

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**ÖLJYNTORJUNTAKALUSTON TEKNISET OMINAISUUDET JA RA-
JOITTEET SUOMEN SAARISTOSSA**

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Vadim Gusev

Merikadettikurssi 81
Laivastolinja

Maaliskuu 2014

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Merikadettikurssi 81	Linja Laivastolinja
Tekijä Kadetti Vadim Gusev	
Tutkielman nimi ÖLJYNTORJUNTAKALUSTON TEKNISET OMINAISUUDET JA RAJOITTEET SUOMEN SAARISTOSSA	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Kursikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika 28.5.2014	Tekstisivuja 28 Liitesivuja 8
TIIVISTELMÄ <p>Öljyntorjunta on hyvin ajankohtainen aihe öljykuljetusten lisääntyessä Suomenlahdella. Suomenlahdella tapahtuvalla öljyvuodolla on suuri riski ajautua Suomen saaristoon. Avomeriolo-suhteissa tapahtuvaa mekaanista öljyntorjuntaa on käsitelty useissa tutkimuksissa. Tässä tutkimuksessa selvitetään millä tavoin Suomen saaristossa tapahtuva öljyntorjunta voidaan toteuttaa mekaanisilla öljyntorjuntavälineillä.</p> <p>Tässä tutkimuksessa selvitetään mitä erityispiirteitä saaristo aiheuttaa mekaaniselle öljyntorjunnalle sekä kuinka saariston rikkonaisuus ja vallitsevat olosuhteet vaikuttavat öljyntorjuntaan. Tutkimuksessa selvitetään miten mekaanisia öljyntorjuntavälineitä voidaan käyttää saaristossa ja mitä rajoitteita näillä välineillä on. Tuntemalla öljyn käyttäytymiseen vaikuttavat tekijät, voidaan ymmärtää paremmin öljyn liikkumiseen, leviämiseen ja öljyn rakenteeseen vaikuttavat seikat. Näiden seikkojen tunteminen auttaa oikeiden öljyntorjuntavälineiden ja tekniikoiden valintaan.</p> <p>Saaristolla on mekaanisten öljyntorjuntavälineiden käytön kannalta monia etuja ja haittoja. Saaristo antaa suojaa vallitsevilta olosuhteilta, joka vaikuttaa mekaanisten öljyntorjuntavälineiden käytettävyyden lisääntymiseen. Saaristossa olevan veden mataluus, kivikkoisuus ja rikkonaisuus voi aiheuttaa haasteita mekaaniselle öljyntorjunnalle.</p> <p>Mekaanisilla öljyntorjuntavälineillä voidaan toteuttaa saaristossa tapahtuva öljyntorjunta, tuntemalla laitteiston rajoitteet ja käyttömahdollisuudet.</p>	
AVAINSANAT Pintakuorija, öljyn käyttäytyminen vedessä, öljyn nuottaaminen, öljyvuomi, öljyntorjunta	

ÖLJYNTORJUNTAKALUSTON TEKNISET OMINAISUUDET JA RAJOITTEET SUOMEN SAARISTOSSA

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	YLEISTÄ	1
1.2	SAARISTO TOIMINTAYMPÄRISTÖNÄ ÖLJYTORJUNNAN KANNALTA	2
1.3	RAJAUKSET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	3
1.4	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ	3
2	ÖLJYN KÄYTTÄYTYMINEN VEDESSÄ	4
2.1	ÖLJYN LEVIÄMINEN VEDESSÄ	4
2.2	ÖLJYLAUTAN LIIKKUMINEN VEDESSÄ	4
2.3	ÖLJYN HAIHTUMINEN	5
2.4	ÖLJYN UPPOAMINEN JA KERROSTUMINEN	6
2.5	ÖLJYN EMULGOITUMINEN, LIUKENEMINEN, DISPERGOITUMINEN JA BIOLOGINEN HAJOAMINEN	6
3	ÖLJYN KÄYTTÄYTYMINEN JÄÄSSÄ	8
3.1	ÖLJYN KÄYTTÄYTYMINEN KYLMISSÄ JA JÄISISSÄ OLOSUHTEISSA	8
3.2	ÖLJY RIKKONAISESSA JÄÄSSÄ JA KIINTOJÄÄSSÄ	8
4	ÖLJYPUOMIT	10
4.1	ÖLJYPUOMIEN KÄYTTÖ JA LUOKITTELU	10
4.2	ÖLJYPUOMIEN RAKENNE JA TOIMINTAPERIAATE	11
4.3	ÖLJYN NUOTTAAMINEN	12
4.4	ÖLJYN LEVIÄMISEN RAJOITTAMINEN JA OHJAAMINEN ÖLJYPUOMEILLA	15
4.5	ÖLJYPUOMIEN KÄYTTÖ JÄÄSSÄ	18
5	MEKAANINEN ÖLJYNKERÄÄMINEN	19
5.1	MEKAANISET KERÄÄJÄT	19
5.2	PATOTYYPIN PINTAKUORIJAT	20
5.3	IMEVÄT PINTAKUORIJAT	20
5.4	PINTAANSA IMEYTTÄVÄT LAITTEET	21
5.4.1	<i>Pintakuorijat levykerääjällä</i>	21
5.4.2	<i>Pintakuorijat rumpukerääjällä</i>	21
5.4.3	<i>pintakuorijat hihnakerääjällä</i>	22
5.4.4	<i>pintakuorijat köysikerääjällä</i>	22
5.4.5	<i>pintakuorijat harjakerääjällä</i>	22
5.5	PINTAKUORIJOIDEN KÄYTTÖ JÄÄOLOSUHTEISSA	23
	<i>Kuva 11. Öljyn erottaminen jäästä tärinää hyödyntämällä [4, s.14]</i>	24
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
6.1	ÖLJYN KÄYTTÄYTYMINEN SAARISTOSSA	26
6.2	ÖLJYN LEVIÄMISEN RAJOITTAMINEN SAARISTOSSA	26
6.3	PINTAKUORIJOIDEN KÄYTTÖ SAARISTOSSA	27
6.4	JOHTOPÄÄTÖKSET	28

LÄHTEET

LITTEET

ÖLJYNTORJUNTAKALUSTON TEKNISET OMINAISUUDET JA RAJOITTEET SUOMEN SAARISTOSSA

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Öljykuljetusten ja muun alusliikenteen määrän kasvaminen on lisännyt huomattavasti öljyonnettomuuden riskiä Suomenlahdella. Keskimäärin puolet Venäjällä tuotetusta ulkomaan vieniin laivattavasta öljystä kuljetetaan Suomenlahden kautta. Suomenlahden poikittaisliikenne muodostaa suuren alusten yhteentörmäys riskin, jonka seurauksena mereen voi joutua jopa 30 000 tonnia öljyä [8]. Vuonna 2005 tehty riskianalyysi, BOSSS- hanke ennustaa vuosien 2004- 2015 välisenä aikana alusonnettomuuksien kaksinkertaistuvan Suomenlahden itäosissa [19]. BRISK- hankkeen mukaan suuren (300- 5000 tonnia) öljypäästön odotetaan tapahtuvan Suomenlahdella 39- vuoden aikana ja Pohjanlahdella 36- vuoden aikana. Erityisen suuