuuksien lisäksi tulee panostaa koulutukseen ja harjoitteluun.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
1.1 Määritelmät	5
1.2 Tutkimusasetelma ja aineiston valinta	6
2. ÖLJYNTORJUNTA TALVIOLOSUHTEISSA	8
3. ÖLJYN OMINAISUUDET JA SÄISTYMINEN	11
3.1 Öljyn käyttäytyminen	12
3.2 Öljy ja jää	12
3.3 Öljy lumessa	13
3.4 Öljyn liikkuminen ja leviäminen	14
3.5 Rantautuva öljy	15
4. ÖLJYPÄÄSTÖN HAVAINNOINTI JA MALLINTAMINEN	16
5. TALVITORJUNNAN SUUNNITTELU TORJUNTASKENAARIOIDEN KAUTTA	19
5.1 Torjunta avovedessä	20
5.2 Torjunta siirtymävaiheiden (jäätymisen ja sulamisen) aikana	22
5.3 Torjunta kiintojäävaiheessa	24
6. TORJUNTA- JA KERÄYSMENETELMIEN KUVAUS	26
7. RANTATORJUNTA JÄÄTYNEILLÄ JA LUMIPEITTEISILLÄ RANNOILLA	31
8. RANTAKERÄYSMENETELMIEN KUVAUS	33
9. LOGISTIIKAN JÄRJESTÄMINEN	37
10. TYÖTERVEYS JA TYÖTURVALLISUUS	39
11. AINEISTON ANALYSOINTI JA YHTEENVETO	42
12. LÄHTEET	47

I. JOHDANTO

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää mitä aikaisempia selvityksiä on tehty talvel-la tai kylmissä olosuhteissa tapahtuvasta alusöljyvahingon rantatorjunnasta. Tarkoitus on tiivistää tutkimusten keskeisin sisältö jatkotarkastelun pohjaksi. Katsausta tullaan hyödyntämään talvitor-juntamanuaalin tausta-aineistona ja sitä täydennetään vielä asiantuntijahaastatteluilla.

Kirjallisuuskatsaus on tehty osana TalviSÖKÖ-hanketta (Alusöljyvahingon rantatorjunta talvi-olosuhteissa A32372, 2013–2014), jossa etsitään toimintatapoja ja -menetelmiä pelastustoimen vastuualueelle kuuluvaan talviseen öljyntorjuntaan. Hankkeessa ovat mukana Suomenlahden rannikon öljyntorjunnasta vastaavat viranomaiset: Kymenlaakson pelastuslaitos, Itä-Uudenmaan pelastuslaitos, Helsingin kaupungin pelastuslaitos ja Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos, Kaakkois-Suomen ja Uudenmaan ELY-keskukset sekä Suomen ympäristökeskus. Hanketta koordinoi Ky-menlaakson ammattikorkeakoulu (kyamk). Rahoittajina toimivat Euroopan aluekehitysrahasto EAKR (Päijät-Hämeen liitto), kyamk sekä edellä mainitut pelastuslaitokset.

I.1 Määritelmät

Tässä kirjallisuuskatsauksessa **rantatorjunnalla** tarkoitetaan öljyn keräämistä veden pinnalta, öljyn leviämisen estämisestä sekä rantaviivan suojaamista. Rantatorjuntaan kuuluu myös karkea-puhdistus eli irtonaisen öljyn kerääminen ja sen hallittu kuljettaminen siten, ettei uudelleenöl-lyntymisen vaaraa enää ole.

Talviolosuhteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä niitä olosuhteita, joissa torjuntatyön luonne merkittävästi muuttuu alhaisen lämpötilan, jään, lumen tai maaperän jäätyminen takia. Talvi-olosuhteiden tarkkaa määrittelyä torjuntatyön näkökulmasta vaikeuttaa talviemme erilaisuus. Esimerkiksi lämpötilat ja jääkannen tai lumipeitteen muodostumisen ajankohta voivat vaihdella huomattavasti. Termisen talven aikana vuorokauden keskilämpötila pysyttelee nollan alapuolella (Ilmatieteenlaitos 2013). Torjuntatyön luonne kuitenkin muuttuu jo lämpötilan laskiessa muu-

tamaan lämpöasteeseen. Siksi tässä katsauksessa talviolosuhteilla tarkoitetaan yleisesti sellaisia olosuhteita, joissa torjuntatoimet poikkeavat normaalikäytännöistä toimintaympäristön ja vahinkoöljyn ominaisuuksien muuttuessa.

1.2 Tutkimusasetelma ja aineiston valinta

Kirjallisuuskatsauksen alkuperäisenä lähtökohtana oli selvittää **rantatorjuntaa talviolosuhteissa**. Tutkimusasetelma osoittautui kuitenkin liian suppeaksi, joten tutkimuksen kohdetta laajennettiin koskemaan talvista alusöljyvahingon torjuntaa yleensä. Keskeisiksi tutkimuskysymyksiksi nousivat:

- Miten talviset olosuhteet muuttavat alusöljyvahingon torjuntaa?
- Mitä öljyntorjuntamenetelmiä ja -tekniikoita voidaan hyödyntää kylmissä olosuhteissa?

Tiedonhaussa hakusanoina käytettiin seuraavia termejä: oil spill response in ice, cold weather response, oil spill response in cold conditions, arctic oil spill response, onshore oil spill response sekä oljeskadeskydd under isförhållanden, olja i is ja oljeskadeskydd i strandzonen.

Aineistolta edellytettiin, että se on tieteellinen artikkeli, julkisyhteisön esimerkiksi ministeriön, viraston tms. selvitys, tieteellisten järjestöjen julkaisu tai muiden asiantuntijaorganisaatioiden ja tutkimuslaitosten tutkimus tai selvitys. Julkaisuvuoden haarukaksi asetettiin alun perin 1990–2000, mutta aineiston vähäisen määrän vuoksi myös aikaisemmin ilmestyneet julkaisut otettiin mukaan. Aikaväliksi muodostui lopulta vuodet 1979–2012.

Aineistoa etsittiin pääasiassa öljyntorjunta-alan tutkimus- ja konferenssijulkaisuista (mm. IOSC, Interspill ja AMOP Proceedings), IMO:n, HELCOMin, Suomen ympäristökeskuksen ja VTT:n julkaisuista sekä Chalmers Universityn tietokannoista. Lisäksi hyödynnettiin löydettyjen artikkelien viittauksia muihin tutkimuksiin, jolloin viittausketjun kautta mukaan valikoitui lisää tutkimuksia. Katsauksessa käytiin lävitse yhteensä 60 artikkelia. Aineistosta karsittiin pois yleiskuvaukset, katsaukset, joista ei ollut nostettavissa esille selkeää tutkimusongelmaa tai joissa vahinkopaikan toimintaympäristö poikkeaa merkittävästi Suomen olosuhteista.

Katsauksen pääasiallisena lähteenä ovat Kanadan, Yhdysvaltojen, Norjan ja arktisen alueen öljyntorjuntaa käsittelevät artikkelit ja oppaat. Keskeisimmäksi toimintaohjeeksi nousi Arktisen neuvoston koordinoima ohje *Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters* (EPPR 1998), jonka valmistelussa Suomikin on ollut mukana. EPPR:n manuaalia ollaan uudistamassa vuosien 2014–2015 aikana (Hietala 2013). Mahdolliset muutokset eivät siten ehdi mukaan tähän katsaukseen.

Arktisen öljyntorjuntaohjeistuksen hyödyntämisestä on useita – eriäviäkin – mielipiteitä. Muun muassa Owens & Robilliard (1981, 2) alleviivaavat pitämään arktisen öljyntorjunnan erossa alemmilla leveysasteilla tapahtuvasta torjunnasta sen erityisluonteen vuoksi. Arktisen alueen omailemainen infrastruktuuri ja toimintaympäristö mm. erilaiset rantamateriaalit, tundra, ikirouta, monivuotinen jää ja meriveden suolapitoisuudesta johtuvat erot vaikuttavat öljyn käyttäytymiseen, jään rakenteeseen sekä sen kantokykyyn ja siten soveltuviin torjuntamenetelmiin. Kylmä-

osaamisen painottuessa arktisen alueen ympärille ja muualta saatavan lähdeaineiston vähyyden vuoksi, on myös tässä katsauksessa käytetty arktista materiaalia, kuitenkin niin, että on pyritty löytämään yleistettävissä ja adaptoitavissa olevat piirteet.

Katsauksessa huomioitiin myös jokialueilla tapahtuvaa talvitorjuntaa kuvaavat artikkelit. Niistä etsittiin viitteitä Suomenlahden rikkonaisessa saaristossa, salmissa ja kapeissa lahdenpohjukoissa tapahtuvaan torjuntaan. Alhaisen suolapitoisuuden vuoksi Suomenlahden olosuhteet eivät torjuntatyön kannalta merkittävästi poikkea muiden maiden jokialueista. Pääinvastoin – öljyt, joiden yleisesti arvioidaan kelluvan merivedessä, voivat upota täällä (Forsman 2012, 7). Murtovedessä öljy menettää osan kelluvuudestaan (Lampela 2011, 5).

Suomessa julkaistuja talvitorjuntaraportteja ovat mm. Suomen ympäristökeskuksen *Oil Spill Response in Ice. Report on the State of the Art* (Lampela, Kari 2011) sekä VTT:n *Acute Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice* (Hänninen & Sassi 2010). Merkittävää lähdemateriaalia ovat myös SSPA Sweden raportti *Olja i is – Förstärkt oljeskadeskydd i strandzonen under isförhållanden* (2008) ja *JIP Oil in Ice* -ohjelman tuottamat raportit (Joint Industry Program on Oil in ice, jota koordinoi SINTEF). Lähteistä tarkemmin luvussa ”Aineiston analysointi ja yhteenveto”.

2. ÖLJYNTORJUNTA TALVIOLOSUHTEISSA

Öljyntorjuntamenetelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään: menetelmiin, joissa öljy kerätään pois tai menetelmin, joissa öljy laimennetaan ympäristöön tai sen muotoa muutetaan. Muualla maailmassa suositaan paljon jälkimmäistä vaihtoehtoa, kuten hajottavien kemikaalien käyttöä ja öljyn polttamista. Suomessa nämä vaihtoehdot on katsottu toissijaisiksi Itämeren pienen vesitilavuuden ja huonon tilan vuoksi. Itämeren suojelukomissio HELCOMin suosituksesta Suomenlahdella käytetään ensisijaisesti mekaanista keräystekniikkaa, ei kemikaaleja ilman tarkkaa harkintaa eikä upottamista missään olosuhteissa (Lampela 2011, 4). Tämä periaate raamittaa myös talvitorjunnan suunnittelua. Valittu tie on ympäristöystävällisin, joskin työläs ja kallis (Lampela 2011, 4). Mekaaninen keräys on aikaa, työvoimaa ja erikoiskalustoa vaativa menetelmä ja se edellyttää myös logistista suunnittelua sekä vahinkojätteelle että torjuntajoukoille ja -kalustolle.

Talvitorjuntaan ei voida osoittaa vain yhtä toimintastrategiaa vaan yleensä vaaditaan useamman tekniikan samanaikaista käyttöä. Vahinkoalueella saatetaan tarvita sekä ankariin jääolosuhteisiin että miltei avovesiolosuhteisiin soveltuvia tekniikoita samanaikaisesti (Lampela 2011, 21.) Olosuhteet saattavat vaihdella saman operaation aikana pakkasesta lämpöasteisiin. Erityisesti etelärannikon talviin kuuluvat pakkasen ja leudon sään vaihtelut vesi- ja räntäsateineen (Ilmatieteenlaitos 2013). Lämpötilavaihtelut on ennakoitava esimerkiksi pidempiaikaisten puomitusten suunnittelussa ja vahinkojätteen välivarastoinnissa.

Talvitorjuntaan tuovat haastetta muun muassa jääpeite, lumi, alhaiset lämpötilat, vuodenajalle tyypillinen pimeys ja onnettomuuspaikan saavutettavuus (Forsman 2012, 9; Lampela 2011, 5; MSB et al. 2010, 77; Exxon Mobil 2008, 15-2; Oskins & Bradley 2005, 1; Owens & Robilliard 1981, 2). Torjuntaa monimutkaistaa se, että jäätä voi olla monentyyppistä ja -paksuista, öljy saattaa kulkeutua jään alle, kapseloitua jään sisään tai nousta jään päälle, sekä kylmyyden aiheuttamat muutokset öljyssä itsessään (Lampela 2011,5; Oskins & Bradley 2005, 1).

Avovedessä öljy haihtuu melko nopeasti, mutta kylmässä luonnollinen haihtuminen ja öljyn muuntuminen on hitaampaa. Jään alla öljy saattaa säilyä ”tuoreena” pitkiäkin aikoja, sillä mm.

öljy-vesiemulsion muodostuminen tarvitsee sekoittamista eli aaltojen liike-energiaa. (Lampela 2011, 6; Hänninen & Sassi 2010, 6.) Tuoreessa öljyssä sen vaaraominaisuudetkin ovat tallella (Oskins & Bradley 2005, 1). Alhaiset lämpötilat vähentävät kaasujen kuten bentseenin ja rikki-vedyn haihtumista. Haihtuvien osasten säilyminen pidempään on huomioitava syttymis- ja räjähdysriskin arvioinnissa, erityisesti silloin kun hiilivedyt pääsevät vapautumaan öljyä kairattaessa esiin jään alta (Exxon Mobil 2008, 15-3). Kylmyys myös luonnollisesti vaikuttaa käytettäviin laitteisiin ja suojavarusteisiin (Oskins & Bradley 2005, 1). Esimerkiksi öljyn viskositeetin muuttuminen kylmässä tekee osan öljyistä mahdottomaksi kerätä kevyimmille öljyalaaduille tarkoitetuilla tekniikoilla (Lampela 2011, 5).

Talviolosuhteista voi myös olla hyötyä; jää toimii sekä torjunnan eduksi että haitaksi. (Oskins & Bradley 2005, 1; Lampela 2011, 3 ja 5; Forsman 2012, 9). Dynaaminen, liikkuva jääkenttä yleensä hankaloittaa öljyn rajoittamista ja keräämistä, kun taas pysyvä kiintojää helpottaa (MSB et al. 2010, 77; EPPR 1998, 4-8). Talvella ympäristö on myös vähemmän altis ja herkkä öljyvahingon vaikutuksille ”low ecological sensitivity” (Forsman 2012, 9; MSB et al. 2010, 77). Kiintojää yleensä suojaa rantaa öljyyntymiseltä. Öljy ei myöskään pääse tunkeutumaan syvälle jäätyneeseen rantamateriaaliin. (Exxon Mobil 2008, 15-4.)

Jäälautat hidastavat öljyn säästymistä vaimentaessaan aallokointia sekä estävät öljyä leviämästä laajalle alueelle (Lampela 2011, 3 ja 5; MSB et al. 2010, 77; Exxon Mobil 2008, 15-3; EPPR 1998, 4-8; Nelson 1981, 1). Näistä syistä on esitetty, että talvisaikaan torjuntaan on käytettävissä enemmän aikaa ennen kuin öljy saavuttaa rannat (Lampela 2011, 3 ja 5). Säästymisen hidastuminen rauhallisemmassa aallokossa ja kylmässä hillitsee jätemäärän kasvamista, sillä aallokointi muun muassa edesauttaisi emulgoitumista. Emulgoituneessa öljymassassa saattaa pahimmillaan olla 60% vettä (SÖKÖ II, vihko 8, 11).

Torjuntastrategian käyttökelpoisuuden määrittelee sen tehokkuus ja soveltuvuus kyseiseen ympäristöön, suunnitellun toiminnan kustannustehokkuus sekä terveys- ja turvallisuusvaikutukset (Helland et al. 1997, 2). Torjunta tulee suunnitella nämä kaikki näkökohdat huomioiden, turvallisuus ensisijaisena. Ennen kuin torjuntaan ryhdytään on olosuhteet todettava turvallisiksi. Turvallisuustilanteen kehittymistä on myös tarkkailtava koko prosessin ajan. EPPR suosittelee erillisen tarkkailijan asettamista seuraamaan torjuijen työturvallisuutta (EPPR 1998, 4-8).

Torjuijen toimintakykyä heikentävät ja turvallisuutta uhkaavat erityisesti haastava työympäristö ja vahinkoaine. Rikkipitoisen raakaöljyn tai muiden helposti haihtuvien öljyjen vuodoissa voi kehittyä räjähdysherkkä atmosfääri. (EPPR 1998, 4-8.) Öljystä haihtuvat yhdisteet ovat myös terveydelle haitallisia ja syöpäsairauden varaa aiheuttavia (Kivikari & Romo-Nyrhinen 2009, 16).

Haasteita tuovat lisäksi (Lampela 2011, 5; Exxon Mobil 2008, 15-2; Oskins & Bradley 2005, 2; EPPR 1998, 2-9 ja 3-41-42):

- Kylmyys ja tuuli
- Jäätävä vesi, liukkaus
- Jään kantavuus, jääkentän liikkuminen ja muuttuminen
- Lyhyt valoisa aika

Lisäksi on huomioitava (EPPR 1998, 2-9 ja 3-41-42; Oskins & Bradley 2005, 2):

- Kaluston huonontunut toimintavarmuus
- Jäätämisen vaikutukset alus- ja venekalustoon
- Lisääntynyt polttoaineen tarve

Kovilla pakkasilla laitteet ja koneet voidaan joutua pitämään käynnissä kokoajan. Tämä on huomioitava polttoaineen tarpeessa ja jakelussa. Samoin varaosia saattaa mennä normaalia enemmän. Mekaaniset laitteet toimivat vähemmän tehokkaasti: kondensaatio- ja jäätymisongelmia esiintyy. (EPPR 1998, 3-41.)

Talviset olosuhteet saattavat myös estää torjuntatoimet tai siirtää niiden aloittamista. Esimerkiksi talvella kovassa aallokossa on arvioitava, onko merelle turvallista lähteä ja mitkä ovat ylipäättään torjuntatoimien realistiset menestymisen mahdollisuudet. Myös jään kantavuus saattaa toisinaan olla kriittinen tekijä. On hyvä käyttää asiantuntijaa arvioimaan kantaako jää torjuijen ja torjuntakaluston painon (EPPR 1998, 4-8). Useimmiten kalusteiden ja torjuijen sijoittaminen ja operoiminen rannalta käsin on turvallisempaa ja käytännöllisempää ja vaatii myös vähemmän aluksia (EPPR 1998, 4-23).

Talvisessa torjunnassa voi tulla eteen vaikeuksia, joihin ei etukäteissuunnittelullakaan välttämättä osata varautua. Vahinkopaikalla voi muodostua ongelmaksi vuotaneen öljyn löytäminen (Lampela 2011, 21; Oskins & Bradley 2005, 2) ja vahingon laajuuden määrittäminen, rajoittaminen ja tehokas kerääminen (Oskins & Bradley 2005, 2). Varautumista voivat rajoittaa myös soveltuvan kaluston löytäminen, hankkiminen ja ylläpitäminen. Haasteena on myös tilanteeseen koulutettujen torjuijen puute sekä tiedon ja tutkimuksen vähäisyys kylmätorjunnasta. (Oskins & Bradley 2005, 1-2.)

Lukuisista laboratorio- ja kenttätesteistä huolimatta kylmiin ja jäisiin olosuhteisiin suunnatun öljyntorjunnan kehitys on ollut hidasta. Edelleen on puutetta tehokkaista menetelmistä, joita voitaisiin hyödyntää suurissa öljyvahingoissa. Kapasiteettia on pienten vahinkojen torjuntaan, mutta suurissa vahingoissa voidaan joutua odottamaan jään sulamista ja toimia sitten avovesimenetelmin. (Lampela 2011, 21.)

Nykyisillä tekniikoilla voidaan poistaa vain murto-osa vuotaneesta öljystä (Decola et al. 2006, 7). Mekaaninen keräys onnistuu jäissä, mutta on tehokasta vain pienissä, alle 140 tonnin öljyvahingoissa. Mekaanisten kerääjien keräyskapasiteetti on vielä melko rajoitettua. On arvioitu, että mekaanisten keräyslaitteiden määrä nousee hallitsemattoman suureksi, jos niitä käyttäen halutaan kerätä enemmän kuin 10% öljystä. (Dickins 2005 Decola et al. 2006, 33 mukaan.) Ongelmaksi nähdään myös luotettavien kulkeutumisenusteiden ja -laskelmien puuttuminen. (Decola et al. 2006, 6; Lampela 2011, 21.)

3. ÖLJYN OMINAISUUDET JA SÄISTYMINEN

Öljyn käyttäytymisen ennakointi torjunnan ensipäivien ja -viikkojen aikana on hyödyllinen tieto torjuntatöiden johtajalle. Keskeistä on arvioida, millaista öljy on ja miten vaarallista ja myrkyllistä se on. Öljyn ominaisuudet ovat tärkeää tietoa torjuntamenetelmän ja -strategian valinnassa, torjuntahenkilöstön työturvallisuuden sekä vahinkojätteen turvallisen käsittelyn ja kuljetusten kannalta. Vahinkoaineen ominaisuuksien selvittämisessä hyödynnetään aluksen lastitietoja ja näytteenottoa. Öljynäytteen vertaaminen aikaisempiin tutkittuihin näytteisiin ja tietokantoihin antaa tietoa öljyn mahdollisesta käyttäytymisestä eri oloissa. (SÖKÖ II, vihko 8, 12.) Ominaisuuksien selvittämisessä ovat tukena ympäristöviranomaiset.

Näytteestä tutkittavia torjunnan kannalta tärkeitä tietoja ovat öljyn viskositeetti eli jähmeys, emulgoituminen eli sekoittuminen veteen, haihtuminen sekä tiheys ja sen muuttuminen ajan myötä. Näillä tiedoilla voidaan ennakoida esimerkiksi vajoaako öljylautta veden alle veden lämpötilan muuttuessa. (SÖKÖ II, vihko 8, 12.)

EPPR (198, 2-6) jakaa raakaöljyt sekä öljytuotteet kolmeen eri ryhmään viskositeetin perusteella. Tätä viskositeettiryhmittelyä käytetään yksinkertaistamaan torjuntamenetelmien valintaa. Öljyn ominaisuuksien muuttuminen, ts. säistyminen, vaikuttaa menetelmien tehokkuuteen. (EPPR 1998, 6-4; Hänninen & Sassi 2010, 21) Torjuntatyön kannalta merkittäviä ovat seuraavat säistymisprosessit (EPPR 1998, 6-3; Hänninen & Sassi 2010, 20.):

- öljy-vesi-dispersaatio (O/W)
- vesi-öljy-emulsio (W/O)
- haihtuminen
- leviäminen, ja
- uppoaminen tai sedimentoituminen

Öljyn ominaisuuksia käsittelee tarkemmin mm. Dickins (2011) artikkelissaan *Behavior of Oil Spills in Ice and Implications for Arctic Spill Response* ja Owens et al. (2005) artikkelissa *The Behavior and Documentation of Oil Spilled On Snow- and Ice-Covered Shorelines*. Raakaöljyn tiheyden ja viskositeetin muutoksia jääoloissa tarkastelee mm. Buist, I.A. & Dickins, D.F. (1987) artikkelissa

Experimental Spills of Crude Oil in Pack Ice, Dickins, D., Brandvik, P.J., Bradford, J., Faksness, L.-G., Liberty, L. & Daniloff, R. (2008) artikkelissa *Svalbard 2006 Experimental Oil Spill Under Ice: Remote Sensing, Oil Weathering Under Arctic Conditions and Assessment of Oil Removal by In-Situ Burning* ja öljyn säilymistä mm. Dickins, D.F. & Buist, I.A (1999) artikkelissa *Countermeasures for Ice Covered Waters*. Arvioitaessa öljyn käyttäytymistä ja ominaisuuksien muuttumista kylmässä tulee huomioida lähdeaineiston tarkoittaman meriveden sekä Suomenlahden murtoveden eroavaisuudet.

3.1 Öljyn käyttäytyminen

Öljyn käyttäytyminen vedessä riippuu molempien suhteellisesta tiheydestä. Jos öljyn tiheys on veden tiheyttä pienempi, öljy kelluu ja pysyy alttiina säilymiselle. Öljy, jonka tiheys on vettä suurempi, painuu vedenpinnan alle ja on alttiina vain lähinnä liukenemiselle, joka on yleensä vähäinen tai toisarvoinen säilymisprosessi. Uponnut öljy hajoaa hitaasti. Kelluva öljylautta, jonka tiheys on lähellä meriveden tiheyttä, vajoaa sen kohdatessa makeampaa vettä. (EPPR 1998, 6-4; Hänninen & Sassi 2010, 20.) On huomioitava, että öljyt joiden arvioidaan kelluvan merivedessä, voivat kuitenkin upota täällä Itämerellä. (Forsman 2012, 7; Lampela 2011, 5; Lampela & Jolma 2011, 3). Erityisesti murtovedessä eli alhaisessa suolapitoisuudessa, öljy menettää osan kelluvuudestaan. Näin osalla öljy-laaduista on taipumus vajota pinnan alle. (Lampela 2011, 5). Myös meriveden vaihtelevat pintalämpötilat voivat muuttaa kelluvat öljyt uppoaviksi (Forsman 2012, 7). Vesipatsaassa tai merenpohjalla olevaa öljyä on erittäin vaikea löytää tai kerätä (Lampela 2011, 5).

Ensimmäiseksi tulee selvittää vuotaneen öljyn jähmepiste. Jos jähmepiste on 5-10 astetta veden lämpötilan yläpuolella, on öljy todennäköisesti kiinteitynyt (Exxon Mobil 2008, 15-5). Meriveden lämpötilan ollessa öljyn jähmepistettä korkeampi, öljy on pumpattavaa. Ilmanlämpötilan ollessa alhainen, alkaa öljyn viskositeetti kasvaa heti vedestä poistamisen jälkeen, jolloin tarvitaan lämmitystä öljyn käsiteltävyyden säilyttämiseksi. (Allen & Nelson 1981, 2.) Kun öljy on lämpötilaltaan jähmepisteensä alapuolella, on sen imeminen lammikoista tai polttaminen tehotonta. Näissä tilanteissa tarvitaan mekaanista keräystä ruoppajalla tai kaivurilla. (Marsh et al. 1979, 3.)

3.2 Öljy ja jää

Jään alla kelluva öljy kulkeutuu pitkin jääkannen alustaa, jonka pinta on yleensä epätasainen. EPPR:n mukaan (1998, 6-5) öljyn liikuttamiseen jään alla vaaditaan noin 0,4 m/s virtaus, mutta Glover & Dickins (1999, 1) uskovat öljyn lähtevän liikkeelle jo 0,15 m/s virtauksella. Jään alapohjan epätasaisuudella on tässä suuri merkitys. Itämeren olosuhteissa virtaus jään alla harvoin riittää liikuttamaan jään alla olevaa öljyä (Lampela 2011, 6).

Öljyllä on taipumus kerääntyä alustan taskuihin ellei sen sivuttaista liikettä pysäytä harjanne (EPPR 1998, 6-5.) Jään alapohjan epätasaisuudesta riippuen jäällä on suuri kyky pidättää ja varastoida öljyä. Jään varastointikapasiteetti ”under-ice storage” voi olla jopa 60 litraa/m². (Glover & Dickins 1999, 1.) Tästä ilmiöstä käytetään myös termiä kasaantumisyölymi ”oil storage volume” (Goodman et al. 1987, 1) Seurauksena ilmiöstä on, että talvisaikaan tapahtuva vuoto jään alle rajoittuu pienemmälle alueelle kuin se avovesiaikaan rajoittuisi (Glover & Dickins 1999, 2). Jäätä muodostuu jään ja veden rajapinnassa ja jos tässä rajapinnassa on öljyä, voi se joutua muo-

dostuvan jään sisään. Jään sulaessa yläosistaan ja kun sitä muodostuu lisää alapuolelta, jään sisällä oleva öljy nousee jääkentässä ylöspäin ja lopulta nousee jään pinnalle. Pääasiallinen tapa, jolla öljy nousee jään pinnalle on kuitenkin railojen ja suolavesikanavien kautta. (EPPR 1998, 6-5.)

Jään alle kertynyt öljy vähentää lämmönsiirtoa öljyn alla olevasta vedestä öljyn yläpuolella olevaan jäähän, jolloin uuden jään muodostuminen öljyn kohdalla vähenee kun taas muualla jään kasvu jatkuu normaalina. Näin öljyn lukittuu paikoilleen ympärillä kasvavan jään vaikutuksesta ja saattaa myös kapseloitua jäähän sisään. (Allen & Nelson 1981, 2.)

Öljyn kapseloituminen ja koteloituminen jäähän pysäyttää sen säästymisen (Glover & Dickins 1999, 1; Lampela 2011,5). Tällä suuri merkitys, sillä kun öljy pumpataan tai muuten vapautetaan pinnalle, ollaan tekemisissä tuoreen, säästymättömän öljyn kanssa vaikka onnettomuudesta olisi kulunut kuukausia. (Glover & Dickins 1999, 1.) Myös jään alla öljyn säästymisen miltei pysähtyy (Allen & Nelson 1981, 2).

Jos öljy löytää railon tai reiän jäässä, kuten väylän, avannon tms., öljy virtaa avoveteen ja saattaa pursuta jään päälle (EPPR 1998, 6-5; Allen & Nelson 1981, 2). Emulsifioituneella öljyllä ei ole taipumusta nousta ylös jään alta. Öljyyn sekoittuneet vesipisarot jäätyvät nopeasti ja tekevät näin sekoituksesta jähmeän ja rakeisen koostumukseltaan. Sellaisen ei nouse pienistä raoista tai kanavista, vaan pysyy stabiilina paikoillaan. (Dickins 2011, 7; Allen & Nelson 1981, 2.) Rikkoutuneessa jääkentässä öljyllä on tapana kerääntyä avovesialueille, ellei sen liikkumista rajoiteta. Pakastuessa eli tilanteessa, jossa muodostuu uutta jäätä, uusi jää voi muodostua öljyläikän alle. (EPPR 1998, 6-5; Allen & Nelson 1981, 2.)

Keväällä öljy nousee huokoisen jään läpi itsestään suolavesikanavien kautta (EPPR 1998, 5-32; Lampela 2011, 6). Monia (tuhansia) toisistaan etäällä olevia pieniä lammikoita voi muodostua ja öljylautat liikkeudessaan laajentavat aluetta. Muutaman päivän jälkeen lammikot saattavat yhdistyä suuremmiksi. (EPPR 1998, 5-32.)

Alhaisen suolapitoisuuden vuoksi Itämeren jää on pääasiassa melko kiinteää ja tiivistä, ilman suolavesikanavia. Tästä syystä öljy kiinnittyy melko heikosti jäälohkareisiin, ja suurin osa öljystä on suhteellisen pientä energiamäärää käyttäen mahdollista irrottaa lohkarista. (Lampela 2011, 5; Lampela & Jolma 2011, 3).

Öljyn nousemista jään läpi on tutkinut mm. Dickins et al. (2008, 5-6.) Huippuvuorilla. Heidän kentäkokeensa mukaan öljy nousi pinnalle jään läpi 24 päivän kuluttua vuodosta. Jään pinnalla haihtui noin 30-35% ja vesipitoisuus lammikossa oli pieni, vain 0-8 vol.%. (Dickins et al. 2008, 6). Erilaisten öljyjen käyttämisestä on yksityiskohtainen selvitys Dickinsin (2011) artikkelissa *Behavior of Oil Spills in Ice and Implications for Arctic Spill Response*.

3.3 Öljy lumessa

Öljy valuu lumipinnan tai jääpinnan läpi siten, ettei suurinta osaa öljystä voida havaita pinnalta. Öljyn kerääminen lumesta ei sinänsä ole hankalaa, mutta on tunnettava öljyn ominaisuudet ja käyttäytyminen, jotta voidaan arvioida öljyn kulkeutuminen ja ennustaa mihin öljy alkaa kertyä. (Owens et al. 2005, 3.)

Lumipeitteen alla olevan öljyn haihtuminen on merkittävää, vaikka osa säästymisprosessin vaiheista heikkenee (Owens et al. 2005, 2; Lampela 2011, 6). Lumen peittämänäkin öljy jatkaa haihtumistaan joskin hitaammalla tahdilla kuin jos se olisi suoraan alttiina ilmalle. Vaikka haihtuminen on hitaampaa, haihtuu öljystä sama osuus kuin lämpimissäkin olosuhteissa. (Owens et al. 2005, 2.)

Lumi on hyvä imeytysaine (Exxon Mobil 2008, 15-4; Owens et al. 2005, 2; EPPR 1998, 3-43; Allen & Nelson 1981, 1). Öljyä ja lunta voidaan sekoittaa keskenään ja kerätä sitten pois, joskin tällaisen massan öljypitoisuus on aika alhainen, alle 1 % kevyillä öljyillä (EPPR 1998, 3-43 ja 4-97). Owens et al. (2005, 2) pitää prosenttilukua 20 yleisesti vakiona torjunnan suunnittelussa lumen huokoisuuden ja absorboivuuden suhteen. Allen & Nelson (1981, 1) taas arvioi lumen imeytyskyvyksi jopa 40–70%, kun kyseessä on irtonainen, kuiva ja rakeinen lumi. Tämä on saatu laskettua, kun raakaöljyä (Prudhoe Bay) on imeytetty lumeen ja likaantunut lumi on sulatettu (Allen & Nelson 1981, 1).

Öljyn määrä lumessa riippuu öljyn tyypistä ja lumen ominaisuuksista. Öljypitoisuus lumessa nousee korkeimmaksi keskiraskailla raakaöljyillä, ja on pienin kevyillä öljyillä. Öljypitoisuus jää pieneksi myös tiivistyneessä lumessa pakkasella, mutta voi olla suuri vastasataneessa tuoreessa lumessa. (EPPR 1998, 4-97.)

Öljy alkaa sulattaa lunta. Raakaöljy sulattaa enemmän, mutta leviää vähemmän kuin bensiini, joka leviää hyvin nopeasti lumessa ja laajalle alueelle. Kevyet öljyt liikkuvat ”ylämäkeen” kapillaarisesti. Lumi, jonka tuuli puhalttaa öljyn päälle, jää kiinni ja painuu öljyyn ja kasvattaa näin kerättävän jätteen määrää. Satava lumi kertyy öljyn pintaan. (EPPR 1998, 4-97.)

3.4 Öljyn liikkuminen ja leviäminen

Kylmässä vedessä öljy leviää vähemmän ja säilyy paksumpana kerroksena kuin lämpimässä vedessä. Osittain siksi, että kylmässä öljyllä on suurempi viskositeetti eli se on jäykempää ja tahmeampaa, mutta pääasiassa siksi, että jäät rajoittavat sen liikettä, myös sohjo, jäämurska ja suppojää (hyydöt). (Glover & Dickins 1999, 1.) Yli 60% jääkonsentraatioissa öljy voi esiintyä suhteellisen paksuna, noin millimetrin tai sitä paksumpana kalvona (Lampela 2011, 5).

Avovedessä öljy leviää ja hajaantuu osaksi tuulten ja virtausten ansioista. Koska vesi on ilmaa tiheämpää, on pintavirtauksilla suurempi vaikutus öljyn liikkumiseen ja leviämiseen kuin tuulella. Öljy liikkuu samalla nopeudella kuin pintaveden virtaus ja noin 3% pinnassa vaikuttavan tuulen nopeudesta. Jos virtaus ja tuuli ovat samaan suuntaan, on niillä yhteisvaikutus ja jos taas erisuuntaan, on nettovaikutus kahden voiman kombinaatio. (EPPR 1998, 6-7.)

Joessa, jossa virtaussuunta säilyy samana, virta kuljettaa lauttaa alajuoksuun ja tuuli työntää lautta jompaakumpaa penkkaa kohti. Virtausten nopeus vaihtelee joen eri kohdissa: toisissa öljylautta kulkee nopeammin toisissa hitaammin, tai kertyy suistoihin. (EPPR 1998, 6-7.) Jääsumat saattavat aiheuttaa tulvimista, jolloin öljy saattaa nousta maalle tulvaveden mukana (EPPR 1998, 6-8).

Jään alla olevan öljyn liikkumiseksi vaaditaan 0,15-0,4 m/s virtaus (Glover & Dickins 1999, 1; EPPR 1998, 6-5).

Öljy rikkonaisessa jääkentässä liikkuu samalla nopeudella kuin ajelehtivat lautat. Tuulen vaikutus on voimakkaampaa silloin kuin on jäälauttoja, kuin jos olisi pelkästään öljyä. Tästä johtuen öljy ajelehtivien jäälauttojen seassa liikkuu nopeammin kuin avovedessä tuulen nopeuden ollessa sama. (EPPR 1998, 6-8.)

Jään ajelehtimisnopeus vaikuttaa öljykerroksen paksuuteen. Jää toimii puomina (ajojää) tai hidasteena (riite). Näin öljy ei leviä tai dispersoidu niin laajalle alueelle, vaan jää paksummaksi kerrokseksi. Haihtuminen on hitaampaa kun öljylautta paksuntuu. (Lampela 2011, 6.) Öljyyn sekoittuvan veden määrä ja prosessin nopeus vähenevät jäälautan aaltoja vaimentavasta vaikutuksesta (Lampela 2011, 3 ja 5; EPPR 1998, 4-8; Allen & Nelson 1981, 1).

3.5 Rantautuva öljy

Rannalla öljyn tunkeutuminen rantasedimentteihin riippuu rantamateriaalin raakoosta ja öljyn viskositeetista. Vain kevyemmät öljyalaatut, kuten bensiini ja diesel, tunkeutuvat hiekkaan, kun taas melkein kaikki lukuun ottamatta kaikkein tahmeimpia öljyjä voivat tunkeutua karkeaan soraan. (EPPR 1998, 6-6.)

Öljy rantamateriaalin pinnalla on alttiina säistymiselle sekä aaltojen ja tuulen muokkaukselle, kun taas sedimentteihin painunut öljy on suojassa säistymiseltä ja sen hajoaminen kestää siksi kauan, joskus vuosikymmeniä. Rannalle ajautunut öljy saattaa lähteä uudelleen liikkeelle. Esimerkiksi öljy-sedimenttimassa saattaa lähteä kellumaan ja jos öljy-sedimenttimassa on tiheydeltään suurempi kuin vesi, se laskeutuu ja alkaa kerrostua rantaveteen. (EPPR 1998, 6-6.)

Rantautunut öljy on pysyvämpää kylmässä, sillä silloin mekaaninen liike ja lämpöenergia ovat minimissään. Pysyessään kauan paikallaan öljy myös ehtii vaikuttaa rankemmin eliöstöön. (Owens & Robilliard 1981, 1.) Jään muodostuminen rantaan vähentää aallokointia, jolloin mekaaninen liike vähenee. Ainoastaan itse jään liikkuminen ja hankautuminen aiheuttavat liikettä. Rannan jäätyminen rajoittaa öljyn imeytymistä syvemmälle. Jos vuoto sattuu syksyllä jäätyksen aikoihin, voi öljy kapseloitua jäätyvän rantamateriaalin sisään ja vapautua vasta sulamisen aikaan. (Owens & Robilliard 1981, 2.)

Öljyn pysyvyyteen rannassa vaikuttaa rannan altistuminen aallokelle (pyyhkäisymatkan pituus), rantamateriaalin märkyys (joko sateen tai veden kyllästyvien sedimenttien aiheuttamana) ja öljyn olomuoto. Esimerkiksi emulsifioitunut raakaöljy ei ole niin pysyvää ja tunkeutuvaa kuin emulsifioitumaton. Tämä johtuu pääasiassa kahdesta mekanismista. Ensinnäkin emulsifioituneessa öljyssä on noin puolet vettä, jolloin sedimentit kyllästyvät eivätkä ime itseensä niin paljon öljyä. Toiseksi emulsifioitunut öljy ei ole yhtä tarttuvaa kuin raakaöljy, jolloin aallokointi saa sen uudestaan liikkeelle joko syvemmälle sedimentteihin tai vesistöön. (Owens et al. 1983, 2 ja 5-6.)

4. ÖLJYPÄÄSTÖN HAVAINNOINTI JA MALLINTAMINEN

Öljyn paikallistaminen jään tai lumipeitteen alta on vaikeaa. Torjuntaoperaation tehokkuus riippuukin pitkälti torjunnan johdon kyvystä paikallistaa öljy ja seurata sen liikkeitä (Glover & Dickins 1999, 2). Öljypäästön havainnointi, seuranta ja kartoitus ovat erityisen tärkeitä sillä öljy saattaa olla piilossa jään tai lumen alla. Lisäksi saattaa olla täysin pimeää. Havainnointi ja jäljittäminen on vaikeaa, joskus mahdotontakin, jos öljy on vettä tiheämpää eli uppoaa. (Lampela 2011, 21; EPPR 1998, 6-9.) Tilanteissa, joissa sääolosuhteet tai jää estävät muun torjunnan, tiedustelu ja öljyn liikkeiden tarkkailu saattavat olla ainoita käynnissä olevia toimenpiteitä (Hänninen & Sassi 2010, 14).

Päästövalvonnan ja seurannan tarkoituksena on paikallistaa öljyvuoto ja määrittää sen etenemissuunta. Vedenpinnassa olevan öljyn seuraamiseen voidaan käyttää EPPR:n (1998, 6-9) mukaan:

- visuaalista havainnointia, still- ja videokuvaa
- infrapunakameraa tai IR/UV-järjestelmiä
- laserfluorosensoreita
- mikroaaltoradiometriä tai tutkaa
- satelliittikuvia

Visuaalinen havainnointi valvontalentokoneista ei onnistu öljyn ollessa jään alla tai jään sisällä. Silloin toimii parhaiten fluoresensorit ja hämärä/pimeännäkökamerat (low light-level video cameras). Öljyn havainnoiminen rikkoutuneesta jääkentästä onnistuu kuitenkin suuremman värikontrastin ansiosta myös ilmasta käsin (EPPR 1998, 6-9). Jään alla olevan öljyn seuraaminen saattaa edellyttää sukeltajien tai kameralla varustettujen ROVien käyttöä. (Lampela 2011, 7; EPPR 1998, 6-9.)

Kylmätorjunnassa käytettävimpiä kaukokartoitusmenetelmiä ja -sensoreita ovat (Velez et al. 2011, 3; Dickins 2010, 1 ja 7; Hänninen & Sassi 2010, 15):

- FLIR (Forward-Looking Infrared) lentokoneesta tai aluksesta käsin operoiden (pinnalla kelluvan öljyn havaitsemiseksi)
- koulutetut koirat (kiintojälle)

- GPR-tutka (Ground Penetrating Radar) helikoptereista ja/tai jääkannen päältä operoiden (lumen tai jään alla olevan öljyn havaitsemiseksi)
- SLAR (Side-Looking Airborne Radar) aluksista käsin (suuriin vahinkoihin pienessä 4/10 jääkonsentraatiossa ja alle 10 m/s tuulella)
- Satelliittitutka SAR (Syntetic Aperture Radar) laajoille öljylautoille avovedessä

Tekniikoiden sekakäyttö on suositeltavaa. Paras tulos saadaan yhdistellen joustavasti eri metodeja ja sensoreita valvontalentokoneista, helikoptereista, aluksista, satelliittien välityksellä sekä jäältä käsin operoiden. (Dickins 2010, 1; Velez et al. 2011, 3.) Ideaalijärjestelmässä olisi toimintakykyä niin ilmasta kuin mantereeltakin käsin ja se havaitsisi öljyn sekä merkitsisi karttaan todennäköisemmin likaantuvan alueen rajat (Hänninen & Sassi 2010, 14).

Suomessa on kaksi Dornier 228 valvontalentokonetta varustettuna SLAR-tutkalla ja IR/UV-skannerilla (Infrared/Ultraviolet). SLAR havaitsee vieraat aineet, kuten öljyn 10–20 merimailin päästä koneen molemmiin puoliin, joten lennettäessä Suomenlahden keskilinjaa voidaan monitoroida koko Suomenlahtea. IR/UV-skanneria käytetään paikantamaan öljylautan paksuimmat kohdat sekä arvioimaan vuotaneen öljyn tilavuus. Valvontalentokoneiden laitteistot toimivat myös pimeässä ja huonossa näkyvytydessä. (Hänninen & Sassi 2010, 14–15.)

Myös AIS-järjestelmän (Automatic Identification System, laivojen automaattinen tunnistusjärjestelmä) kautta kerätty tieto voidaan heijastaa SLAR-kuvan päälle. Meriliikennetutkat ja FLIR-kamerat auttavat myös, lähinnä päästölähteen löytymisessä. SLAR:in, IR/UV:n ja FLIR:in hyödyntäminen on puutteellista kiinteän jääkannen tai lähellä toisiaan olevien jääaluttojen aikaan. Tietyissä ympäristöolosuhteissa IR/UV-skanneri saattaa havainnoida öljyn ja jään välillä vallitsevan lämpötilaeron, mutta normaalisti jää tasoittaa eroa niin ettei riittävää eroa synny. (Hänninen & Sassi 2010, 14.)

SAR-satelliittien nykykehityksen myötä niistä voi tulla lupaava apu kartoitettaessa yksityiskohtaisesti jääolosuhteita alueella (Dickins 2010, 1; Hänninen & Sassi 2010, 15).

GPR-järjestelmiä (Ground Penetrating Radar) voidaan käyttää matalalla lentävistä helikoptereista käsin havainnoimaan jäällä oleva lumen alle jäänyt öljy tai jääkannen alla oleva öljy (Dickins 2010, 1; Hänninen & Sassi 2010, 15). GPR on osoittautunut tehokkaimmaksi välineeksi öljyn havaitsemiseksi jään alta. Käsi käyttöiset kaupalliset GPR-laitteet, jotka toimivat 500MHz-1GHz taajuuksilla, havaitsevat jään päältä operoitaessa öljykalvot jään joukosta sekä 1-3 cm öljylautat jään alta. (Velez et al. 2011, 4.) Myös Lallyn (2011, 4) ja Exxon Mobilin (2008, 15-9) mukaan GPR vaikuttaa potentiaalisimmalta tekniikalta öljyn havainnointiin. Kenttäkokeiden perusteella GPR-tekniikka pystyy havainnoimaan helikopterista käsin yli 2 cm paksut öljylautat jään alta tai jään sisältä, silloin kun jää on 30–90 cm:n paksuinen. (Lally 2011, 4; Dickins et al. 2008, 2-5.) Käsi käyttöisellä GPR-laitteelta jään paksuus voi olla kaksikin metriä. Huono puoli on se, että öljy leviää myös jään alla, jolloin 2 cm:n kerrospaksuutta ei välttämättä saada. (Lally 2011, 4.) Dickins et al. (2008, 2-5) mukaan GPR-tekniikalla on mahdollista havaita onko öljyä vai ei, mutta sillä ei voida arvioida öljylautan paksuutta. Lisäksi öljyn havainnointi monivuotisen ja rikkonaisen tai harjanteisen jään alta on vaikeaa, miltei mahdotonta (Dickins et al. 2008, 2-5).

Koirat voivat havaita pieniäkin määriä öljyä, myös rannalla jäätyneistä sedimenteistä ja jäästä (Hänninen & Sassi 2010, 16) sekä osoittaa jään alta öljyntyneen alueen rajat (Dickins 2010, 1).

Hajallaan olevien öljyläikkien havainnoiminen jäälauttojen seasta on haastavaa mille tahansa nykyisin käytössä olevalle kaukokartoitusvälineelle, erityisesti pimeässä, sumussa tai pilvien ollessa matalalla. (Dickins 2010, 1; Hänninen & Sassi 2010, 16.) Näissä tilanteissa tehokkain keino on sijoittaa GPS-poijuja kulkemaan öljylautan mukana (Dickins 2010, 1; Exxon Mobil 2008, 15-9).

Avovedessä pinnalla olevan öljyn mallintaminen ja trajektoriat perustuvat virtojen ja tuulen suuntaan ja nopeuteen. Vajonneen öljyn liikkeiden mallintaminen on vaikeampaa, sillä tietoa pinnanalaisista virroista ja pohjanmuodoista on vähän. Ajojäässä veden pinnalla oleva öljy yleensä liikkuu samaan suuntaan ja samalla nopeudella kuin jää. Pinnan alla olevan öljyn liikkeiden ennustaminen onkin sitten monimutkaisempaa, eikä luotettavia malleja ole vielä kehitetty. (Lampela 2011,7–8.)

Öljyn liikkumisen mallintamiseen käytettäviä työkaluja on kehitteillä monia. Hänninen & Sassi (2010, 16) esittelee mm. OSRA- ja OSCAR-malleja sekä PolarView- ja SECurus-ohjelmia sekä niiden käyttökohteita ja rajoituksia selvityksessään *Acute Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice*.

5. TALVITORJUNNAN SUUNNITTELU TORJUNTASKENAARIOIDEN KAUTTA

Talvitorjuntatilanteet voivat olla hyvin monentyyppisiä. Ohjeistuksen antamista varten torjuntatilanteita tulee tyypitellä ja ryhmitellä. Ryhmittelyä voidaan tehdä olosuhteiden tai esimerkiksi öljyn ominaisuuksien ja sijainnin perusteella. On huomioitava, onko öljy jään alla, päällä, jään sisällä, jään seassa vai vedenpinnalla tai vesifaasissa. Torjuntaoperaation tehokkuus riippuu öljyn paikallistamisen lisäksi kyvystä arvioida eri jääolosuhteiden vaikutus torjuntastrategiaan ja logistiikkaan (Glover & Dickins 1999, 2).

Talvitorjuntaoperaatiot voidaan yleisesti jakaa kolmeen erilaiseen skenaarioon, joissa operaatiolta vaaditaan omalaistaan lähestymistapaa ja torjuntamenetelmää. Skenaariot ovat EPPR:n (1998, 3-4) mukaisesti:

- 1) avovesiaika,
- 2) siirtymävaiheet (jäätymisen ja sulamisen aika) sekä
- 3) kiinteän jään aika

Öljyntorjunta on mahdollista kaikissa näissä skenaariossa oli öljy sitten kiinteän jään alla, päällä tai jään sisällä ja oli lunta tai ei. Jäätä voidaan esimerkiksi kairata, sahata ja poistaa öljyn esille saamiseksi. Öljyä voidaan kerätä puomitetuista jäähän leikatuista aukoista ja keräyslammikoista. (Exxon Mobil 2008, 15-8; EPPR 1998, 3-42 ja 4-10.)

Talvisen avovesitorjunnan lähtökohdat ovat muutoin samat kuin muina vuodenaikoina, mutta eron tuovat veden lämpötila ja siihen liittyvät turvallisuuskohdat (Exxon Mobil 2008, 15-5). Alhaisen lämpötilan vuoksi avovesitorjuntaa määrittää myös öljyn hitaampi säistyminen. Kasvavan ja muodostuvan kiintojään aikaan vuoto saattaa jäädä kasvavan jäämassan sisään. Vaakaan kiintojään aikaan, jolloin jään paksuuntuminen on hidastunut tai loppunut, vuoto pysyy stabiilina jään alla. Hapertuva kiintojään aikana, eli silloin kun jää alkaa haurastua ja muodostuu lätköitä jään pinnalle, syntyy pystysuoria railoja, joiden kautta öljy nousee jään pinnalle. (Marsh et al. 1979, 1-2.)

Paksu kiintojää saattaa estää aluskaluston pääsyn kohteeseen, mutta se mahdollistaa työskentelyn jäältä käsin. Torjunta keskittyy ensisijaisesti tavoittamaan jääkannen alla oleva öljy. (Marsh et al. 1979, 1.) Tyypillisesti toimintaympäristönä ovat vesialueet rantaviivan läheisyydessä sekä rannalla, jolloin veden mataluus estää aluskaluston, esimerkiksi jäänmurtajien käytön. Kiintojäävaiheessa työskennellään tyypillisesti jäältä käsin ja torjuntajoukkoja huolletaan ajoneuvokaluston, ilmatyynyalusten tai helikoptereiden avulla. (Marsh et al. 1979, 1–2.)

Tyypillinen kiintojääskenaario voisi olla rannikkoväylältä ajautunut öljylautta tai maalta vesistöön tapahtunut vuoto, esim. putkirikosta johtuva öljyvahinko. Merenpohjassa putkissa liikkuva öljy on lämmitettyä, jolloin vuotaessaan se sulattaisi paikallisesti jäätä ja suurin osa öljystä jäisi jään pohjaan sulattamaansa taskuun. (Marsh et al. 1979, 1–2.)

Öljyn leviämisen laajuuden jälle ja kiintojään alle määrittävät jään karkeus, rosoisuus ja huokoisuus, öljyn ominaisuudet, vallitseva lämpötila ja jossain tapauksissa myös tuulten ja merivirtojen vaikutus. Yleisesti ottaen leviämisenopeus ja saastunut alue tulee olemaan paljon vähemmän kuin se avovesikaudella olisi, johtuen öljyn adsorboitumisesta (aineiden pidättyminen toisen aineen pintaan) jäähän ja lumeen sekä öljyn pysymisestä jään onkaloissa ja painanteissa. Öljylautan saatutettua lopullisen laajuutensa, se säilyy suhteellisen stabiilina kunnes keväällä lauhtuminen koitaa. (Marsh et al. 1979, 3.)

Kasvavan kiintojään aikaan öljy kapseloituu nopeasti. Jopa muutamissa tunneissa öljyn ympärille muodostuu jääreuna, joka rajoittaa öljyn horisontaalista liikettä. Muutamissa päivissä öljy sekoituu mukaan kasvavaan jäähän. Tällainen öljy ei ole torjuttavissa ennen kuin jää keväällä sulaa. (Marsh et al. 1979, 3.)

Hapertuvan kiintojään tilanteissa öljy kulkeutuu raijien kautta jään pinnalle ja alkaa haihtua. Aluksi hitaasti, mutta prosessi nopeutuu kun jään hapertuminen vauhdittuu öljyn vähentäessä pinnan heijastussuhdetta ts. tumma öljy sitoo auringonvaloa ja lämpöä. (Marsh et al. 1979, 3.)

EPPR (1998, 4-4) määrittelee edellä mainituille avovesiajan, siirtymävaiheen ja kiintojäävaiheen torjuntaskenaariolle kolme merellistä torjuntastrategiaa: vuodonhallinta, rajoittaminen ja suojaaminen. Näitä seuraa omana vaiheenaan rannan puhdistus (EPPR 1998,3-4).

5.1 Torjunta avovedessä

Tehokkainta on minimoida öljypäästön vaikutukset tukkimalla vuoto ja/tai estämällä öljyä leviämistä. Vuodon leviämisen seurannassa ja jäljittämässä kannattaa hyödyntää paikallistuntemusta esimerkiksi virtausten osalta. Ruskeansävyiset lautat skimmeröidään pois, kirkkaat sateenkaaren väriset jätetään haihtumaan. Valmistaudu rantaviivan suojaamiseen ja rantatorjuntaan. (EPPR 1998, 3-5.) Huomioi, että rannansuojamattojen käytettävyyden rajoitettua jäiseen aikaan (MSB et al. 2010, 80).

Aallokon ollessa yli 1 m havainnointi ja valvonta ovat ainoat järkevät toimenpiteet. Aallokko nousee nopeasti erityisesti matalassa, noin 10 metrin syvyydessä vedessä (EPPR 1998, 3-5; 4-17).

Öljyvudon haltuunotto ja rajoittaminen päästölähteelle tai sen lähialueille on mahdollista myös talviaikaan. **Rajoittaminen:** Käytä puomeja päästölähteellä ja lähteestä alajuoksuun/alavirtaan. Puomeja voidaan käyttää U-, V- ja J-muodostelmissa. Vapaasti kelluvan ohuen lautan estäminen

puomeilla ei ole niin tehokasta kuin vuodon rajoittaminen ja kerääminen päästölähteellä. Puomit ovat käyttökelpoisia alle solmun eli 0,5 m/s virtausnopeuksissa tai alle 10 m/s tuulessa. (EPPR 1988, 3-6.) Kevyet rantapuomit eivät ole käyttökelpoisia (MSB et al. 2010, 80).

Kerääminen: öljyhakuiset skimmerit, ts. ne joihin öljy kiinnittyy, ovat käyttökelpoisia: disc-, drum-, rope mop-skimmerit keräävät kevyttä ja keskiraskasta öljyä, harja- ja hihnaskimmerit (belt) raskaampia öljyjä. Patoamista ja öljy-vesi-seoksen erottelemista voidaan hyödyntää, etenkin jos on suuria määriä ei-emulgonoitunutta öljyä. Öljy tulee ottaa mahdollisimman hyvin haltuun ennen kuin se uppoaa. Uponneen öljyn etsiminen on erittäin vaikeaa, puhumattakaan sen keräämisestä. (Lampela 2011, 21; EPPR 1988, 3-6.) Jos harjakeräys tai hihnaskimmerit eivät toimi raskaalle öljylle, voidaan kokeilla nuottaamista. Suunnittele jätteen keräys- ja kuljetuslogistiikka tavalliseen tapaan. (EPPR 1988, 3-6.)

Polttaminen: jos lupa polttamiselle saadaan, tulee se tehdä nopeasti. Raakaöljy tulee polttaa 2-5 päivän sisällä vuodosta. Polttaminen edellyttää, että W/O-emulsiossa tulee olla vähintään 75% öljyä ja lautan paksuus tulee olla suurempi kuin 2-3 mm. Lisäksi aallokon tulee olla alle 2 metriä, eivätkä aallonharjat saa murtua. Tuulennopeuden tulee olla alle 10m/s. (EPPR 1988, 3-7.) Syyttämiseen tarvitaan apuaineita ja polttamiseen tulenkestävät puomit. Lisäksi tarvitaan turvallisuussuunnitelma, josta käy ilmi syyttämisen- ja polttamispaikka sekä alueet, jotka altistuvat savulle. (EPPR 1988, 3-8.) Raakaöljyn korkea rikkipitoisuus aiheuttaa turvallisuus- ja terveysvaaraa – EPPR:n (1998, 3-8) mukaan yhtäläillä sekä polttamattomana että poltettuna. Suoja-alueeksi varataan 10 km tuulen alapuolelta. Varmista, ettei tahattomia tulipaloja syty ja varaa sammutuskalustoa. (EPPR 1988, 3-8.) Suomessa ei suositella polttamista. Kuitenkin suurissa, jääoloissa tapahtuvissa öljyvahingoissa polttaminen avomerellä saattaa joskus olla paras vaihtoehto (Lampela 2011, 21).

Suojaaminen: arvioi öljylautan liikkumissuunta ja -nopeus, likaantumisvaarassa olevat kohteet ja se, onko niitä mahdollista suojata. Perusta suojaus- tai ohjauspuomitus, seuraa ankkureiden pitävyyttä. Kerää öljyä harjakeräinten, skimmereiden yms. avulla joko kelluviin tai maalla oleviin säiliöihin. (EPPR 1988, 3-8–3-9.)

Vuodohallinta avovedessä

Mekaanisen keräämisen tehokkuus riippuu merenkäynnistä ja tuulesta vahinkopaikalla. Kerääminen ei ole turvallista ja tuskin onnistuukaan aallonkorkeuden ylittäessä 2 metriä tai tuulen noustessa yli 10 m/s. (EPPR 1998, 4-7.) Torjunnan johdon tulee arvioida merelle lähden turvallisuus ja ylipäättään torjuntatoimien realistiset menestymisen mahdollisuudet korkeassa aallokossa. Avomerellä swellin aallonharjojen välin ollessa 1-2 sekuntia estävät murtuvat aallot tehokkaan torjuntatyön. Pidemmässä swellissä (aaltojakson väli yli 6 sekuntia) mekaaninen kerääminen onnistuu. (EPPR 1998, 4-8.)

Öljyä voidaan kerätä puomitetuista jäähän leikatuista aukoista ja keräyslammikoista tai sulkemalla öljy lahteen. Puomit ja skimmerit tulisi asettaa niin lähelle päästölähdettä kuin mahdollista. Vedenpinnan alle vajonnut öljy saattaa olla mahdollista saada talteen nuottaamalla. (EPPR 1998, 4-7.)

Puomit tulee asettaa ajoissa. Jos öljylautta ehtii pisaroitua tai laajentua ja ohentua alle 1 mm sekä hajota pienempinä osina laajalle alueelle avovedessä, jäiden sekaan tai jään alle, ovat kaikki torjuntamenetelmät tehottomia. (EPPR 1998, 4-8.)

Rajoittaminen avovedessä

Rajoittamisen tavoitteena on öljylautan hallinta ja sen leviämisen estäminen silloin, kun toimet

vuodon hallitsemiseksi päästölähteellä epäonnistuvat tai kun siellä ei saada talteen kaikkea vuotanutta öljyä. Rajoittaminen tehdään estämällä ja keräämällä, polttamalla tai imeyttämällä. (EPPR 1998, 4-10.)

Mekaanisen keräämisen tehokkuus riippuu merenkäynnistä ja tuulesta vahinkopaikalla. Kerääminen ei ole turvallista ja tuskin onnistuukaan aallonkorkeuden ylittäessä 2 metriä tai tuulen noustessa yli 10 m/s. Jos ei ole jäitä, keräyspuomit ja skimmerit järjestetään joko paikallaan pysyvään tai liikuteltavaan muodostelmaan paksuimpien öljyläikkien kokoamiseksi ja keräämiseksi. Vajonneen öljyn kerääminen saattaa olla mahdollista nuottaamalla. (EPPR 14998, 4-10.)

Avovedessä vain paksut öljylautat (paksuudeltaan useampia millimetrejä tai enemmän) otetaan haltuun, rajataan puomien ja kerätään skimmerien avulla. Paksuimpien kohtien löytymisessä hyödynnetään ilmasta otettuja kuvia. Alle 1 mm lauttoja ei saada riittävän tehokkaasti ja järkevästi poistettua skimmereitä käyttäen, vaan ne todennäköisesti hälvenevät. (EPPR 1998, 4-11.)

EPPR (1998, 4-11) suosittelee polttamista ja dispersanttien käyttöä avovedessä. Keräämistä voidaan yrittää säästymättömälle, emulgoitumattomalle öljylle mutta se ei ole kovin toteuttamiskelpoinen toimenpide korkean viskositeetin öljyille kovassa aallokossa. (EPPR 1998, 4-11.)

Suojaaminen avovedessä

Mekaanisen suuntaamisen ja keräämisen tehokkuus riippuu merenkäynnistä ja tuulesta vahinkopaikalla. Kerääminen ei ole turvallista ja tuskin onnistuukaan aallonkorkeuden ylittäessä 2 metriä tai tuulen noustessa yli 10 m/s. Jäättömissä olosuhteissa voidaan käyttää puomeja ohjaamiseen. Vajonneen öljyn kerääminen saattaa olla mahdollista nuottaamalla. (EPPR 1998, 4-13.)

Avovedessä avomerellä yli 1 m/s virrat ja murtuva aallokko estävät puomien ja skimmereiden käytön sekä öljyn polttamisen. Suurissa vahingoissa yhden ranta-alueen suojaaminen saattaa johtaa viereisten alueiden likaantumiseen, ellei öljyä saada kerättyä pois. (EPPR 1998, 4-14.) Rantojen suojaamisessa imeytyspuomit ovat käyttökelpoisia, mutta niitä tulee seurata jatkuvasti ja vaihtaa niiden kyllästyessä öljyllä. Imeytyspuomeja voidaan suositella käytettäväksi vain suojausilla rannoilla alle 0,1-0,2 m/s virtaavassa vedessä. (EPPR 1998, 4-23.)

5.2 Torjunta siirtymävaiheiden (jäätymisen ja sulamisen) aikana

Siirtymävaiheiden aikaan on tyypillisesti paljon irtojäättä. Jäätymisen aikaan on ohuita tasomaisia jääpaloja ja pienempiä jääpaloja, kun taas jäidenlähdon aikaan laajempia, paksuja jäälautoja ja -paloja. Jääkansi on liian heikko ja epävakaa, jotta sen päältä voisi työskennellä. Menetelmäksi suositellaan puomitusta ja skimmerien käyttöä yli muutaman millimetrin paksuisille öljylautoille avovesikohtiin. (EPPR 1998, 3-25.)

Siirtymävaiheiden aikaan on huomioitava jään liikkumisen tuomat haasteet. Jääkenttä liikkuu tuulen ja virtausten takia ja ne voivat aiheuttaa suuriakin vaihteluita. Huomioi, että kaluston sijaintia saatetaan siksi joutua muuttamaan. Muutos saattaa tuoda myös aikaisemmin tavoittamattomissa olleet öljylautat paremmin saataville. Jos öljy on levinnyt laajalle alueelle jäälautojen ja jääkimpaleiden väliin, mikään torjuntamenetelmä ei ole kovin käytännöllinen. Jäätymisen aikaa öljy saattaa sekoittua ja kapseloidua jäähän sisään. (EPPR 1998, 3-25–3-26.)

Siirtymävaiheiden aikaan tukeudutaan erilaisten menetelmien sekakäyttöön, joita ovat puomit, skimmerit, manuaalinen keräys ja pumppaus. Kun jää ei enää tässä vaiheessa kannu, voidaan työskentelyalustaksi ottaa matalasyväyksinen proomu. Kun jääkonsentraatio vähenee alle 30%, ei jää enää rajoita menetelmien käyttöä niin paljoa, vaan voidaan tukeutua enemmän perinteisiin mekaanisiiin avovesimenetelmiin (Glover & Dickins 1997, 7; EPPR 1998, 3-26). Tällöin tulee kuitenkin huomioida mahdollisen jääsohjon aiheuttamat rajoitteet (EPPR 1998, 3-26).

Pakkaskauden ja jäätyamisen alussa sekä aivan sulamisen loppuvaiheessa voidaan hyödyntää avovesikauden menetelmiä, kun jääkonsentraatio on alle 25–30%. Siirtymävaiheiden torjuntaan tuo haasteita erityisesti vahinkoalueen ja öljyn saavutettavuus sekä avovesialueen vaihteleva koko ja sijainti. Alusten operointikykyä kykyä saattavat vielä rajoittaa jääolot. Lisäksi sohjo ja jääpalat saattavat tukkia jäähdytysvedenotot ja jetit sekä rikkoa perämoottorit. Siirtymävaiheissa käyttökelpoisimpia ovat potkurialukset. (EPPR 1998, 3-26.)

Puomeja on hankala käsitellä ja hallita jääkonsentraation ollessa yli 30%. Kun jään peitto kasvaa vielä tästä, jää alkaa jo itsessään toimia puomina, jolloin öljyä voidaan kerätä samanlaisin hyöty-suhtein railoista ja avoväyliltä kuin avovesiaikaakin. Tosin turvallisuusriskit ovat huomattavammat. (Velez et al. 2011, 2.) EPPR suosittelee polttamista kaikkein tehokkaimpana vaihtoehtona näissä olosuhteissa, joskus jopa ainoana keinona (EPPR 1998, 3-25).

Rannan suojaaminen puomituksilla saattaa olla mahdotonta liikkuvassa jääkentässä (Exxon Mobil 2008, 15-4). Huomioi, että rannansuojamattojen käytettävyyys on rajoitettua jäiseen aikaan (MSB et al. 2010, 80).

Skimmerit asetetaan jäälauttojen väliin jääviin avovesikohtiin kuten väylille. Käyttökelpoisimpia ovat rope mop-, drum-, harja- ja disc-skimmerit. Myös Belt-skimmereitä voidaan käyttää jos jääsohjo ohjataan pois päin skimmeristä. (Exxon Mobil 2008, 15-6; EPPR 1998, 3-27.)

Kerättävässä jätteessä on oletettavasti paljon jääsohjoa mukana. Huomioi tämä keräyssäiliöitä järjestettäessä sekä varaa riittävästi setlinkkitankkeja. (Exxon Mobil 2008, 15-6; EPPR 1998, 3-27.)

Syksyllä kun rantaviiva jääty, öljy saattaa jäätyä siihen kiinni. Öljy voi olla jääpaloihin kiinni jääntyneenä tai lumen mukana. Jos öljy ei aiheuta terveystai muuta haittaa, voidaan alue merkitä ja öljy jättää siihen ja poistaa sitten kun ranta on kunnolla jäätynyt tai sitten kun jää keväällä sulaa. (EPPR 1998, 3-30.)

Alkuvaiheen torjuntamenetelmä valitaan rantamateriaalin, öljyn määrän ja jää- ja/tai lumiolosuhteiden mukaan. Jos on jäätä, huuhtelulla ja matalapainepesulla voidaan irrottaa öljy ja kerätä pois keräilyaltaasta, edellyttäen ettei pesuvesi jäädy. Myös manuaalinen keräys ja alipaineimu ovat suositteluvia menetelmiä. (EPPR 1998, 3-30.)

Keväällä öljy irtautuu sulavasta jäästä ja lähtee liikkeelle, ellei sen liikkumista rajoiteta tai sitä kerätä pois (EPPR 1998, 3-30). Keväällä meriveden noustessa jään päälle, on usein vaikeuksia päästä vahinkokohteeseen ja jään läpi nouseva öljy alkaa levitä vapaasti pintavedessä. Jään päällä oleva vesi valuu muualla jäässä olevien aukkojen kautta takaisin jään alle. Jos öljyä ei saada kerättyä pois sulamisvedestä, leviää se lisää. Kun sulat pintavedet valuvat jään alle, irtoaa jää merenpohjasta ja alkaa nopeasti sulaa. (Glover & Dickins 1999, 4.)

Rajoittaminen siirtymävaiheissa

Rajoittaminen puomeilla onnistuu jos jäälautat tarpeeksi pieniä. Puomeista ei ole mitään hyötyä liikkuvassa jääkentässä jos jäälautat ovat suuria tai jos jään peittävyys on yli 30% (EPPR 1998, 3-26; Exxon Mobil 2008, 15-6). Myös pienemmät jääpalat voivat aiheuttaa ongelmia silloin kun tuulenoisuus nousee yli 10 m/s. Kestävyys on puomin tärkein ominaisuus. Huomaa, ettei polyuretaani- ja PVC -puomit ei oikein kestä jäissä. Ankkuroiminen voi olla vaikeaa ja epäkäytännöllistäkin. Puomin pysymistä paikoillaan ja sen vahingoittumista tulee valvoa. (Exxon Mobil 2008, 15-6; EPPR 1998, 3-26.)

Öljyä voidaan kerätä puomitetuista jähän leikatuista aukoista ja keräysaltaista tai sulkemalla öljy lahteen (EPPR 1998, 4-10). Öljyä, joka leviää jäiden sekaan, voidaan skimmeröidä tai polttaa jos lautat vain ovat riittävän paksuja, vähintään 2–3 mm. Jääkimpaleiden joukkoon hajaantuneiden öljypisaroiden, -rakeiden tai -partikkeleiden poistaminen ei ole millään menetelmällä tehokasta tai käytännöllistä, ellei sulaminen sitten muodosta tiiviimpiä ja keskitetympiä lauttoja. Muutoin tässä tilanteessa seuranta on ainoa järkevä toimenpide. (EPPR 1998, 4-11.)

Suojaaminen siirtymävaiheissa

Siirtymävaiheiden aikaan öljylauttoja voidaan ohjata kulmittain asetettujen jähän leikattujen urien avulla. Puomien käyttö liikkuvassa jääkentässä ja irtonaisessa jäässä on hankalaa (EPPR 1998, 4-13) ja yli 30% jääkonsentraatioissa hyödytöntä (EPPR 1998, 3-26; Exxon Mobil 2008, 15-6).

Öljyn ajautuminen rantaan on todennäköistä, sillä jäälauttojen liikkuminen estää suoja- ja ohjailupuomien käytön eikä ole rantaa suojaavaa ehjää kiintojäätä (EPPR 1998, 3-29).

5.3 Torjunta kiintojäävaiheessa

Kiintojäänvaihe helpottaa torjuntaa moni tavoin. Se tarjoaa tukevan työskentelyalustan, rajoittaa öljyn liikkumista ja siihen voidaan rakentaa keräilyaltaita. (MSB et al. 2010, 77; Exxon Mobil 2008, 15-4 ja 15-7; Glover & Dickins 1999, 5; EPPR 1998, 3-41.) Vaikeaa on kuitenkin löytää ja paikallistaa öljy (Lampela 2011, 21; Exxon Mobil 2008, 15-4; Glover & Dickins 1999, 5). Öljypäästön leviämistä kiintojään alla rajoittaa jossain määrin jää ja sen karkea ja epätasainen pinnanmuoto (Marsh et al. 1979, 1). Kiintojäessä öljy pysyy liikkumattomana ja säilyy paksuina kerroksia, se ei leviä paljoa ja sen ominaisuudet säilyvät jään alla (Allen & Nelson 1981, 1; EPPR 1998, 4-8; Lampela 2011, 3 ja 5). Diesel, polttoöljyt ja raakaöljy saattavat säilyä pitkäänkin säistymättä, jolloin niiden polttamisaiakin pitenee. Ne voidaan polttaa vielä kuukausia vuodon jälkeen. (EPPR 1998, 3-41.)

Polttaminen hävittää suurimman osan öljylautasta, mutta polttamisen tekniikka ja toimintatavat eivät kuitenkaan ole täysin kehittyneitä. Jos öljyä on jään alla, tulee se saada esille osaksi lauttaa ja joudutaan käyttämään sukeltajia, jotka ohjaavat ja kasaavat öljyä paksummaksi lautaksi. Raakaöljy, joka on vuotanut jään päälle, voidaan polttaa jos se ei ole muodostanut seosta lumen kanssa. Jos öljy on kovin säistynyt tai öljy/lumi-seoksena, kerätään likaantunut massa kauhakuormajilla tai traktorikauhoilla ylös ja kuljetetaan sulatettavaksi, jolloin öljy ja vesi saadaan eroteltua toisistaan. Jään päälle lammikoitunut öljy voidaan myös pumpata pois jos käytettävissä on viskoosille öljyille soveltuvia pumppuja. (Marsh et al. 1979, 3.)

Alkuvaiheen torjuntamenetelmiä ovat manuaalinen poisto, alipaineimu ja mekaaninen poisto. Menetelmän valintaan vaikuttavat öljyn määrä ja tyyppi sekä jään ominaisuudet. Torjuntaa saat-

taa vaikeuttaa ahtojään ja jäämurskakenttien muodostuminen, samoin kuin raijien syntyminen. Jääkentän muutokset tulee huomioida torjuntaa suunniteltaessa. Etenkin, jos on odotettavissa vedenpinnan muutoksia, tulee jäässä olevat raijat ottaa huomioon: öljy nousee ja laskee vedenpinnan mukana ja saattaa nousta raijien kautta ylös. (EPPR 1998, 3-43; 3-46.) Lumivallien ja oijien avulla rajoitetaan vuodon leviämistä jään päällä (Exxon Mobil 2008, 15-8; EPPR 1998, 4-10).

Jään muodostama luonnollinen puomi, erityisesti yhtenäinen rannan kiintojää, suojaa öljyn vaikutuksilta tai ainakin vähentää sen haittoja. (EPPR 1998, 4-14).

Rajoittaminen ja ohjaaminen. Öljy valuu painanteisiin ja jään alapinnan taskuihin. Jäähän voidaan kairata reikiä tai tehdä moottorisahalla raijia ja oijia, jolloin päästään käsiksi kerääntyneeseen öljyyn ja se voidaan pumpata tai skimmeröidä pois. (EPPR 1998, 3-43.) Jään alla olevan öljyn ohjaamista voidaan kokeilla jäähän saattujen raijien kautta (EPPR 1998, 4-13). Virtaavassa vedessä, esimerkiksi joessa, jääraio voidaan leikata jäähän kulmassa virtaussuuntaan nähden samalla tavoin kuin ohjattaisiin öljyä puomilla. Öljyvuomi voidaan laskea raijoihin ja antaa sen jäätyä paikoilleen. (EPPR 1998, 3-43.) Imeytyspuomeja voidaan muotonsa ja mukautuvuutensa ansiosta käyttää jäälautojen seassa keräämään öljyä niiden välissä ja jopa jään alta. (SSPA Sweden 2008, 51.)

Kerääminen alipaineimulla ja pumpuilla keräyskuopista. Jään kantaessa raskasta kalustoa perustetaan jäätiet vahinkopaikalle. Kohteessa sahataan jäähän keräilyaltaat ja järjestetään suora pumpaus tai imu säiliöautoihin, joissa on lämmitettävät säiliöt. Pakkasella voidaan keräilyalaltaassa pitää hyöryslingaa, jolloin öljy on juoksevampaa. Likaantumista vähentää jos lumi ja jään ylimmäiset kerrokset poistetaan ja viedään sivuun, kun keräilyalaltaa tehdään. Likaantunut lumi ja jää voidaan sulattaa vedeksi ja öljyksi joko paikanpäällä tai lähirannassa. (Glover & Dickins 1999, 5-6.)

On vältettävä summittaista ja valikoimatonta keräämistä, eli öljyn, jään ja veden keräämistä sekaisin. Tämä johtaa putkistojen, letkuliittimien ja koplankien jäätymiseen. Ongelmaksi voivat nousta myös letkujen, liittimien, tiivisteiden ja muiden välikappaleiden pakkasesta johtuvat haurastumisvauriot. (Exxon Mobil 2008, 15-4; EPPR 1998, 3-44.)

Imeyttäminen lumeen. Öljyä ja lunta voidaan sekoittaa keskenään ja kerätä sitten pois, joskin tällaisen massan öljypitoisuus on aika alhainen (EPPR 1998, 3-43). Lumen imeytyskyvystä on arvioita 1 prosentista (EPPR 1998, 4-97) 20-70 prosenttiin (Owens et al. 2005, 2; Allen & Nelson 1981, 1). Likaantunut lumi kerätään kasaan esimerkiksi bobcateilla ja sulatetaan, jolloin vesi ja öljy voidaan erottaa toisistaan. Uutta puhdasta lunta voidaan kasata likaantuneelle alueelle ja taas kerätä pois, ja toistaa tätä niin kauan, että kaikki irtonainen öljy on imeytynyt (Majors & McAdams 2008, 1, 3).

Rajoittaminen penkereillä. Jää- ja lumipuomien rakentaminen vuodon ohjaamiseksi ja hallitsemiseksi on nopeaa, jos vain välineet ovat saatavilla (EPPR 1998, 3-45). Lumesta voidaan rakentaa erilaisia valjeja ja penkereitä, joilla rajoittaa öljyn liikkumista tai joihin kerätä öljyä katastrofialtaan tapaan. Hyödynnä lumilapion ja -kolan lisäksi maantiehöylyä sekä pusku- ja raivaustraktoreita. Lumivallista saa öljyä läpäisemättömän kun kasatun lumivallin kastelee vedellä, jolloin sen pinta jäätyy. Läpäisemätön tiiviste, kuten muovi/kumikalvo tarvitaan jos rakennetaan lumivallia dieseliä tai bensiiniä varten. (EPPR 1998, 3-43.)

6. TORJUNTA- JA KERÄYSMENETELMIEN KUVAUS

Talvitorjuntaan ei voida osoittaa vain yhtä yleispätevää toimintastrategiaa vaan yleensä vaaditaan useamman tekniikan samanaikaista käyttöä. Vahinkoalueella saatetaan tarvita sekä ankariin jääolosuhteisiin että miltei avovesiolosuhteisiin soveltuvia tekniikoita samanaikaisesti. Olosuhteet saattavat vaihdella operaation aikana pakkasesta lämpöasteisiin (Lampela & Jolma 2011, 8; Lampela 2011, 8). Alhaiset lämpötilat ja pakkasena voivat tehdä osan menetelmistä ja laitteista hyödyttömiksi ja toimintakyvyttömiksi. Keräyskalusto- ja välineet tulee myös olla suunniteltu kestämään ajalehtivien jäälauttojen aiheuttama paine ja puristus. (Lampela 2011, 5.)

Ohjauspuomitus toimii avovedessä ja rajoitetusti myös rikkonaisessa jäässä. Menetelmä on käytökelpoinen alle 1 m/s virtauksissa. Joissakin tapauksissa on mahdollista käyttää ohjaamisen vain yhtä puomia, mutta yleensä tarvitaan useamman puomin käyttöä. Kun virtausnopeus ylittää 0,4 m/s tulee puomitus asettaa kulmittain puomiin kohdistuvan suhteellisen virtausvoiman pienentämiseksi. Öljy voidaan ohjata rantaan kerättäväksi. (EPPR 1998, 5-16 ja 5-18.) Suojaa ranta kuitenkin ensin, esimerkiksi imeytyspuomilla. EPPR (1998, 5-18) esittelee tarkemmin eri peruspuomityyppien käytettävyyttä erilaisissa sää- ja jääolosuhteissa.

Paikalleen asetettujen **kiinteiden puomitusten** tarkoituksena on pysäyttää liikkuva öljy siten, että vesi pääsee jatkamaan kulkuaan. Yleensä kiinteitä puomituksia käytetään virtapaikoissa, kanavissa tai salmissa, joissa on kurouma tai kapea kohta, josta öljy kulkee lävitse. Kylmät olosuhteet, jää ja lumi haittaavat kuitenkin tämän tyyppistä torjuntaa. (EPPR 1998, 5-9.)

Pinnan alle vajonneen öljyn **nuottaaminen** onnistuu vain avovesiolosuhteissa. Nuottaa hinataan 1-2 m/s nopeudella, jolloin pinnalla kelluva ja vajonnut öljy kerääntyy puomin alareunasta kiinnitettyyn verkkoon. Öljy ohjautuu verkon molemmilla puolilla olevia tunneleita myöten nuotan perällä olevaan suppiloon. Suppiloihin mahtuu 2–4 tonnia öljyä. Toinen tapa nuotata on asettaa puomit V-muodostelmaan ja sitoa verkko yhdistämään puomien alareunat toisiinsa. (EPPR 1998, 5-12.)

Kiinteille pinnoille voidaan rakentaa **tulvapenkereitä ja -valleja** lumesta, maasta jne. Jäänpinnan epätasaisuus ja lumi yleensä estävät jo itsessään öljyn leviämistä, mutta sitä voidaan vielä tehostaa kasaamalla lunta valleiksi ja tulvapenkereiksi. Lumi tulee tiivistää hyvin. Lumivallin päälle ja reunoille voidaan sumuttaa vettä, jolloin se jäätyessään muodostaa valliin öljyä läpäisemättömän pinnan. Dieselin ja kevyen öljyn vuodoissa lumivallit tulee tiivistää kumimatolla tai pressulla, muuten ne leviävät lumessa kapillaarisesti. Näille öljyille voidaan myös käyttää vanerista rakennettuja puomeja. Maavallitkin tulee tiivistää hyvin, ja jos vain aikaa on, päällystää kumimatolla tai pressulla. Penger tulee rakentaa riittävän kauas alamäkeen päästölähteestä. Penkereitä käytetään yleensä yhdessä ojitamisen kanssa. (EPPR 1998, 5-13.) Lumivalleja voidaan hyödyntää myös maalta tulevan vuodon hallitsemiseksi (Glover & Dickins 1999, 6). Jääkannen päällä ojat ovat tehokkaita öljyn ohjaamiseen ja keräämiseen. Myös puomi voidaan asentaa koverrettuun ojaan ja antaa sen jäätyä paikalleen, jolloin se ohjaa öljyn haluttuun suuntaa. (EPPR 1998, 5-14.)

Mekaaninen keräys koneellisesti ja käsin toimivat myös talvioloissa, samoin **imeytys. Pesu** ja huuhtelutekniikat ovat myös käyttökelpoisia, kunhan välttää turhaa rannan jäädyttämistä ja liukautta, sekä pumppujen ja letkujen jäätymistä. Myös imeytysaineita voidaan käyttää niin kauan kuin öljy on nestemäisessä muodossa tai vähintäänkin tarttuvaa. Imeytyspuomeja voidaan käyttää jäiden seassa, jäihin tehdyissä avannoissa sekä joskus jopa jään alla (Forsman 2012, 35–36).

Suomessa on käytössä erilaisia laiteita, joilla voidaan kerätä öljyä jäissä. Nämä kaikki tekniikat edellyttävät kuitenkin jäissäkulkukykyisten alusten käyttöä. Alukseen kiinnitettävät liikkuvat **harjat** puhdistavat jääkappaleet ja keräävät öljyn. Uusin laite on aluksen perään asennettava leveä pyörivä **peräharja**, jota käytetään aluksen peruuttaessa jäissä. Harjaksissa on mukana jäykkiä teräsharjaksia muun harjaston seassa ja näiden avulla myös jäälohkareet saadaan puhdistettua. Myös alun perin rantojen puhdistamiseen kehitetty **kauhakerääjä** toimii jäissä, vaikkakin 50% puhdistusteholla. Keräysteho on suurempi rantojen puhdistuksessa. **Öljyjääerotin** kiinnitetään sisäisellä keräyslaitteistolla varustetun öljyntorjunta-aluksen laitaan (LOIS System). Tärytettävää kaltevaa säleikköä ajetaan puhdistettavien jäiden yli, jolloin öljy erottuu jäistä ja se voidaan kerätä talteen. (Lampela & Jolma 2011, 5–7.)

Öljyyntyneiden jäiden mekaaninen puhdistus voidaan jakaa kahteen tapaan: öljyiset jäälohkareet nostetaan vedestä ja puhdistetaan, tai öljy irrotetaan lohkarista niiden ollessa meressä. Jälkimmäinen menetelmä on Itämeren alueella yleisimmin käytössä. Se edellyttää että öljy kelluu veden pinnalla tai on kiinnittyneenä jäähän. (Lampela 2011, 9.) Jos jäätä ei saada puhdistettua rannalla, likaantunut jää nostetaan ja sulatetaan altaissa tai tankeissa (Forsman 2012, 33).

Pohjoismaissa on tutkittu **skimmerien** ja pumppujen käytettävyyttä kylmissä olosuhteissa. Useita laitteita on tutkittu sekä laboratorioissa että oikeissa olosuhteissa. Lampelan mukaan (2011, 9) käytettävät menetelmät ja tekniikat perustuvat pääasiassa harjakeräysteknologiaan. Itsekelluvat jääskimmerit ja roikkuvat rope-mop-skimmerit ovat käyttökelpoisia silloin, kun jääkonsentraatio on selkeästi alle 100%. (Lampela 2011, 9–10.)

Lämpötilan ollessa nollan alapuolella suurin osa perusskimmereistä on käyttökeltottomia. Skimmerien letkut ja pumput jäätyvät. Myös kylmäkäynnistys ja muovijä ja metalliosien haurastuminen pakkasessa ovat ongelma. Myös keräävä mekanismi (harjat, hihna jne.) jäätyy. Talvioloissa käytettävissä skimmereissä tulee olla lämmitysmahdollisuus, esimerkiksi höyrysaatto, lämminvesikierto tai lämmitetty kotelo/koppa. (EPPR 1998, 5-20.) Lisäksi käytettävien pumppujen tulee pystyä pumppaamaan raskaita, viskooseja, jähmeitä öljyjä. (Lampela 2011, 9). Suurella osalla

Itämerellä kuljetettavista öljyistä on korkea viskositeetti: ne ovat jäykkiä ja tahmeita. Myöskin osa öljyistä, jotka olisivat lämpimässä säässä helppo kerätä, ovat jähmeitä pakkasasteissa ja niitä on mahdotonta kerätä kevyimmille öljylaaduille tarkoitetuilla skimmereillä. (Lampela 2011, 5.)

Skimmereitä on kahta perustyyppiä: liikkuvia ja paikoillaan pidettäviä. Skimmerin valintaan vaikuttaa öljyn viskositeetti ja öljylautan paksuus, ympäristön lämpötila sekä jää tai muu roska, jota veden pinnalla on. Liikkuvat skimmerit voivat olla omalla propulsiójärjestelmällä varustettuja tai sitten niitä hinataan tai käytetään aluksesta käsin. Liikkuvat skimmerit ovat yleensä aika isoja kooltaan ja niitä käytetään yhdessä puomituksen kanssa. Kannettavia skimmereitä käytetään kun öljy on saatu puomitettua tietylle alueelle tai ohjattua keräyskuoppaan tai -railoon. (EPPR 1998, 5-20–5-24).

Jääkonsentraation ollessa 0-30% voidaan käyttää normaaleja avovesiolosuhteisiin tarkoitettuja skimmereitä (Lampela 2011, 9; EPPR 1998, 5-21). Jäälohkareiden tulee tällöin olla aika pieniä, alle 1m (EPPR 1998, 5-21). On huomioitava kuitenkin, että on olemassa laitteiston rikkoontumisen vaara liikkuvan jään puristuksesta johtuen ja se, ettei sataprosenttista keräystehokkuutta voida saavuttaa (Lampela 2011, 9).

Jään peiton ollessa 30-70% tarvitaan jo erikoisskimmereitä. Jos käytetään itsekelluvia skimmereitä, tulee varmistaa että ne on rakennettu kestämaan liikkuvan jään aiheuttamaa painetta ja puristusta. Helpottamaan laitteen ohjailtavuutta jään seassa, skimmerissä tulisi olla oma propulsiolaitteisto tai sitä on voitava ohjailta kraanalla tukialuksesta. Jos jään peitto on enemmän kuin 70% tarvitaan vankkoja erikoisskimmereitä, joita operoidaan jäissäkulkukykyiseltä alukselta käsin tai ne tulee olla integroituna suoraan alukseen. (Lampela 2011, 9.)

Ropemop -skimmerit perustuvat tartuntaan ja öljyn kiinnittymiseen. Toimintaperiaate on osoittanut tehokkaaksi viskositeetiltaan keskijäykkien öljyjen keräämisessä pienessä aallokossa. Ropemop -skimmerit toimivat muutaman solmun nopeuksilla myös jääolosuhteissa. Puomin tai armin päässä riippuva ja ohjailtava yksikkö vaikuttaa hyvältä systeemiltä, sillä sen kohdistaminen on tehokasta eikä ole jatkuvaa tarvetta ohjata jäitä pois keräysyksiköstä. (Lampela 2011, 10.) Ropemop-skimmerin käyttö on osoittautunut tehokkaaksi myös kenttätesteissä (Allen & Nelson 1981, 4). Pakkasoloissa ropemopin köysistö kuitenkin jäätyy, jolloin keräysteho heikkenee huomattavasti. Joihinkin malleihin on lisätty lämmitys lämpimällä vedellä (Lampela 2011,10). Alaskassa on ollut kehitteillä noin 20 m pitkä matalasyväyksinen jäävahvisteinen katamaraani, jossa pitkät yhtäjaksoiset ropemop-silmukat kulkevat rungon keskellä (Allen & Nelson 1981, 8). Alaskassa ropemop-skimmereitä on käytetty myös rantatorjunnassa: tundraa on pyyhitty harjasosalla, kun suurimmat irtoöljyt on ensin poistettu. (Majors & McAdams 2008, 4.)

Erilaisia skimmereitä (Lamor Arctic Skimmer, LOIS, Ro-Clean Desmi Polar Bear Skimmer, Framo Polaris Ice Skimmer) sekä muita talvisia tekniikoita (LORI ice cleaner, MORICE brush drums) esitellään tarkemmin mm. Lampelan (2011, 10–17) ja Hännisen & Sassin (2010, 39–57) artikkeleissa.

Alipainemenetelmät ovat tehokkaita ja nopeita suuren öljymäärän keräämiseen. Alipainemenetelmät soveltuvat eri viskositeetin omaaville öljyille ja sietävät vähän roskaakin. Menetelmä mahdollistaa valikoivan keräämisen, joten jätemäärä pysyy kohtuullisena. Se myös vähentää O/W-öljy-vesiemulsifaation syntymistä, sillä se kerää ”varovasti”. (EPPR 1998, 5-27.) Turval-

lisuussyistä alipaineimua ei saa käyttää helposti haihtuville öljyille, eikä se myöskään sovellu ei-pumpattaville viskooseille öljyille (EPPR 1998, 5-59). Erittäin viskoosien öljyjen pumppaamista voidaan kylmissä oloissa tehostaa päästämällä vettä imuvirtaan mukaan (Forsman 2012, 37; MSB et al. 2010, 80). Lisäksi öljyyn voidaan lisätä vastusta pienentäviä petroleumpohjaisia aineita ns. DRA-agentteja (Drag reducing agents) tehostamaan öljyn pumppaamista pitkiä matkoja (Majors & McAdams 2008, 4).

Jos öljy on jäänyt taskuihin jään alle, on todennäköistä, että se voidaan pumpata pois kolostaan kunhan se on saatu esille. Jos päästään suoraan vuotoalueelle, käytetään imuautoa. Ne ovat kuitenkin painavia (mieli jään kantavuus), kalliita ja niiden nostokorkeus rajoittuu 10 metriin. Lisäksi ne keräävät samalla paljon vettä, erityisesti öljyn ollessa ohuena kalvona. Alipaineimua käytetään öljyn keräämiseen myös jäiden seasta, mutta silloin on kiinnitettävä huomioita letkujen jäätyksen ja tukkeutumisen vaaraan. (EPPR 1998, 5-27.)

Ilmakuplien avulla öljyä voidaan erottaa ja irrottaa jäälohkareista, ja ohjata öljy vapaaseen veteen **ilmavirran** avulla (pulputus). Öljyä voidaan ohjata myös potkurivirtausten avulla jäiden alta. (Lampela 2011, 20.)

Erittäin säästyneen öljyn poistamiseksi pohjasta voidaan käyttää **ruoppausta**. Öljyn on silloin tyypillisesti niin jäykkää, ettei sitä voida imeä, vaan se tulee ylös kiinteinä paloina. Tällaisen öljyn keräämiseen on käytettävissä menetelmä ”environmental clamshell dredging” ns. umpikauharuoppaus. Kauha on suunniteltu niin, että sillä saa tarkan ohuen siivun ylös merenpohjasta. Se myös sulkee itsensä noston aikana niin, ettei jätettä pääse valumaan ulos. Nostoissa tulee mukana paljon vettä, joten sen käsittelylle on varattava riittävästi setlinkitankkeja. Ruoppausmassa kerätään proomuun tai tiiviille lavoille. Työtä voi vaikeuttaa merenpohjassa olevat kaapelit. (Helland et al. 1997, 4-7.)

Dispersanttien käyttöä Itämerellä rajoittavat HELCOMin sopimukset. Niiden käyttö kylmässä olisi muutoinkin melko tehotonta. Dispersanttien tarkoituksena on lisätä öljyn hajoamista veteen ja se vaatii veden liikettä ja sekoittumista. Jäät vaimentavat aallokointia, jolloin liike-energiaa jää puuttumaan. Lisäksi kylmyys jähmentää öljyt. Lisäenergian tuomista ja veden sekoittamista esimerkiksi jäänmurtaajien azimuth-potkureilla on testattu ja sen pohjalta on esitetty, että dispersantit saattaisivat olla käyttökelpoinen menetelmä mikäli niiden käyttöön saadaan poikkeuslupa (Lampela 2011, 18-19.)

Ns. ”kemiallisten puomien” eli **herding agenttien** tarkoituksena on koota öljylautta paksumaksi kerrokseksi öljyn polttamista varten. Herding agenttien avulla öljy on saatu palamaan menestyksekkäästi myös jäissä. Uusimpien testien mukaan nykyiset agenttiaineet ovat tehokkaampia kuin aikaisemmat ja voivat korvata puomien käytön ainakin teoriassa. Lampelan mukaan menetelmää ei voida kuitenkaan vielä pitää käyttökelpoisena tekniikkana vähäisten kenttä- ja käyttökokemusten vuoksi. (Lampela 2011, 19.)

Öljyn polttamista ei suositella Suomessa HELCOM sopimuksen mukaisesti. Saattaa kuitenkin tulla eteen tilanne, jolloin polttaminen on tarkoituksenmukaista. Esimerkiksi Lampelan mukaan (2011, 21) öljyn polttaminen paikan päällä on käyttökelpoinen menetelmä jääolosuhteissa – joskus se tarjoaa parhaan vaihtoehdon poistaa vedenpinnassa oleva öljy. Paksun, tuoreen öljylautan in-situ poltto saadaan nopeasti alulle sytyttämällä se öljyä imevän tyynyn (oil-soaked sorbent pad) avulla. Lampelan mukaan (2011, 17) polttamalla voidaan ylittää jopa 90% poistotehok-

kuus silloin kun öljykerros on paksu. Öljyä saadaan hävitetyksi noin 2000 kuutiota tunnissa, kun polttoalue on laajuudeltaan noin 10 000 m². Poltto on erityisesti jääolosuhteisiin soveltuva menetelmä, sillä jäälautat toimivat puomeina ja pitävät öljyn paksumpana kerroksena. Poltto on myös kustannuksiltaan alhainen eikä edellytä kallista erikoiskalustoa. (Lampela 2011, 17.)

Vaikka poltto on erittäin tehokas tapa päästä eroon valtaosasta päästöä, on menetelmässä myös erittäin vakavia haittoja. Kaikki öljy ei koskaan pala, vaan aina osa öljystä jää palamatta. Jäännöksen määrä riippuu öljyلاadusta, öljylautan lähtöpaksuudesta ja öljyn säistymisnopeudesta. Palamattoman jäännöksen kerääminen on vaikeaa ja se saattaa upota. Palamisessa syntyvät savu ja noki ovat haitallisia. Aika, jonka sisällä öljy on sytytettävä on rajattu, sillä säistynyt öljy on vaikea sytyttää ja polttaa, ja se vaatii usein erityisiä sytyttimiä. Poltto tulee tehdä hallitusti ja se vaatii luvan. Yleensä poltto sallitaan vain kaukana asutuksesta, noin 3 mailin (noin 5,5 km) päässä siitä. (Lampela 2011, 17.) EPPR (1998, 3-8) mukaan suoja-alueeksi tulee varata 6 mailia (10 km).

7. RANTATORJUNTA JÄÄTYNEILLÄ JA LUMIPEITTEISILLÄ RANNOILLA

Rantatorjunnan tavoitteena on joko kiihdyttää öljyn hajoamista tai sitten poistaa öljy. Yleensä rantapuhdistusta tehdään jäätöminä aikoina. Kuitenkin rantaviiva saattaa öljyyntyä myös keväällä sulamisaikaan tai syksyllä jäätyneen aikaan, ja silloin torjuntaa tehdään jään ja lumen läsnä ollessa. (EPPR 1998, 4-34.)

Rantatyypit jakautuvat EPPR:n manuaalissa sen mukaan, ovatko ne läpäiseviä vai läpäisemättömiä. Läpäisemättömälle rannalle on tyypillistä, ettei siinä ole irtosedimenttejä. Läpäisevällä rannalla on orgaanista tai epäorgaanisia sedimenttejä ja öljy saattaa tunkeutua tai hautautua pintamateriaalin alle. Jäinen ranta luokitellaan läpäisemättömäksi, luminen läpäiseväksi. (EPPR 1998, 4-34.) Toisaalla EPPR:n manuaalissa kuitenkin sanotaan, että kaikki paitsi erittäin viskoosit ja jäykät öljyt voivat tunkeutua jääpeitteisiin rantamateriaaleihin (1998, 4-50).

Valittaessa menetelmää jäätyneellä tai jään peittämällä rannalla tapahtuvaan torjuntaan, ei öljyn määrällä ole kovin suurta merkitystä. Valintaan vaikuttaa ennen kaikkea lämpötila, jään ominaisuudet sekä öljyn tyyppi. Sulavan jään aikana käytetään eri menetelmiä kuin jäätyneen aikana. Samoin sileä jäänpinta edellyttää erilaisia toimia kuin karkea. Jyrkillä jääpeitteisillä rannoilla tai penkereillä on parempi toimia veneestä tai proomusta käsin. (EPPR 1998, 4-50.)

Mekaaninen keräys koneellisesti ja käsin toimivat myös talvioloissa, samoin imeytys. Pesu ja huuhtelutekniikat ovat myös käyttökelpoisia, kunhan välttää turhaa rannan jäädyttämistä ja liukautta sekä pumppujen ja letkujen jäätymistä. Myös imeytysaineita voidaan käyttää niin kauan kuin öljy on nestemäisessä muodossa tai vähintäänkin tarttuvaa. (Forsman 2012, 35; MSB et al. 2010, 79.)

Rannan puhdistukseen käytetään **matalapainepesua kylmällä vedellä**. Pesu on yleensäkin käyttökelpoinen ja tehokas vaihtoehto silloin, kun öljy ei ole ehtinyt säistyä eli toisin sanoen torjunnan alkuvaiheessa. Se soveltuu läpäisemättömiin rantatyyppeihin eli kalliorannoille ja rakenne-

tuille rannoille, hienojakoisille rantamateriaaleille (hiekk- ja mutarannat) sekä kasvillisuuden peittämille rannoille. (EPPR 1988, 3-10.)

Ojittaminen on nopea ja tehokas menetelmä ottaa öljy hallintaan ja estää sen lähteminen uudelleen liikkeelle suojausilla, vähän aallokolle alttiilla rannoilla, joissa on hienojakoista rantamateriaalia. Ojista öljy kerätään esim. imuautoilla. Avoimilla, aallokolle alttiina olevilla rannoilla öljy on kerättävä pois nopeasti, ettei se aallokon vaikutuksesta muokkaudu sedimenttien sekaan ja mahdollisesti hautaudu. Rannoilla yritetään välttää maaperän muokkaamista, työkoneista aiheutuvaa haittaa ja maamassojen poistamista. (EPPR 1988, 3-10.)

Useimmiten rannassa tai rannan läheisyydessä oleva jää estää vedenpinnalla kelluvaa öljyä likaamasta rantamateriaalia. Jos öljy on huuhtoutunut jäälle, ei se todennäköisesti kiinnity, paitsi jos on ilman, veden ja öljyn pintalämpötilat ovat alle 0°C. (EPPR 1998, 4-48.)

Jäätymisen aikaan öljy voi peittyä jään alle tai jäätyä rantajäähän sisään. Kevään sulamisen aikoihin tai pintajään sulaessa muulloin, öljy ei todennäköisesti kiinnity jäänpintaan vaan kelluu vedenpinnalla tai kulkeutuu väylille. Öljy voi aallokossa räiskyä jään reunan yli tai rantautua vedenkorkeuden yläpuolisiin osiin ja lämpötilan laskiessa mahdollisesti uudelleen, jäätyä rantajäähän kiinni. Rikkonaisen jään aikaan kun ei ole rantaan ulottuvan kiintojään tarjoamaa suojaa, öljy pääsee jäälauttojen välistä kulkien likaamaan rantaa. Jos rannassa on yhtenäinen jää, se suojaa rantamateriaalia, mutta jos jääkansi ulottuu rannasta ulos niin, että siinä on myös kelluva jääkansi, öljy saattaa kulkeutua jääkannen alle. Rannan jäätynyt maaperä (jäätynyt pohjavesi) estää öljyn tunkeutumisen sedimentteihin. (EPPR 1998, 4-48.)

EPPR:n (1998, 4-48) mukaan **luonnollinen palautuminen** on suositeltavin menetelmä aallokolle alttiilla rannoilla. Se ei kuitenkaan sovellu raskaille öljyille tai säistyneelle raakaöljylle suojausimmisissa paikoissa. Se ei sovellu myöskään käytettäväksi syksyllä juuri ennen pakkasia, sillä silloin öljy saattaa jäätyä kiinni tai jäädä jään alle, jolloin kevään sulaminen irrottaa sen liikkeelle. (EPPR 1998, 4-48.) Muita mahdollisia menetelmiä ovat **imeytys**, **alipaineimu** ja **polttaminen**. Jos päästään lähelle, ropemope **-skimmereillä** voidaan pyyhkiä jään pintaa ja kerätä öljyä raiiloista ja väyliltä. Ropemope-skimmereitä voidaan käyttää nostopuomin avulla rannalta, jääkannen päältä, aluksesta tai proomusta käsin. (EPPR 1998, 4-49.) Suomessa on käytössä kaivinkonekiinnitteisiä harjakauhoja rantojen puhdistukseen (Lampela & Jolma 2011, 6).

Jäisillä rannoilla tyypillisimpiä menetelmäkombinaatioita ovat EPPR:n (1998, 4-49) mukaan:

- Matalapainepesu ja irtonaisen öljyn kerääminen, jonka jälkeen lopun öljyn kerääminen käsin, alipaineimua tai imeytysaineita käyttäen.
- Mekaaninen kaavinta, jonka jälkeen lopun öljyn tarkempi manuaalinen kerääminen.

Lumiselle rannalle rantautunut öljy imeytyy osaksi lumeen. Öljyistä lunta voidaan suhteellisen helposti kerätä käsin tai koneellisesti. (EPPR 1998, 4-49.) Lumessa olevan öljyn määrällä ei ole suurta vaikutusta valittavaan keräysmenetelmään. Enemmän vaikuttaa ilman lämpötila, sillä kuiva lumi toimii eritavalla kuin märkä. Myös lumen ominaisuudet, huokoisuus, tiiviys jne. sekä öljyn ominaisuudet vaikuttavat. Kaikki paitsi aivan jäykimmät öljyt tunkeutuvat lumipeitteisen rantamateriaalin läpi. (EPPR 1998, 4-99.)

Lumisilla rannoilla tyypillisimpiä menetelmäkombinaatioita ovat EPPR:n (1998, 4-98) mukaan:

- Manuaalinen keräys yhdistettynä alipainetekniikoihin ja imeytysaineisiin.
- Mekaaninen kaavinta ja poisto, jota seuraa manuaalinen keräys jäämien poistamiseksi.

8. RANTAKERÄYSMENETELMIEN Kuvaus

Luonnollinen toipuminen on tarkoitettu kaikille rantatyypeille, joilla on vain vähän ei-pysyvää öljyä ja erityisesti sellaisille alueille, joilla torjuntatyö ja liikkuminen voivat itsessään aiheuttaa enemmän haittaa kuin öljy. Menetelmää käytetään myös sellaisissa olosuhteissa, joissa mikään muu menetelmä ei ole käyttökelpoinen. Tällainen tilanne saattaa tulla vastaa silloin, kun mikään tyyppillinen keräysmenetelmä ei pysty kiihdyttämään luonnollista hajoamista, tai silloin kun torjuntahenkilöstön turvallisuus estää muiden menetelmien käytön. (EPPR 1998, 5-41.) Vaikka luonnollinen hajoaminen on talvella hitaampaa, voi alueen jättäminen ilman toimenpiteitä olla hyvä vaihtoehto (MSB et al. 2010, 79). Menetelmän käyttö estyy, jos on vaarana, että öljy lähtee alueelta uudelleen liikkeelle ja likaa ennestään puhtaita alueita (EPPR 1998, 5-42).

Pesumenetelmä on merkittävä torjuntakeino etenkin rannoilla. Pesua voidaan hyödyntää myös talvisaikaan jos huomioidaan veden jäätymiseen ja tahattomaan jäänmuodostumiseen liittyvät ongelmat (MSB et al. 2010, 79). Öljyntorjunnassa käytettäviä pesumenetelmiä ovat (EPPR 1998, 5-43):

- Huuhtelu runsaalla vedellä
- Matalapainepesu kylmällä vedellä
- Matalapainepesu lämpimällä tai kuumalla vedellä
- Korkeapainepesu kylmällä vedellä
- Korkeapainepesua lämpimällä tai kuumalla vedellä
- Höyrypesu
- Hiekkapuhallus

Nämä pesumenetelmät poikkeavat toisistaan mm. veden paineen ja lämpötilan suhteen. Huuhtelu runsaalla vedellä voidaan tehdä suoraan letkulla tai sitten putken avulla, johon on tehty noin 0,25–0,5 cm reikiä. Putki asetetaan rannalle vesirajan suuntaisesti öljyntyneen alueen yläpuolelle. (EPPR 1998, 5-45.)

Matalapainepesu kylmällä vedellä on tehokas ja käytännöllinen tekniikka suurimmassa osassa läpäisemättömiä rantamateriaaleja sekä myös osalle läpäiseviä. Menetelmän tehokkuus laskee kun

öljyn viskositeetti kasvaa ja mitä syvemmälle rantamateriaaliin öljy on tunkeutunut. Pesumenetelmät eivät toimi hyvin hiekka- ja hiekka/sorarannoilla eivätkä toimi ollenkaan mutarannoilla. (EPPR 1998, 5-45.) Matalapainepesua voidaan tehdä myös lämpimällä tai kuumalla vedellä. Muita menetelmiä ovat korkeapainepesu kylmällä vedellä, korkeapainepesua lämpimällä tai kuumalla vedellä, höyrypesu sekä hiekkapuhallus.

Pesumenetelmällä irrotettu öljy tulee myös kerätä talteen, muuten menetelmästä ei ole kuin haittaa (EPPR 5-46). Pesumenetelmissä onkin erotettavissa seuraavat vaiheet: pesu, öljyisten pesuvesien ohjaaminen, pesuvesien keruu ja käsittely. Kannattaa aloittaa alueen valmistelemisesta siten, että pesuvedet ohjautuvat oikeaan paikkaan. Pesuvedet voi johtaa takaisin mereen, johon on puomitettu keräysalue tai keräyskuoppaan tai -ojaan (EPPR 1998, 5-43).

Suurten vedenkorkeuden muutosten aikaan välttä pesemästä öljyä aiemman, korkeamman vesirajan jäljiltä ylhäälle jäänyttä öljyä alemmas alueille, joilla on kasvillisuutta ja eläimistöä. Useimmiten ne ovat vielä puhtaita alueita ja tästä olisi huomattavaa lisävahinkoa. Alamäkeen peseminen saattaisi myös lisätä liikaa tramppaamista alueella. Suositeltavaa on odottaa kunnes vesi on taas yhtä korkealla, jolloin alaosat ovat suojassa vedenpinnan alla. (EPPR 1998, 4-38–4-39; 5-46.)

Korkeapainepesua ja pesua lämpimällä tai kuumalla vedellä, mukaan lukien höyrypesu ja hiekkapuhallus, tulee välttää koska ne irrottavat myös puhtaat organismit. Näitä menetelmiä voidaan käyttää kohdennettuna pistepesuna alueilla, joilla ei ole kasveja, tai jos öljy on ne jo tappanut. Kuitenkin kaikki kasvien, öljyn tappamienkin, poistaminen viivyttaa luonnon palautumista entiseen tilaansa. (EPPR 1998, 4-38–4-39; 5-46.) Kuumaa vettä ja korkeaa painetta tulee käyttää vain laitureilla ja muilla rakennetuilla alustoilla (Forsman 2012, 37).

Pestessä tulee varoa öljyn pesemistä syvemmälle sedimentteihin. Lämmin vesi yleensä hetkellisesti auttaa irrottamaan öljyn, mutta sitten se lähtee leviämään laajemmalle tai syvemmälle. Lämmitetty öljy lähtee valumaan esimerkiksi rantaa alas ja kun lämpö haihtuu öljystä sen liikkua tai kohdatessa kylmemmän veden, se alkaa kasaantua. (EPPR 1998, 4-65.) Vältä myös suolaisen veden kasvien pesua makealla vedellä: käytä merivettä (EPPR 5-46). Huomioi myös, että korkeapainepesu saattaa emulsifioida öljyn (EPPR 1998, 5-46) jolloin jätemäärä kasvaa.

Mekaanisten menetelmien käyttö on mahdollista talvella samoin edellytyksin kuin muinakin vuodenaikoina. Pilaantuneen maa-aineksen keräämisen lisäksi koneellisia menetelmiä voidaan hyödyntää öljyyntyneiden jää- ja lumimassojen keräämiseen. (MSB et al. 2010, 79.) Mekaanisen menetelmän valintaan vaikuttavat likaantuneen alueen koko, öljyn määrä ja tyyppi, alueen saavutettavuus ja rantatyyppi. Myös menetelmän tehokkuuteen ja taloudellisuuteen tulee kiinnittää huomiota, kuten siihen, kuinka monta kertaa tiettyä jätemassaa käsitellään ja siirretään ja kuinka paljon jätettä syntyy. (EPPR 1998, 5-47.)

Mekaaninen keräys koneellisesti on manuaalista keräystä nopeampaa, mutta se tuottaa suuremman määrän jätettä. Menetelmän tehokkuus riippuu pitkälti käytettävissä olevasta kalustosta ja tämän kalustotyypin soveltuvuudesta operoida tietyllä ranta-alueella. Kalustotyypin tehokkuutta voidaan arvioida sen mukaan, miten nopeasti puhdistaminen kalustolla sujuu ja miten paljon jätettä kyseisen kaluston käyttö tuottaa. (EPPR 1998, 5-52.) Eri menetelmien ja syntyvän jätemäärän suhdetta esitellään mm. artikkelissa *Guidelines and Strategies for Oil Spill Waste Management in Arctic Regions* (Polaris 2009).

Mekaanista koneellista keräämistä voidaan tehdä kaikkialla muualla paitsi kalliolla ja rakennetuilla rannoilla. Rantamateriaalin kantokyky sekä rannan kaltevuus sekä eri koneiden ominaisuudet ovat määrääviä tekijöitä. Pehmeällä, upottavalla hiekalla rengaspaineiden vähentäminen auttaa, tai sitten mennään telaketjukoneilla. Telaketjujen käyttöä ei kuitenkaan suositella, sillä ne muokkaavat öljyä paljon enemmän sedimenttien sekaan kuin mitä pyörät tekevät. Tiehöylät voivat toimia vain kantavilla ja tasaisilla alueilla. Niillä saa leikattua matalan, noin 10 cm siivun maanpinnasta. Kauhakuormaajat ja kaivurit voivat työskennellä monenlaisissa ympäristöissä. Kalustoa, joilla on ulottuvuutta, voidaan käyttää myös proomusta käsin. (EPPR 1998, 5-56-5-57.)

Manuaalinen kerääminen on suositeltua pienille määrille keskiraskasta ja raskasta öljyä sekä asfalttimaisia jakeita, ja silloin kun öljy on maan pinnalla tai lähellä pintaa. Manuaalista keräämistä tehdään alueella, jolle ei kalustolla pääse tai jossa ei ole tilaa työskennellä muulla kalustolla. (EPPR 1998, 5-50.) Tallominen tulee sielläkin pitää minimissään (EPPR 1998, 4-43).

Kasvillisuuden leikkaus on työvoimaa vaativa menetelmä ja sitä käytetään vain, jos on vaarana että öljy uhkaa liata eläimiä ja lintuja esimerkiksi kaislikossa. Juurien vahingoittamista tulee välttää. (EPPR 1998, 5- 58.)

Alipainemenetelmiä käytetään keräämään lammikoitunut, huuhtelemalla tai pesutekniikoilla keräilykuoppaan tai -ojaan ohjattu öljy (EPPR 1998, 5-51).

Imetysaineita voidaan käyttää sekä suojaamaan että keräämään. Kaupalliset aineet ja tuotteet ovat tehokkaampia kuin turve tai oljet. Osa imeytysaineista voidaan käyttää uudelleen. Imeytysaineiden käyttö ei aina ole ongelmaton, esimerkiksi kaukaisissa kohteissa. Imeytysaineet kylästyvät nopeasti ja niitä pitää vaihtaa usein, jopa suhteellisen pienessä vuodossa. Tämä lisää niin työtä kuin jätemäärääkin. (EPPR 1998, 5-59.) Imeytysaineiden käyttö edellyttää, että öljy on vielä joko nestemäisessä muodossa, tahmeaa tai tarttuvaa (MSB et al. 2010, 79).

Ohuen öljykerroksen ts. kevyen öljysumun tai pienen määrän öljyä poistamiseen lumen pinnalta voidaan käyttää **vesisumua**. Säiliöautolla (maantiesuola-auton tapaan) ruiskutetaan kevyt vesisumu likaantuneen alueen ylle. Vesi jäätyessään kapseloi öljyn sisäänsä. (Majors & McAdams 2008, 2.)

In-situ, eli paikan päällä hyödynnettäviä menetelmiä ovat sekoittaminen ja sedimenttien siirto. Myös polttaminen katsotaan kuuluvan tähän kategoriaan. Näiden menetelmien tarkoituksena on muuttaa öljyn ominaisuuksia tai vaihtaa öljyn paikkaa sellaiseen kohtaan, jossa se joutuu alttiiksi säilymiselle ja luonnolliselle hajoamiselle. Menetelmien etuna on, ettei niistä synny kuljetusta ja loppukäsittelyä vaativaa jätettä. (EPPR 1998, 5-60.) Sekoittamisessa öljyntyntynyt pinta kaivetaan ja sekoitetaan paikallaan. Tekniikkaa kutsutaan myös ilmaamiseksi tai maanmuokkaukseksi. Sedimenttien siirtoa käytetään siirtämään öljyntyntynyt maamassa esimerkiksi enemmän aallokolle alttiiksi, jolloin se säilyy nopeammin. (EPPR 1998, 5-61-5- 62.)

Mainitut in-situ menetelmät soveltuvat käytettäväksi silloin, kun suurin osa öljystä on jo muilla menetelmillä saatu poistettua ja silloin kun viimeistellään erittäin pieniä öljyjäämiä (EPPR 1998, 5-62). Menetelmät eivät sovellu suurille öljymäärille, eikä maamassoja saa siirtää paikkaan, josta öljy voi lähteä uudelleen liikkeelle (EPPR 1998, 5-63).

Bioremedaatioissa öljyn luonnollista biohajoamista kiihdytetään lisäämällä ravinteita, öljyä hajottavia bakteereja tai molempia. Päinvastoin kuin on aikaisemmin oletettu, alhainen veden läm-

pötilä tai jää eivät hankaloita bioremedaatiota niin paljon kuin on luultu. Se on kuitenkin hidaskäyttöprosessi, jota harvoin jos koskaan voidaan pitää ensisijaisena torjuntamenetelmänä. Tarkoituksenmukaisinta bioremedaation käyttöä on toissijaisena torjuntamenetelmänä täydentämään puhdistusastetta jonkin toisen menetelmän, esimerkiksi mekaanisen puhdistuksen jälkeen. Lampelan mukaan se onkin erittäin käyttökelpoinen rantapuhdistusmenetelmänä myös alhaisissa lämpötiloissa. (Lampela 2011, 20.)

Dispersanttien eli torjuntakemikaalien käyttöä säädellään Öljyvahinkojen torjuntalain 41§:ssä seuraavasti: ”Suomen ympäristökeskus voi poikkeustapauksessa päättää merenkulun ympäristönsuojelulain 2 luvun 2 §:n 1 momentin 3 kohdassa tarkoitettujen öljypitoisten aineiden tai mainitun lain 4 luvun 3 §:n 1 momentin 3 kohdassa tarkoitettujen haitallisten nestemäisten aineiden (torjuntakemikaali) käytöstä alusöljy- ja aluskemikaalivahingon torjunnassa. Suomen ympäristökeskuksen on ennen päätöksen tekemistä varmistuttava, että torjuntakemikaali on kyseisen vahingon torjunnassa huomattavasti muita torjuntamenetelmiä parempi eikä torjuntakemikaalin käytöstä aiheudu ilmeistä vesien pilaantumisen vaaraa eikä muuta haittaa ihmisen terveydelle tai ympäristölle.” (TorjL 2009)

Laboratorio- ja kenttäkokeet ovat osoittaneet, että jäiden sekaan vuotanut öljy on dispersoitavissa. Jääoloissa öljyn säilyminen on hidastunut mm. kylmyyden takia, jolloin dispersanttien käyttöön on laajempi aikaikkuna. Öljy on dispersoitavissa vielä kuudentena päivänä vuodon jälkeen. (Velez et al. 2011, 3.)

9. LOGISTIIKAN JÄRJESTÄMINEN

Torjunnan onnistumiseen vaikuttaa erityisesti kaksi logistista seikkaa: 1) päästölähteen ja puhdistettavien alueiden luokse pääseminen ja 2) käytössä oleva kuljetuskapasiteetti torjuntahenkilöstön, kaluston, torjunnan johdon ja asiantuntijoiden kuljettamiseksi alueelle ja heidän huoltamiseen torjuntapaikalla. Koska nämä tekijät ovat suorassa yhteydessä toisiinsa, ongelmat kohteen saavutettavuudessa monikertaistuvat torjuntalogistiikan järjestämisessä. (Reiter 1981, 2.)

Torjuntalogistiikkaa voidaan tarkastella aikaisempien onnettomuuksien kautta. Mm. Reiterin (1981) esittämä case kalastusalue Ryuo Marun (Alaska 8.11.1979) öljyvahingosta tuo esille logistiikan järjestämiseen liittyviä kokemuksia. Ryuo Marun tapauksessa torjunta-alue sijaitsi saarella. Torjuntalogistiikkaa helpottamaan saarelle toimitettiin useita lisäajoneuvoja, mikä johti kuitenkin ongelmiin polttoaineen riittävyydessä. Logistiikan etukäteissuunnittelun tärkeys korostui, kun onnettomuuspaikalle lähetettiin liikaa ja vääränlaista kalustoa sekä liikaa henkilöstöä, jolloin edestakaisten matkojen järjestäminen ja suuren joukon huolto ja majoitus kuormittivat turhaan torjunnanjohtoa. (Reiter 1981, 1–2.)

Talviolosuhteet voivat helpottaa liikkumista keräysalueella. Rannan kantavuus yleensä kasvaa maan jäätyessä. Kasvillisuuden tallomista ja raskaiden koneiden käyttöä tulee normaalisti välttää, sillä se lisää öljyn sekoittumista syvemmälle maahan ja näin kasvattaa jätemäärää. Maan ollessa jäässä tämä ongelma vähenee. (Owens & Michel 2003, 4.)

Rantaan ulottuva kiintojää saattaa estää aluskaluston pääsyn kohteeseen, mutta mahdollistaa työskentelyn jäältä käsin (Marsh et al. 1979, 1). Jäätä hyödynnetään työskentelyalustana jos se vain kestää torjuijen ja kaluston painon (MSB et al. 2010, 77; Exxon Mobil 2008, 15-4; Oskins & Bradley 2005, 2; Glover & Dickins 1999, 5). Veden mataluus estää aluskaluston esim. jäänmurtajien käytön. Tällaisessa tilanteessa työskennellään jäältä käsin ja torjuntajoukkoja huolletaan ilmatyynyalusten, helikoptereiden tai ajoneuvokaluston avulla. Helikoptereita tarvitaan mm. tiedusteluun, valvontaan, lääkinnälliseen apuun ja evakuointiin sekä kalustonsiirtoihin ja -nostoihin (Marsh et al. 1979, 1–4).

Jään paksuus ja kantavuus määrittävät pääsyn kohteeseen, mahdollisuuden perustaa työskentelypiste, tuoda välineet jälle ja myös jäällä liikkumisen. Jää saattaa kantaa raskaatkin koneet riippuen sijainnista ja vuodenajasta. Logistiikassa hyödynnetään traktoreita ja jälle tuotuja välivarastotankkeja ja säiliöitä. (Glover & Dickins 1999, 3.) Kantavuuden arvioinnissa on huomioitava jääntyyppi: onko jää teräsjäätä vai kohvajäätä. Teräsjää on kirkasta, hyvin tiivistynyttä, siinä ei ole ilmataskuja ja se on vahvaa ja kantaa hyvin. Kohvajää on muodostunut useammista kerroksista jäätä ja lunta (mahdollisesti myös sedimenttejä), siinä on ilmataskuja ja sen kantokyky on vain noin puolet teräsjään kantokyvystä. (Oskins & Bradley 2005, 2.)

Paksun liikkuvan jääpeitteen (dynaaminen, ahtojäinen) tilanteessa torjunta keskittyy ensisijaisesti alustoimintoihin jäänmurtoavustuksella, mutta torjuntajoukkoja voi olla tarpeen varustaa myös jälle (Marsh et al. 1979, 1).

Ohuen jääpeitteen aikana tai silloin kun on **vähän irtojäätä** jääolot eliminoivat mahdollisuuden työskennellä jäältä käsin. Tämäntyyppinen tilanne on logistiikan kannalta miltei verrattavissa avovesiaikaiseen torjuntaoperaatioon ja toimintaa ohjataan mereltä käsin. (Marsh et al. 1979, 1.)

Kustannustehokas vahinkojätelogistiikan järjestäminen edellyttää jätteen lajittelua ja kuljetusyksiköiden merkitsemistä. Eri torjuntamenetelmät tuottavat erityyppistä jätettä. Karkein jakojätetyyppien välillä on jako nestemäiseen ja kiinteään jätteeseen. Toiseksi, jätteet voidaan jakaa öljyisyyden perusteella joko puhteisiin ja öljyntyneisiin, tai vielä tarkemmin öljypitoisuuden mukaan. Lajittelun etuna on, että näin voidaan jätetuormaa jakaa eri käsittelylaitoksiin. (Polaris 2009, 22.)

Vahinkojätteen logistiikassa voidaan tyypillisesti erottaa kaksi eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa jäte kerätään keräysalueella keräysastioihin. Toisessa vaiheessa ne kootaan suuremmiksi eriksi kuljetusta varten. Käsittelykertojen minimoimiseksi jäte kannattaa kerätä suoraan kuljetusyksikköön aina kun mahdollista tai järjestää uudelleenpakkaus jo keräysalueella. Kuljetettavan jätemäärän vähentämiseksi voidaan rannalle järjestää öljy-vesiseoksen erottelu, emulsion hajottaminen ”emulsion breaking”, öljyisen lumen sulatus ja liikuteltavia jätteenpolttoyksiköitä. Öljyisen veden dekantoiminen ja puhtaan veden laskeminen takaisin mereen vähentää nestemäisten jätteiden kuljetustarvetta. Takaisinlasku edellyttää kuitenkin ympäristöviranomaisten hyväksymiä suodatustekniikoita ja pitoisuusmittareita. (Polaris 2009, 23-24.)

Polariksen (2009) jäteoppaassa *Guidelines and Strategies for Oil Spill Waste Management in Arctic Regions* vahinkojätelogistiikan järjestämistä peilataan pääasiassa arktiseen alueeseen, sen harvaan tai olemattomaan infrastruktuuriin ja pitkiin välimatkoihin. Arktisella alueella jäte kuljetetaan ensisijaisesti proomuilla ja tätä tuetaan helikopterikuljetuksilla. Myös maastokelpoiset ajoneuvot, moottorikelkat ja mönkijät käyvät tukimuotona jätteen siirtokuljetuksiin. (Polaris 2009, 42.)

10. TYÖTERVEYS JA TYÖTURVALLISUUS

Torjuntatyötä tehdään yleensä tilanteissa, joissa normaalit turvallisuuskäytänteet ovat romahtaneet (onnettomuustilanne). Työtä tehdään sellaisissa olosuhteissa tai alueilla, joissa ei ole tavanomaisia fasiliteetteja tai joissa ne ovat heikentyneet vaarallisen aineen vuodon, rajoittuneen tai muuttuneen kunnallistekniikan, infrastruktuurin ja muiden epävakaiden tukiranteiden vuoksi, ja jotka soveltuvat huonosti suurten ihmisjoukkojen ja raskaiden koneiden työympäristöksi. Myös torjuihin kohdistuva paine tehdä nopeasti jotakin aiheuttaa itsessään vaaraa. Kylmyys monimutkaistaa asioita edelleen, sillä työympäristö on usein suoraan altis säiden vaihteluille (jäätävä sade, lumi, räntä, kova tuuli).

Kylmyys heikentää yksilön suorituskykyä ja väsymys taas nostaa tapaturmariskiä. Vaaraa voivat aiheuttaa myös pakkasessa rikkoutuvat tai huonosti toimivat koneet ja laitteet. (Hazel & Rancilio 1997, 1.) Kylmät lämpötilat aiheuttavat erityistä vaaraa käytettäessä hydraulikalla toimivia laitteita ja raskaita koneita. Hydraulitoimisten laitteiden turvalliselle käytölle esitetään asetettavaksi pakkasraja. Laitteet voivat rikkoontuessaan aiheuttaa henkilövahinkoja ja lisäliikaantumista. (Glover & Dickins 1999, 5.)

Kylmyyden vuoksi on huomioitava suojavarusteiden, suojakatosten ja työmaakoppien tarve sekä lisälämmitinten tarve puhdistautumispisteillä tai varusteidenvaihtopisteillä. Muita turvalliseen työskentelyyn liittyviä seikkoja ovat kulkuväylien ja poistumisteiden merkitseminen sekä jään ohjaamisen tarve työmaan ohi. Keräyspisteen poistumis- ja pelastustiet, vaikka olisivatkin riittävän selvästi merkitty, saattavat päästä kunnoltaan vaarallisiksi äkillisen ankaran sään seurauksena. (Hazel & Rancilio 1997, 1-5.)

Torjuntatyössä on huomioitava, että torjuntaan saattaa osallistua muitakin kuin pelastusalan ammattilaisia. Torjuntatyötä varten tulee nimetä turvallisuuspäällikkö. Turvallisuuspäällikkö laatii keräyspistekohtaiset turvallisuussuunnitelmat (Site Safety Plan), valvoo niiden noudattamista sekä varautuu niiden mukauttamiseen kyseisen työkohteen oloihin säänvaihteluita seuraten. Turvallisuussuunnitelmassa tulee olla ensiapu- ja päivystysnumerot, torjuntatyön turvallisuushen-

kilöston yhteystiedot, kartta keräysalueesta, kuvaus torjuntaoperaatiosta, toimintaohjeet kyseisellä keräyspisteellä toimimisesta mm. puhdistautumisesta, ohje vaadittavista henkilökohtaisista suojarusteista, käyttöturvatiedote torjuttavasta aineesta ja pisteellä käytettävistä muista kemikaaleista, kuten puhdistautumispisteellä käytettävistä pesuaineista sekä ensiapuohjeet. Lisäksi suunnitelmassa on oltava kuvaus keräyspisteen riskeistä ja vaaroista, kuten hypotermiariskistä, täydennettynä selkeyttävillä kaaviokuvilla tai taulukoilla, esimerkiksi pakkasenpurevuustaulukolla. Suunnitelmassa on oltava myös selvitys siitä, kuinka turvallisuusasiat saatetaan torjuntahenkilöstön tietoon. (Hazel & Rancilio 1997, 1.)

Keräyspisteen turvallisuussuunnitelma tulee tehdä aina ennen torjuntatöiden käynnistymistä kyseisellä alueella. Turvasuunnitelma perustuu riskinarviointiin ja sen laajuus suhteutetaan operation laajuuteen. Turvallisuussuunnitelma ei kuitenkaan yksistään riitä; se on vain apuväline, jonka avulla turvallisuusasiat saadaan kootusti esille, vaan sitä pitää käsitellä esimerkiksi työnjako- ja tiedotustilaisuuksissa. Suunnitelman ja turvallisuusasioiden saattaminen osaksi muuta työprosessia vaatii usein keskustelua sekä toistuvaa suullista vahvistamista. (Hazel & Rancilio 1997, 1.)

Turvallisuusohjeistus on torjuntatyönjohdon ja turvallisuuspäällikön laatima, se dokumentoidaan turvallisuussuunnitelmaksi ja saatetaan torjuijen ja kenttätoimijoiden tietoon päivittäisissä työmaapalaverissa. Joka-aamuisten työmaapalaverien tarkoituksena on toistuvasti muistuttaa torjuija turvallisuusasioista, kertoa torjuntatyön etenemisestä, siinä tapahtuneista mahdollisista muutoksista ja siitä, miten nämä muutokset vaikuttavat turvallisuuteen. Palaverit myös antavat tilaisuuden torjuntatyön johdon ja kenttatorjuijen väliseen tiedonvaihtoon niistä turvallisuusasioista, jotka ovat mahdollisesti nousseet edellisen päivän kokemuksista. (Hazel & Rancilio 1997, 1.)

Systemaattista turvallisuusasioiden läpikäymistä varten työmaapalaverissa voidaan hyödyntää omaa lomaketta, johon kerätään palaveriin osallistuneiden nimet. Näin saadaan dokumentoitua kuka on saanut turvallisuusohjeistuksen ja milloin. Lomake voi olla checklista-tyyppinen ja siinä esitetyt turvallisuusteemat esimerkiksi seuraavanlaisia: kemialliset vaarat ja fyysiset vaarat (liukastuminen, kompastuminen, putoaminen, hukkuminen, paleltuminen ja paleltumavammat) sekä erityishuomiot kuten jäällä, sekä öljyisillä, jäisillä ja lumisilla pinnoilla liikkuminen, konerikot ja toimintahäiriöt, kuormien nostoista johtuvat vaarat, maassa juoksevat putket, letkut ja johdot sekä kulkuväylien tukkeutuminen välineistä ja laitteista. Lisäksi torjujille on käytävä läpi kylttien ja opasteiden tarkoitus, viestintävälineet ja -tavat, kyseisessä työssä tarvittavien suojarusteiden käyttö, poistuminen alueelta mahdollisessa vaaratilanteessa sekä kyseisen alueen turvalaitteiden, kuten pelastusrenkaiden ja -hakojen sijainti. (Hazel & Rancilio 1997, 1-5.)

Henkilökohtaisten suojainten tarve on tehtäväkohtainen. Altistuminen tapahtuu pääasiassa kosketuksen tai hengityksen kautta. Hazel & Rancilio (1997, 5) antaa esimerkin suojarusteista: alla lämmin työasu, päällä Tyvek-haalari, suojalasit, kypärä ja turvakärkisaappaat sekä laitureilla ja vedenääressä työskentelevillä lisäksi kelluntapuku. Öljystä haihtuu myös haitallisia kaasuja. Erityisesti jätteen keräyspisteissä ja välivarastointialueilla, joissa öljyä on suurina massoina, tulee käyttää hengityssuojaimia ja pitoisuusmittareita. (Hazel & Rancilio 1997, 5.)

Yhdysvalloissa erityisen kylmien olosuhteiden torjuntaa tutkineet Oskins & Bradley (2005, 2) painottavat että henkilökohtaiset suojarusteet ovat kriittisin tekijä työskenneltäessä kylmässä ja hyisen avoveden läheisyydessä. Lämpötila, tuuli ja kosteus yhdessä vaikuttavat lämmönhukkaan ja voivat johtaa vakaviinkin seurauksiin. Parhaimman suojan antaa kerrospukeutuminen sekä asianmukaiset käsineet, jalkineet ja päähine. Suojarusteissa tulee olla kolme kerrosta (Oskins &

Bradley 2005, 2):

- Aluskerros kosteutta siirtävää materiaalia (alusvaatteet, päähine, aluskäsineet)
- Lämpöä eristävä välikerros, säästä riippuen voi olla useitakin vaatekerroksia päällekkäin (esim. lämpöhaalarit)
- Vettäläpäisemätön ulkokerros, tuulta, sadetta ja lunta pitävä suojakerros.
- Lisäksi kypärä, pelastusliivit, turvasaappaat ja turvavaljaat.

Jäällä liikkussa käytetään turvavaljaita ja työskennellään työpareittain. Työskentelyalustoina käytetään vanerilevyjä lisäämään pitoa. (Oskins & Bradley 2005, 2.) Ympäristön tunteminen ja tarkkailu, jään paksuuden ja kuormankantokyvyn selvittäminen ja raijien ja repeämien havainnointi ovat erittäin tärkeitä.

Yleisiä työturvallisuusohjeita kylmätorjuntaan löytyy myös Exxon Mobilin (2008) oppaasta *Oil Spill Response Field Manual*.

II. AINEISTON ANALYSOINTI JA YHTEENVETO

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui julkaisuja yhteensä 30 kappaletta. Julkaisujen pienen määrän vuoksi mukaan valittujen tutkimusten aikaväli on laaja: vuodesta 1979 vuoteen 2012. Aineisto kattaa usean eri maanosan, Kanadan, Yhdysvallat, Euroopan ml. Pohjoismaat sekä arktisen alueen. Tutkimusaineisto koostuu sekä julkisyhteisöjen julkaisuista että akateemisista tutkimuksista. Tästä näkökulmasta tutkimusaineiston voidaan katsoa olevan monipuolista. Katsaukseen valikoitunut aineisto on kuvattu taulukossa 1.

Lähdeaineiston keskeisimpiä tutkimuskohteita olivat öljyn käyttäytyminen ja ominaisuudet - niitä käsiteltiin 43% artikkeleista. Toiseksi eniten huomioita saivat erilaisten vedessä käytettävien torjuntamenetelmien ja -tekniikoiden kuvaukset (36%). Artikkelien sisällöissä toistuivat myös seuraavat teemat: öljyn havainnointi ja paikallistaminen (11%) sekä työturvallisuus (11%). Logistiikkaa käsitteleviä lähteitä löydettiin vain kaksi: *Guidelines and Strategies for Oil Spill Waste Management in Arctic Regions* (Polaris 2009) käsittelee vahinkojätelogistiikkaa ja *Cold Regions Spill Response* (Marsh et al. 1979) torjuntalogistiikkaa.

Suomen olosuhteissa käyttökelpoisen lähdemateriaalin ja torjuntaohjeistuksen löytymistä vaikeuttaa ennen kaikkea oman kokemuksemme puute, mutta myös erilainen suhtautumistapamme ensisijaisiin torjuntamenetelmiin. Suurimmassa osassa muuta maailmaa suositetaan öljyn polttamista, dispersoimista tai öljyn jättämistä luonnon puhdistettavaksi. Nämä ovat Suomessa poissuljettavia tai ainakin erittäin harkitusti käyttöön otettavia menetelmiä. Tästä näkemyserosta johtuen lähteenä hyödynnettävän materiaalin määrä on melko rajallinen. Myöskään kaikki arktisilla alueilla hyödynnettävät toimintatavat eivät ole suoraan siirrettävissä Suomenlahden talviolosuhteisiin.

Talvisen rantatorjuntasuunnitelman laatimista vaikeuttaa myös lähdeaineiston yksipuolisuus. Talvisella öljyntorjunnalla käsitetään yleensä avomeritorjuntaa jääolosuhteissa eikä rannikon tai ranta-alueen torjuntaa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta huomioida. Talviolosuhteiden rantatorjuntaa käsitellään yleensä vain yhtenä osa-alueena laajemman torjuntaohjeistuksen sisäl-

lä. Perusteellisimmin rantatorjuntaa tuodaan esille EPPR:n *Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters* -oppaassa (1998), Exxon Mobilin *Oil Spill Response Field Manual*'ssa (2008) ja SSPA Sweden raportissa *Olja i is – Förstärkt oljeskadeskydd i strandzonen under isförhållanden* (2008). Ai-noastaan seitsemässä artikkelissa talvinen rantatorjunta oli nostettu keskeisimmäksi tarkastelun-kohteeksi. Näistäkin vain kolmessa käsiteltiin rantatorjuntamenetelmiä. Talvinen rantatorjunta joko nähdään kuriositeettina tai se on vasta nyt tutkimuksen kohteena, eikä lähdemateriaalia siksi ole juurikaan saatavilla. Aineiston yksipuolisuutta tuo esille myös Owens et al. (2005, 1), joka nimeää ongelmaiseksi talvitorjuntatutkimuksen painottumisen pelkästään öljyn keräämiseen jäistä ja peräänkuuluttaa erityisesti lumiolosuhteiden huomioimista. Tieto ja tutkimus kylmätorjun-nasta on vähäistä (Oskins & Bradley 2005, 2), tai se etenee hitaasti ja tehokkaita ratkaisumalleja edelleen odotellaan (Lampela 2011, 21).

Taulukko 1. Talvisen rantatorjunnan käsittely kirjallisuuskatsaukseen sisältyvissä julkai-suissa.

Julkaisu	Kirjoittaja/julkaisija	Aihepiiri / Teema	Käytettävyyss rantatorjuntaan
Oil Spill Countermeasures in Landfast Sea Ice	Allen, Alan A. & Nelson, Wil-liam G. 1981	Öljyn käyttäytyminen jäässä ja jään alla arktisilla alueilla	Operatiivisia huomioita, jää-puomit
Offshore Oil Spill Response in Dynamic Ice Conditions. A report to WWF on considerations for Sakhalin II Project.	DeCola, Elise, Robertson, Tim, Fletcher, Sierra & Har-vey, Susan. 2006. Alaska. Nuka Research.	Öljyntorjunta dynaamisissa jääoloissa Sakhalin öljy- ja kaasutoimintojen taustasel-vityksenä	Liikkuvien jäiden huomioimi-nen puomituksissa
Oil in Ice –JIP. Report no. 30. Project P5: Remote Sensing Summary Report.	Dickins, David 2010. SINTEF Materials and Chemistry.	Öljypäästön havainnointi ja paikallistaminen jääoloissa	Havainnointitekniikat
Behavior of Oil Spills in ice and implications for Arctic Spill response	Dickins, David 2011. Artikkelit Offshore Technology Confer-encessa 7-9.2.2011 Hous-teen, Texas.	Öljyn käyttäytymisen kuvaus	Öljyn käyttäytyminen; mur-toveden aiheuttamat muu-tokset huomioiden
Svalbard 2006 Experimental Oil Spill Under Ice: Remote Sensing, Oil Weathering Under Arctic Conditions and Assessment of Oil Removal by In-Situ Burning	Dickins, David, Brandvik, Per Johan, Bradford, John, Fak-ness, Liv-Guri, Liberty, Lee & Daniloff, Roger. 2008.	GPR-järjestelmän tekniikkaa	Tutkan toimivuus ja rajoituk-set. Öljyn nouseminen jään läpi.
Field Guide for Oil Spill Re-sponse in Arctic Waters	EPPR (Emergency Preven-tion, Preparedness and Res-ponse). A Program of the Arctic Council. Toim. Edward H. Owens, Laurence B. Sols-berg, Mark R. West, Maureen McGrath. 1998	Kylmänajan öljyntorjun-tastrategiat ja -tekniikat avovesi-, jää- ja lumiolosu-h-teissa.	Käsittelee myös rannikon torjuntaa. Lisäksi osioita öl-jyn muuntumisesta kylmä-sä.
Oil Spill Response Field Man-ual	Exxon Mobil 2008	Laaja opas, jossa myös yleis-luontoinen kylmätorjunnan osuus	Työturvallisuus ja torjunta-menetelmät kylmissä olo-suhteissa
Oil spills in ice. Enhanced shoreline protection and beach clean-up resources for winter conditions in Sweden.	Forsmann, Björn. 2012 SSPA Sweden AB. PowerPoint-esitys	Kirjallisuuskatsaus ja SSPA Sweden AB:n rantatorjunta-manuaalista (Olja i is 2008) poimitut suositukset	Käytettävimmät talvitorjun-tamenetelmät
Response Plans for Arctic Oil and Ice Encounters	Glover, Nick W. & Dickins, David F. 1999	Öljyn käyttäytyminen, jään vaikutus ja torjunnan suunnittelu. Polttamisen edut ja toimivuus.	Työskentelyn yleiskuvausta
A Technique for the Mea-surement of Under-ice Roughness to Determine Oil Storage Volumes	Goodman, R.H., Holoboff, A.G., Daley, T.W., Waddel, P., Murdock, L. D. & Fingas, M. 1987	Jään alapinnan epätasaisuuden mittauksesta, ja mittau-starkkuuden vaikutuksesta öljymäärän arviointiin	Tekniikan kuvausta, analy-sointi vasta tulossa
Health and Safety Issues During Cold Weather Oil Spill Responses	Hazel III, William E. & Ran-cilio, Michael J. 1997	Case study vedenalaisesta torjuntaoperaatiosta.	Työturvallisuus talvitorjun-nassa

Underwater Recovery of Submerged Oil During a Cold Weather Response	Helland, Randolph C, Smith, Benjamin L., Hazel III, William, Popa, Michael & McCarthy, Dennis J. 1997	Case study vedenalaisesta torjuntaoperaatiosta (Ks. Hazell III, sama onnettomuus).	Öljyn poisto pohjasta, imu, ruoppaus ja erilaiset tankkijärjestelyt, seisottaminen ym.
Acute Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice	Hänninen, S. & Sassi, J. 2010	Katsaus kylmätorjunnan tutkimukseen ja nykytilaan Suomessa ja Norjassa	Kylmätorjunnan luonne, torjuntamenetelmät, öljyn havainnointi ja paikallistaminen
U.S. Coast Guard Marine Environmental Response in the Arctic: Challenges and Initiatives	Lally, Joseph. 2011	Yleistä arktisen alueen haasteista	Öljyn havainnoinnista huomioita
Mechanical Oil Spill Recovery in Ice; Finnish Approach	Lampela, K. & Jolma, K. 2011	Mekaaniset kerääjät ja skimmerit	Suomen linjaukset, avovesitorjuntaan soveltuvia ratkaisuja
Oil Spill Response in Ice. Report on the State of the Art	Lampela, Kari. 2011	Suomen talvitorjunnan nykytilan kuvaus	Yleislinjauksia, talvi- ja avovesiolojen vertailua
Responding to Spills in an Arctic Oil Field - Lessons Learned	Majors, Lee & McAdams, Fred. 2008	Tapausesimerkkejä	Hyviä käytäntöjä
Cold Regions Spill Response	Marsh, Gordon D., Schultz, Lawrence A. & DeBord, Frank W. 1979	Kolmen tyyppiset jäätorjuntaskaariat	Logistista näkökulmaa
Saneringsmanual för olja på svenska stränder.	MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), IVL Svenska Miljöinstitutet & Naturvårdsverket. 2010	Yleiskuvas öljyn käyttäytymisestä ja keräämisestä talviolissa.	Rantatorjuntamenetelmien katsaus
“Extreme” Cold Weather Oil Spill Response Techniques & Strategies – Ice & Snow Environments	Oskins, Carl J. & Bradley Dee. 2005	Öljyn kerääminen jäistä jäätä sahaamalla	Käytettävissä olevaa informaatiota, mm. PPE ja toimintaohjeet jäätelänteistä
Planning for Shoreline Response to Spills in Arctic Environments	Owens, Edward H. & Michel, Jacqueline. 2003	Arktisen alueen rantatyyppit, öljyn käyttäytyminen ja kerääminen.	Puhdistustekniikoista huomioita. Rantatyyppit poikkeavat kuitenkin Suomen oloista.
Spill Impacts and Shoreline Cleanup Operations on Arctic and Sub-Arctic Coasts	Owens, Edward H. & Robiliard, Gordon A. 1981	Arktisen alueen erityispiirteitä	Huomioita rantautuvasta öljystä
The Arctic SCAT Manual. A Field Guide to the Documentation of Oiled Shoreline in Arctic Regions	Owens, Edward H. & Sergy, Gary A. / EPPR (Emergency Prevention, Preparedness and Response). A Program of the Arctic Council. 2004	Rannan arviointimenetelmät. Esimerkit rantaviivan jää- ja lumitilanteista. Öljyn käyttäytymisen kuvauksia.	Rantatekniikoiden yleisesittelyä. Rantatyyppit poikkeavat kuitenkin Suomen oloista
The Behavior and Documentation of Oil Spilled On Snow-And Ice-Covered Shorelines	Owens, Edward H., Dickins, David F. & Sergy, Gary A. 2005	Öljy-lumi rajapinta	Lumiolosuhteiden kuvaus. Lämpimän ja kylmän öljyn leviäminen lumessa.
Shoreline Experiments and the Persistence of Oil on Arctic Beaches	Owens, Edward H., Harper, John R., Foget, Carl R. & Robson, Wishart. 1983	Rantautuneen öljyn pysyvyys ja luonnollinen puhdistuminen, kenttäkokeilla.	Pyyhkäisymatkan ja aaltoenergian vaikutus pysyvyyteen, emulsifioituneen öljyn pysyvyys.
Guidelines and Strategies for Oil Spill Waste Management in Arctic Regions	Polaris Applied Sciences, Inc. 2009. USA.	Torjunnan suunnittelu ja vahinkojätteen hallinta osana päätöksentekoprosessia	Eri keräysmenetelmien arviointia niiden tuottaman jättemäärän pohjalta.
Cold Weather Response F/V Ryuyo Maro no.2 St.Paul, Pribiloff Islands, Alaska.	Reiter, G. A. U.S. Coast Guard. 1981	Kylmissä oloissa, syrjäisessä sijainnissa tapahtuneen torjunnan ongelmat	Yhden vahinkotapauksen torjunnan kuvaus, mutta hyviä huomioita lessons learned-tyyppisesti
Olja i is – Förstärkt oljeskadeskydd i strandzonen under isförhållanden.	SSPA Sweden 2008. Litteraturstudie med underlag för saneringsinstruktioner för olja i is. Rapport till Räddningsverket.	Talvitorjunta, menetelmät ja niiden soveltuvuus Ruotsin olosuhteisiin	Menetelmät, käyttökokeemukset
Oil Spills in Arctic Waters. An introduction and inventory of research activities and USARC recommendations	USARC (United States Arctic Research Commission) 2012	Katsaus USARCin tutkimushankkeisiin	Suosituksia
Advancing Oil Spill Preparedness and Response Techniques for Arctic Conditions.	Velez, Peter, Johnsen, Hanne, Steen, Alexis & Osikilo, Yvette. 2011.	Kylmänajan öljytorjuntastrategiat ja -tekniikat	Mekaaniset menetelmät

Polttaminen tuotiin esille ensisijaisena torjuntamenetelmänä kylmissä olosuhteissa 21% tämän katsauksen artikkeleista. Esimerkiksi EPPR suosittelee polttamista avovedessä (1998, 4-11) sekä nimeää sen kaikkein tehokkaimmaksi, joskus jopa ainoaksi torjuntakeinoksi jääolosuhteissa (1998, 3-25). Allen & Nelson (1981, 2,4-5 ja 7) määrittelevät polttamisen yhdeksi lupaavimmista menetelmistä arktisilla alueilla. Myös Dickins et al. (2008, 1 ja 7) ja Marsh et al. (1979, 3) esittävät menetelmää ensisijaiseksi arktisilla alueilla sen kaukaisuuden ja huonon saavutettavuuden vuoksi. Muiden menetelmien ohella polttamista suositaa 14% läpikäydyistä artikkeleista. Majors & McAdams (2008, 5) sekä Glover & Dickins (1999, 4) määrittelevät polttamisen ensisijaiseksi tekniikaksi mekaanisten menetelmien ohella. Menetelmä on tehokkain ja ympäristöä säästävin siirtymävaiheiden, jäätyneen ja sulamisen aikaan sekä paksujen öljylauttojen poistamiseksi jäälauttojen seasta (Glover & Dickins 1999, 5-7). Myös Exxon Mobil (2008, 15-5 ja 15-8) näkee polttamisen optimaaliseksi menetelmäksi jäiden seassa, suositeltavaksi kiintojäävaiheessa sekä käyttökelpoiseksi avovedessä. Myös kielteisimpiä ja varovaisempia kannanottoja esitettiin. Marsh et al. (1979, 3) mukaan polttamistekniikat eivät ole riittävän kehittyneitä. Lally (2011, 5) muistuttaa, että öljyn sytyttäminen on vaikeampaa kylmässä. Lisäksi öljylautan paksuuden tulee olla riittävä tehokkaan palamisen aikaansaamiseksi, mikä edellyttää nopeaa puomitusta ja siten vahinkoalueen saavutettavuutta aluksilla. Ruotsissa polttaminen ”ei ole ajankohtaista” (MSB et al. 2010, 80), sitä ei ole riittävästi testattu, jotta sitä voisi suositella menetelmäksi (SSPA Sweden 2008, 40) tai sitä ei voida käyttää (Forsman 2012, 38).

Polttamista perustellaan sen myönteisellä vaikutuksella syntyvään jätemäärään ja siten työvoiman ja logistiikkatarpeen huomattavaan vähenemiseen. Vahinkojätteen määrän, sen käsittely- ja kuljetuskertojen ja kuljetus- ja varastointikapasiteetin minimoiminen ovat polttamisen perusteena muun muassa Allen & Nelsonin (1981, 7) ja Owens & Robilliardin (1981, 4) artikkeleissa. Polttaminen on hyvin johdettuna ja toteutettuna tehokas, mutta sen käyttö on aina harkittava tapauskohtaisesti (Hänninen & Sassi 2010, 35-37). Kokeet ja testit ovat osoittaneet että polttaminen on mahdollista, mutta tekniikka sekä toimintaohjeet ja -proseduurit vaativat vielä kehittämistä (Marsh et al. 1979, 3; Lally 2011, 5). Lampelan mukaan (2011, 21) suurissa öljyvahingoissa polttaminen saattaa joissain tapauksissa olla paras vaihtoehto, mutta ohjeistusta siitä, miten ja milloin polttamista voidaan käyttää, tulisi täydentää. Myös Hänninen & Sassi (2010, 59) arvioivat, että poltto voi olla potentiaalinen vaihtoehto myös Itämerellä. EPPR:n (1998, 3-8) mukaan raakaöljyn korkea rikkipitoisuus aiheuttaa turvallisuus- ja terveysvaaraa yhtäläillä sekä polttamattomana että poltettuna. USARC (2012, 29) esittääkin, että in-situ polton käyttöä tulisi arvioida kokonaisuutena, jossa huomioidaan polton ympäristövaikutukset, muodostuva savu ja palamisjännös. Lähdeaineiston pohjalta menetelmän käyttö ei näytä täysin poissuljetulta. Sen tarkoituksenmukaisuutta Suomenlahden talviolosuhteissa tulisikin tarkastella kriittisesti ja kokonaisvaltaisesti, myös mahdolliset jätehuoltovaikutukset huomiodien. Tässä katsauksessa läpikäyty aineisto ei kuitenkaan ole riittävän laaja johtopäätösten tekemiselle. Polttamisen kokonaishyötyjä ja -haittoja tulisi tutkia enemmän.

Muita lisäselvitystä vaatia tutkimusaiheita ovat torjunta- ja havainnointitekniikat. Lampelan (2011, 21) mukaan lukuisista laboratorio- ja kenttätesteistä huolimatta edelleen on puutetta tehokkaista menetelmistä, joita voitaisiin hyödyntää suurissa öljyvahingoissa kylmissä ja jäisissä olosuhteissa. Kapasiteettia on pienten vahinkojen torjuntaan, mutta suurissa vahingoissa voidaan joutua odottamaan jään sulamista ja toimia sitten avovesimenetelmin. Myöskään luotettavia ja todella toimivia öljyn ajalehtimismalleja jäissä ei ole olemassa. Lisäksi öljyn havaitseminen lumi- ja jäälaitteiden alta on ongelma. Tekniikoita öljyn havaitsemiseksi ja öljylautan paksuuden arvioimiseksi torjunta-alukselta käsin myös pimeässä tai muuten huonossa näkyvytydessä tulisi kehittää.

Myös menetelmiä suuren vahingon torjuntaan tulee kehittää edelleen. Mekaanisten menetelmien ja välineiden kehitystyötä on jatkettava ja erityisesti skimmerien kapasiteettia on saatava kasvatettua. (Lampela 2011, 20-21.) Myös ohjailu- ja nuottauspuomien käytettävyyttä tulee testata ja niiden kestävyyttä lisätä (Marsh et al. 1979, 4). Lisäksi tarvitaan lisää kalustotestejä ja arviointia sekä ympäristö, jossa voidaan testata erilaisia menetelmiä todellisuutta vastaavissa oloissa (Lampela 2011, 20; Marsh et al. 1979, 3).

Uusien menetelmien ja realististen testausmahdollisuuksien lisäksi painotetaan koulutuksen tärkeyttä. Koulutusta tarvitaan kylmäosaamisen lisäämiseksi (Oskins & Bradley 2005, 1-2), erityisesti käytännön harjoittelua jääolosuhteissa tapahtuvaan torjuntaan (Lampela 2011, 20-21). USARC (2012, 28) neuvoo testaamaan erilaisia tekniikoita, kouluttamaan torjuntajoukkoja ja varmistamaan, että he ovat perehtyneet torjuntaprosessiin, ennen kuin se lopulta varmistuu oikean tilanteen myötä. Koulutuksen ja osaamisen tueksi tulisi luoda datapankki joka kerää, analysoi ja tiivistää tietoa oikeista casesta. Näin saadaan riittävän laaja-alaista taustatietoa toiminnan pohjaksi, sillä yksittäisten casejen lopputulokseen vaikuttavat aina tapauskohtaiset olosuhteet sekä sen hetkisen kaluston ja torjuntajoukon toimintakyky. Torjuntavalmiuden harmaat alueet, heikot lenkit ja rajoitteet tulisi määritellä selkeästi. (USARC 2012, 28-30.)

Kirjallisuuskatsauksen avulla löydettiin vastaus siihen mitä sillä tavoiteltiin. Tutkimuskysymyksiin ”miten talviset olosuhteet muuttavat alusöljyvahingon torjuntaa” ja ”mitä öljyntorjuntamenetelmiä ja -tekniikoita voidaan hyödyntää kylmissä olosuhteissa” saatiin suhteellisen monipuolinen vastausaineisto. Tarkentavia vastauksia jäätiin kaipaamaan rannikolla hyödynnettävien kylmätorjunta- ja havainnointimenetelmien sekä logistiikan järjestämisen osalta. Näitä kysymyksiä ja tämän kirjallisuuskatsauksen aineistoa tullaan vielä täydentämään asiantuntijahaastatteluilta. Täsmäntävää aineistoa etsitään uudella kysymyksenasettelulla ”Miten torjunta- ja vahinkojätelogistiikka tulee järjestää talvisessa torjuntaoperaatiossa?”.

Lisäksi yritetään kasvattaa lähdeaineiston määrää. Kirjallisuuskatsauksessa läpikäydyissä artikkeleissa löytyi viittauksia mielenkiintoisiin lähteisiin, joita ei kuitenkaan vielä onnistuttu saamaan käsille. Näitä ovat:

- Owens Coastal Consultants (OCC) 1994. North Slope Shoreline Oil Spill Countermeasures Manual. Alaska Clean Seas.
- Owens 1996. Field Guide For The Protection And Cleanup Of Oiled Arctic Shorelines. Environment Canada, Prairie and Northern Region.
- Alaska Clean Seas & Alaska Department of Environmental Conservation. Winter Crude Oil Releases on North Slope Snow Covered Tundra and Experimental Cleanup Strategy (ei mainintaa julkaisuvuodesta)

I 2. LÄHTEET

Allen, Alan A. & Nelson, William G. 1981. Oil Spill Countermeasures in Landfast Sea Ice. IOSC Proceedings 1981.

DeCola, Elise, Robertson, Tim, Fletcher, Sierra & Harvey, Susan 2006. Offshore Oil Spill Response in Dynamic Ice Conditions. A report to WWF on considerations for Sakhalin II Project. Alaska. Nuka Research.

Dickins, David 2010. Oil in Ice –JIP. Report no. 30. Project P5: Remote Sensing Summary Report. SINTEF Materials and Chemistry.

Dickins, David 2011. Behavior of Oil Spills in Ice and Implications for Arctic Spill Response. Artikkele Offshore Technology Conferencessa 7-9.2.2011 Houston, Texas.

Dickins, David, Brandvik, Per Johan, Bradford, John, Faksness, Liv-Guri, Liberty, Lee & Dani-loff, Roger 2008. Svalbard 2006 Experimental Oil Spill Under Ice: Remote Sensing, Oil Weathering Under Arctic Conditions and Assessment of Oil Removal by In-Situ Burning. IOSC Proceedings 2008.

EPPR 1998. Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters. A Program of the Arctic Council. Toim. Edward H. Owens, Laurence B. Solsberg, Mark R. West, Maureen McGrath Saatavissa <http://arctic-council.org/eppr/wp-content/uploads/2010/04/fldguide.pdf>

Exxon Mobil 2008. Oil Spill Response Field Manual. Exxon Mobil Research and Engineering. USA

Forsmann, Björn 2012. SSPA Sweden AB. Oil spills in ice. Enhanced shoreline protection and beach clean-up resources for winter conditions in Sweden. PowerPoint-esitys.

- Glover, Nick W. & Dickins, David F. 1999. Response Plans for Arctic Oil and Ice Encounters. IOISC Proceedings 1999.
- Goodman, R.H., Holoboff, A.G., Daley, T.W., Waddel, P., Murdock, L. D. & Fingas, M. 1987. A Technique for the Measurement of Under-ice Roughness to Determine Oil Storage Volumes. IOISC Proceedings 1987.
- Hänninen, Saara & Sassi, Jukka 2010. Acute Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice. 64 p. Research Report: VTT-R-03638-09. Espoo: VTT.
- Hazel III, William E. & Rancilio, Michael J. 1997. Health and Safety Issues During Cold Weather Oil Spill Responses. IOISC Proceedings 1997.
- Helland, Randolph C, Smith, Benjamin L., Hazel III, William, Popa, Michael & McCarthy, Dennis J. 1997. Underwater Recovery of Submerged Oil During a Cold Weather Response. IOISC Proceedings 1997.
- Hietala, Meri 2013. Tiedonanto 31.1.2014. Suomen ympäristökeskus.
- Ilmatieteenlaitos 2013. Internetsivut osoitteessa <http://ilmatieteenlaitos.fi/talvivilastot> [Viitattu 27.6.2013]
- Kivikari, Leena & Romo-Nyrhinen, Tarja 2009. Terveyskysely rannikon öljyntorjuntatyöhön tulevalle henkilölle. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Sosiaali- ja terveysala. Työterveyshuollon erikoistumisopinnot.
- Lally, Joseph 2011. U.S. Coast Guard Marine Environmental Response in the Arctic: Challenges and Initiatives. IOISC Proceedings 2011.
- Lampela, Kari & Jolma, Kalelervo 2011. Mechanical Oil Spill Recovery in Ice; Finnish Approach. IOISC Proceedings 2011. 24.2.2011.
- Lampela, Kari 2011. Oil Spill Response in Ice. Report on the State of the Art. 24.8.2011. Saatavissa www.ymparisto.fi
- Majors, Lee & McAdams, Fred 2008. Responding to Spills in an Arctic Oil Field - Lessons Learned. IOISC Proceedings 2008.
- Marsh, Gordon D., Schultz, Lawrence A. & DeBord, Frank W. 1979. Cold Regions Spill Response. IOISC Proceedings 1979.
- MSB Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, IVL Svenska Miljöinstitutet & Naturvårdsverket 2010. Saneringsmanual för olja på svenska stränder.
- Oskins, Carl J. & Bradley, Dee 2005. "Extreme" Cold Weather Oil Spill Response Techniques & Strategies – Ice & Snow Environments. IOISC Proceedings 2005.

Owens, Edward H. & Michel, Jacqueline 2003. Planning for Shoreline Response to Spills in Arctic Environments. IOSC Proceedings 2003.

Owens, Edward H. & Robilliard, Gordon A. 1981. Spill Impacts and Shoreline Cleanup Operations on Arctic and Sub-Arctic Coasts. IOSC Proceedings 1981.

Owens, Edward H., Dickins, David F. & Sergy, Gary A. 2005. The Behavior and Documentation of Oil Spilled On Snow- And Ice-Covered Shorelines. IOSC Proceedings 2005.

Owens, Edward H., Harper, John R., Foget, Carl R. & Robson, Wishart 1983. Shoreline Experiments and the Persistence of Oil on Arctic Beaches. IOSC Proceedings 1983.

Polaris 2009. Guidelines and Strategies for Oil Spill Waste Management in Arctic Regions. Polaris Applied Sciences, Inc. USA. Saatavissa myös www.arctic-council.org/eppr/completed-work/oil-and-gas-products/eppr-waste-management-report/

Reiter, G. A. 1981. Cold Weather Response F/V Ryuo Maru No.2 St. Paul, Pribiloff Islands, Alaska. IOSC Proceedings 1981.

SSPA Sweden 2008. Olja i is – Förstärkt oljeskadeskydd i strandzonen under isförhållanden. Litteraturstudie med underlag för saneringsinstruktioner för olja i is. Rapport till Räddningsverket. SPPA rapportnummer 2007:4504.

SÖKÖ II 2011. SÖKÖ II-manuaali; Ohjeistusta alusöljyvahingon rantatorjuntaan. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja. Sarja A. Oppimateriaali. Nro 31. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. ISBN 978-952-5963-04-5.

TorjL 2009. Öljyvahinkojen torjuntalaki 29.12.2009/1673. Saatavissa osoitteessa www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20091673 [Viitattu 12.2.2014]

USARC 2012. United States Arctic Research Commission. Oil Spills in Arctic Waters. An introduction and inventory of research activities and USARC recommendations. USA.

Velez, Peter, Johnsen, Hanne, Steen, Alexis & Osikilo, Yvette 2011. Advancing Oil Spill Preparedness and Response Techniques for Arctic Conditions. IOSC Proceedings 2011.

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJASSA B. ILMESTYNEET JULKAISUT

B-SARJA Tutkimuksia ja raportteja

- B 1 Markku Huhtinen & al.:
Laivadieselien päästöjen vähentäminen olemassa olevissa laivoissa [1997].
- B 2 Ulla Pietilä, Markku Puustelli:
An Empirical Study on Chinese Finnish Buying Behaviour of International Brands [1997].
- B 3 Markku Huhtinen & al.:
Merenkulkualan ympäristönsuojelun koulutustarve Suomessa [1997].
- B 4 Tuulia Paane-Tiainen:
Kohti oppijakeskeisyyttä. Oppijan ja opettajan välisen ohjaavan toiminnan hahmottamista [1997].
- B 5 Markku Huhtinen & al.:
Laivadieselien päästöjä vähentävien puhdistuslaitteiden tuotteistaminen [1998].
- B 6 Ari Siekkinen:
Kotkan alueen kasvihuonepäästöt [1998]. Myynti: Kotkan Energia.
- B 7 Risto Korhonen, Mika Määttänen:
Veturidieseleiden ominaispäästöjen selvittäminen [1999].
- B 8 Johanna Hasu, Juhani Turtiainen:
Terveysalan karusellikoulutusten toteutuksen ja vaikuttavuuden arviointi [1999].
- B 9 Hilikka Dufva, Mervi Luhtanen, Johanna Hasu:
Kymenlaakson väestön hyvinvoinnin tila, selvitys Kymenlaakson väestön hyvinvointiin liittyvistä tekijöistä [2001].
- B 10 Timo Esko, Sami Uoti:
Tutkimussopimusopas [2002].

- B 11 Arjaterttu Hintsala:
Mies sosiaali- ja terveydenhuollon ammattilaisena – minunko ammattini? [2002].
- B 12 Päivi Mäenpää, Toini Nurminen:
Ohjatun harjoittelun oppimisympäristöt ammatillisen kehittymisen edistäjinä – ARVI-projekti 1999-2002 [2003], 2 p. [2005].
- B 13 Frank Hering:
Ehdotus Kymenlaakson ammattikorkeakoulun kestävän kehityksen ohjelmaksi [2003].
- B 14 Hilikka Dufva, Raija Liukkonen
Sosiaali- ja terveysalan yrittäjyys Kaakkois-Suomessa. Selvitys Kaakkois-Suomen sosiaali- ja terveysalan palveluyrittäjyyden nykytilasta ja tulevaisuuden näkymistä [2003].
- B 15 Eija Anttalainen:
Ykköskuski: kuljettajien koulutustarveselvitys [2003].
- B 16 Jyrki Ahola, Tero Keva:
Kymenlaakson hyvinvointistrategia 2003 –2010 [2003], 2 p. [2003].
- B 17 Ulla Pietilä, Markku Puustelli:
Paradise in Bahrain [2003].
- B 18 Elina Petro:
Straightway 1996—2003. Kansainvälinen transitoreitin markkinointi [2003].
- B 19 Anne Kainlauri, Marita Melkko:
Kymenlaakson maaseudun hyvinvointipalvelut - näkökulmia maaseudun arkeen sekä mahdollisuuksia ja malleja hyvinvointipalvelujen kehittämiseen [2005].
- B 20 Anja Härkönen, Tuomo Paakkonen, Tuija Suikkanen-Malin, Pasi Tulkki:
Yrittäjyyskasvatus sosiaalialalla [2005]. 2. p. [2006]
- B 21 Kai Koski (toim.):
Kannattava yritys ei menetä parhaita asiakkaitaan. PK-yritysten liiketoiminnan kehittäminen osana perusopetusta [2005]
- B 22 Paula Posio, Teemu Saarelainen:
Käytettävyyden huomioon ottaminen Kaakkois-Suomen ICT-yritysten tuotekehityksessä [2005]
- B 23 Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen, Elina Kantola, Eeva Suuronen:
Keski-ikäisten naisten sepelvaltimotaudin riskitekijät, elämäntavat ja ohjaus sairaalassa [2006]
- B 24 Johanna Erkamo & al.:
Oppimisen iloa, verkostojen solmimista ja toimivia toteutuksia yrittäjämäisessä oppimisympäristössä [2006]

- B 25 Johanna Erkamo & al.:
Luovat sattumat ja avoin yhteistyö ikäihmisten iloksi [2006]
- B 26 Hanna Liikanen, Annukka Niemi:
Kotihoidon liikkuvaa tietojenkäsittelyä kehittämässä [2006]
- B 27 Päivi Mäenpää
Kaakkois-Suomen ensihoidon kehittämisstrategia vuoteen 2010 [2006]
- B 28 Anneli Airola, Arja-Tuulikki Wilén (toim.):
**Hyvinvointialan tutkimus- ja kehittämistoiminta Kymenlaakson ammattikorkeakou-
lussa** [2006]
- B 29 Arja-Tuulikki Wilén:
Sosiaalipäivystys – kehittämishankkeen prosessievaluatio [2006].
- B 30 Arja Sinkko (toim.):
Kestävä kehitys Suomen ammattikorkeakouluissa – SUDENET-verkostohanke [2007].
- B 31 Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen, Mirja Nurmi, Leena Wäre (toim.):
**Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Etelä-Suomen Alkoholiohjelman kuntakump-
panuudessa** [2007].
- B 32 Erkki Hämäläinen & Mari Simonen:
Siperian radan tariffikorotusten vaikutus konttiliikenteeseen 2006 [2007].
- B 33 Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen & Mirja Nurmi:
**Tulevaisuuteen suuntaava tutkiva ja kehittävä oppiminen avoimissa ammattikor-
keakoulun
oppimisympäristöissä** [2007].
- B 34 Erkki Hämäläinen & Eugene Korovyakovsky:
**Survey of the Logistic Factors in the TSR-Railway Operation - "What TSR-Station
Masters Think about the Trans-Siberian?"** [2007].
- B 35 Arja Sinkko:
**Kymenlaakson hyvinvoinnin tutkimus- ja kehittämiskeskus (HYTKES) 2000-2007.
Vaikuttavuuden arviointi** [2007].
- B 36 Erkki Hämäläinen & Eugene Korovyakovsky:
Logistics Centres in St Petersburg, Russia: Current status and prospects [2007].
- B 37 Hillka Dufva & Anneli Airola (toim.):
Kymenlaakson hyvinvointistrategia 2007 - 2015 [2007].
- B 38 Anja Härkönen:
**Turvallista elämää Pohjois-Kymenlaaksossa? Raportti Kouvolan seudun asukkaiden
kokemasta turvallisuudesta** [2007].
- B 39 Heidi Nousiainen:
Stuuva-tietokanta satamien työturvallisuustyön työkaluna [2007].

- B 40 Tuula Kivilaakso:
Kymenlaaksolainen veneenveistoperinne: venemestareita ja mestarillisia veneitä [2007].
- B 41 Elena Timukhina, Erkki Hämäläinen, Soma Biswas-Kauppinen:
Logistic Centres in Yekaterinburg: Transport - logistics infrastructure of Ural Region [2007].
- B 42 Heidi Kokkonen:
Kouvola muuttajan silmin. Perheiden asuinpaikan valintaan vaikuttavia tekijöitä [2007].
- B 43 Jouni Laine, Suvi-Tuuli Lappalainen, Pia Paukku:
Kaakkois-Suomen satamasidonnaisten yritysten koulutustarveselvitys [2007].
- B 44 Alexey V. Rezer & Erkki Hämäläinen:
Logistic Centres in Moscow: Transport, operators and logistics infrastructure in the Moscow Region [2007].
- B 45 Arja-Tuulikki Wilén:
Hyvä vanhusten hoidon tulevaisuus. Raportti tutkimuksesta Kotkansaaren sairaalassa 2007 [2007].
- B 46 Harri Ala-Uotila, Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen, Ari Lindeman, Pasi Tulkki (toim.):
Oppimisympäristöstä innovaatioiden ekosysteemiin [2007].
- B 47 Elena Timukhina, Erkki Hämäläinen, Soma Biswas-Kauppinen:
Railway Shunting Yard Services in a Dry-Port. Analysis of the railway shunting yards in Sverdlovsk-Russia and Kouvola-Finland [2008].
- B 48 Arja-Tuulikki Wilén:
Kymenlaakson muisti- ja dementiaverkosto. Hankkeen arviointiraportti [2008].
- B 49 Hilikka Dufva, Anneli Airola (toim.):
Puukuidun uudet mahdollisuudet terveyden- ja sairaanhoidossa. TerveysSellu-hanke. [2008].
- B 50 Samu Urpalainen:
3D-voimalaitossimulaattori. Hankkeen loppuraportti. [2008].
- B 51 Harri Ala-Uotila, Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen, Ari Lindeman (toim.):
Yrittäjämäisen toiminnan oppiminen Kymenlaaksossa [2008].
- B 52 Peter Zashv, Peeter Vahtra:
Opportunities and strategies for Finnish companies in the Saint Petersburg and Leningrad region automobile cluster [2009].
- B 53 Jari Handelberg, Juhani Talvela:
Logistiikka-alan pk-yritykset versus globaalit suuroperaattorit [2009].
- B 54 Jorma Rytönen, Tommy Ulmanen:
Katsaus intermodaalikuljetusten käsitteisiin [2009].

- B 55 Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen:
Lasten ja nuorten terveys- ja tapakäyttäytyminen Etelä-Kymenlaakson kunnissa [2009].
- B 56 Kirsi Rouhiainen:
Viisasten kiveä etsimässä: miksi tradenomiopiskelija jättää opintonsa kesken? Opintojen keskeyttämisen syiden selvitys Kymenlaakson ammattikorkeakoulun liiketalouden osaamisalalla vuonna 2008 [2010].
- B 57 Lauri Korppas - Esa Rika - Eeva-Liisa Kauhanen:
eReseptin tuomat muutokset reseptiprosessiin [2010].
- B 58 Kari Stenman, Rajka Ivanis, Juhani Talvela, Juhani Heikkinen:
Logistiikka & ICT Suomessa ja Venäjällä [2010].
- B 59 Mikael Björk, Tarmo Ahvenainen:
Kielelliset käytänteet Kymenlaakson alueen logistiikkayrityksissä [2010].
- B 60 Anni Mättö:
Kyläläisten metsävarojen käyttö ja suhtautuminen metsien häviämiseen Mzuzun alueella Malawissa [2010].
- B 61 Hilikka Dufva, Juhani Pekkola:
Turvallisuusjohtaminen moniammatillisissa viranomaisverkostoissa [2010].
- B 62 Kari Stenman, Juhani Talvela, Lea Värtö:
Toiminnanohjausjärjestelmä Kymenlaakson keskussairaalan välinehuoltoon [2010].
- B 63 Tommy Ulmanen, Jorma Rytönen:
Intermodaalikuljetuksiin vaikuttavat häiriöt Kotkan ja Haminan satamissa [2010].
- B 64 Mirva Salokorpi, Jorma Rytönen:
Turvallisuus ja turvallisuusjohtamisjärjestelmät satamissa [2010].
- B 65 Soili Nysten-Haarala, Katri Pynnöniemi (eds.):
Russia and Europe: From mental images to business practices [2010].
- B 66 Mirva Salokorpi, Jorma Rytönen:
Turvallisuusjohtamisen parhaita käytäntöjä merenkulkijoille ja satamille [2010].
- B 67 Hannu Boren, Marko Viinikainen, Ilkka Paajanen, Viivi Etholen:
Puutuotteiden ja -rakenteiden kemiallinen suojaus ja suojauksen markkinapotentiaali [2011].
- B 68 Tommy Ulmanen, Jorma Rytönen, Taina Lepistö:
Tavaravirtojen kasvusta ja häiriötekijöistä aiheutuvat haasteet satamien intermodaalijärjestelmälle [2011].
- B 69 Juhani Pekkola, Sari Engelhardt, Jussi Hänninen, Olli Lehtonen, Pirjo Ojala:
2,6 Kestävä kansakunta. Elinvoimainen 200-vuotias Suomi [2011].
- B 70 Tommy Ulmanen:
Strategisen osaamisen johtaminen satama-alueen Seveso-laitoksissa [2011].

- B 71 Arja Sinkko:
**LCCE-mallin käyttöönotto tekniikan ja liikenteen toimialalla – ensiaskeleina tuot-
teistaminen ja sidosryhmäyhteistyön kehittäminen** [2012].
- B 72 Markku Nikkanen:
**Observations on Responsibility – with Special reference to Intermodal Freight Tran-
sport Networks** [2012].
- B 73 Terhi Suuronen:
Yrityksen arvon määrittäminen yrityskauppatilanteessa [2012].
- B 74 Hanna Kuninkaanniemi, Pekka Malvela, Marja-Leena Saarinen (toim.):
Research Publication 2012 [2012].
- B 75 Tuomo Väärä, Reeta Stöd, Hannu Boren:
**Moderni painekyllästys ja uusien puutuotteiden testaus aidossa, rakennetussa ym-
päristössä. Jatkohankkeen loppuraportti** [2012].
- B 76 Ilmari Larjavaara:
**Vaikutustapojen monimuotoisuus B-to-B-markkinoinnissa Venäjällä - lahjukset osa-
na liiketoimintakulttuuria** [2012].
- B 77 Anne Fransas, Enni Nieminen, Mirva Salokorpi, Jorma Rytönen:
Maritime safety and security. Literature review [2012].
- B 78 Juhani Pekkola, Olli Lehtonen, Sanna Haavisto:
**Kymenlaakson hyvinvointibarometri 2012. Kymenlaakson hyvinvoinnin kehitys-
suuntia viranhaltijoiden, luottamushenkilöiden ja ammattilaisten arvioimana**
[2012].
- B 79 Auli Jungner (toim.):
**Sosionomin (AMK) osaamisen työelämälähtöinen vahvistaminen. Ongelmaperus-
taisen oppimisen jalkauttaminen työelämäyhteistyöhön** [2012].
- B 80 Mikko Mylläri, Jouni-Juhani Häkkinen:
Biokaasun liikennekäyttö Kymenlaaksossa [2012].
- B 81 Riitta Leviäkangas (toim.):
Yhteiskuntavastuuraportti 2011 [2012].
- B 82 Riitta Leviäkangas (ed.):
Annual Responsibility Report 2011 [2012].
- B 83 Juhani Heikkinen, Janne Mikkala, Niko Jurvanen:
**Satamayhteisön PCS-järjestelmän pilotointi Kaakkois-Suomessa. Mobiilisatama-
projektin työpaketit WP4 ja WP5, loppuraportti 2012** [2012].
- B 84 Tuomo Väärä, Hannu Boren:
Puun modifiointiklusteri. Loppuraportti 2012 [2012].
- B 85 Tiina Kirvesniemi:
Tieto ja tiedon luominen päiväkotityön arjessa [2012].

- B 86 Sari Kiviharju, Anne Jääsmaa:
KV-hanketoiminnan osaamisen ja kehittämistarpeiden kartoitus - Kyselyn tulokset [2012].
- B 87 Satu Hoikka, Liisa Korpivaara:
Työhyvinvointia yrittäjälle - yrittäjien kokemuksia Hyvinvointikoulusta ja näkemyksiä yrittäjän työhyvinvointia parantavista keinoista [2012].
- B 88 Sanna Haavisto, Saara Eskola, Sami-Seppo Ovaska:
Kopteri-hankkeen loppuraportti [2013].
- B 89 Marja-Liisa Neuvonen-Rauhala, Pekka Malvela, Heta Vilén, Oona Sahlberg (toim.):
Sidos 2013 - Katsaus kansainvälisen liiketoiminnan ja kulttuurin toimialan työelämälaheisyyteen [2013].
- B 90 Minna Söderqvist:
Asiakaskeskeistä kansainvälistymistä Kymenlaakson ammattikorkeakoulun yritysyhteistyössä [2013].
- B 91 Sari Engelhardt, Marja-Leena Salenius, Juhani Pekkola:
Hyvän tuulen palvelu. Kotkan terveystioski hyvinvoinnin edistäjänä - Kotkan terveystioskikokeilun arviointi 2011-2012 [2013].
- B 92 Anne Fransas, Enni Nieminen, Mirva Salokorpi:
Maritime security and safety threats – Study in the Baltic Sea area [2013].
- B 93 Valdemar Kallunki (toim.):
Elämässä on lupa tavoitella onnea: Nuorten aikuisten koettu hyvinvointi, syrjäytyminen ja osallisuus Kaakkois-Suomessa ja Luoteis-Venäjällä. Voi hyvin nuori -hankkeen loppuraportti. [2013].
- B 94 Hanna Kuninkaanniemi, Pekka Malvela, Marja-Leena Saarinen (toim.):
Research Publication 2013 [2013].
- B 95 Arja Sinkko (toim.):
Tekniikan ja liikenteen toimialan LCCE-toiminta Yritysyhteistyönä käytännössä: logistiikan opiskelijoiden "24 tunnin ponnistus"[2013].
- B 96 Markku Nikkanen:
Notes & Tones on Aspects of Aesthetics in Studying Harmony and Disharmony: A Dialectical Examination [2013].
- B 97 Riitta Leviäkangas (toim.):
Yhteiskuntavastuuraportti 2012 [2013].
- B 98 Mervi Nurminen, Teija Suoknuuti, Riina Mylläri (toim.):
Sidos 2013, NELI North European Logistics Institute - Katsaus logistiikan kehitysohjelman tuloksiin[2013].
- B 99 Jouni-Juhani Häkkinen, Svenja Baer, Hanna Ricklefs:
Economic comparison of three NO_x emission abatement systems [2013].

- B 100 Merja Laitoniemi:
Yksinäisyydestä yhteisöllisyyteen. Yhteisöllistä hoitotyötä Elimäen Puustellissa [2013].
- B 101 Kari Stenman (toim.):
ROCKET. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun osahankkeen loppuraportti [2013].
- B 102 Hannu Sarvelainen, Niko Töyrylä:
Koelaite biomassan torrefiointiin. Biotuli-hankkeen tutkimusraportti 2013 [2013].
- B 103 Saara Eskola:
Biotuli-hanke. Puupohjaiset antibakteeriset tuotteet infektioiden torjunnassa [2013].
- B 104 Hilikka Dufva, Juhani Pekkola:
Matkustajalaiva-liikennettä harjoittavan varustamon yhteiskuntaeettinen liiketoiminta [2013].
- B 105 Mirva Pilli-Sihvola (toim.):
Muuttuuko opettajuus ja mihin suuntaan? Yhteisöllisen verkko-oppimisen ja mobiilioppimisen mahdollisuuksia etsimässä [2013].
- B 106 Anne Fransas, Enni Nieminen, Mirva Salokorpi:
Maritime security and security measures – Mimic Study in the Baltic Sea Area [2013].
- B 107 Satu Peltola (ed.):
Wicked world – The spirit of wicked problems in the field of higher education [2013].
- B 108 Hannu Sarvelainen, Niko Töyrylä:
Erialaisten biomassojen soveltuvuus torrefiointiin. BIOTULI-hankkeen tutkimusraportti 2013 [2013].
- B 109 Tiina Kirvesniemi:
Ammattikorkeakouluopintoihin valmentava koulutus maahanmuuttajille – kokemuksia Kymenlaaksossa [2013].
- B 110 Jari Hyyryläinen, Pia Paukku ja Emmi Rantavuo:
Trik-hanke. Kotka, Kundan ja Krostadtin välisen laivareitin matkustaja- ja rahtipotentialin selvitys. [2013].
- B 111 Heta Vilén, Camilla Grönlund (toim.):
LCCE-harjoittelu. Harjoitteluprosessi osana LCCE-konseptia [2013].
- B 112 Kati Raikunen, Riina Mylläri:
Kaakkois-Suomen logistiikkakatsaus [2014].
- B 113 Tuomo Pimiä (ed.):
Info package of wind energy [2014].

- B 114 Anni Anttila, Riina Mylläri:
Vertailu tuulivoimapuiston meri- ja maantiekuljetuksesta - Renewtech-projekti
[2014].
- B 115 Tuomo Pimiä (ed.):
Organic waste streams in energy and biofuel production [2014].
- B 116 Kati Raikunen, Mikko Mylläri:
Merituulivoimaloiden logistiikka- ja markkinaselvitys Itämerellä [2014].
- B 117 Seija Aalto, Tuija Vanttinen (ed.):
Research Publication 2014 [2014].
- B 118 Anna Närhi, Marjo Parkkonen:
AVH-potilaan hoidon viiveet Pohjois-Kymen sairaalassa [2014].
- B 119 Mikko Mylläri:
Tuulivoimalan satamalogistiikan ratkaisuehdotus [2014].
- B 120 Kari Stenman:
Big thinking for small businesses. Small Business Act. Interviews in the Baltic countries [2014].
- B 121 Mervi Nurminen:
Kymenlaakson logistiikan kehitysohjelma. NELI 2007 – 2013 [2014].
- B 122 Kari Stenman, Juhani Talvela
Julkisen sektorin auttajaorganisaatioiden rooli pk-yritysten kehittämisessä. Boat-hanke. [2014].
- B 123 Riitta Leviäkangas (toim.):
Yhteiskuntavastuuraportti 2013 [2014].
- B 124 Jouni-Juhani Häkkinen, Kari Stenman, Amanda Taka-aho (toim.):
Innovaatiotukiprosessin kehitys Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa [2014].



KYAMK

University of Applied Sciences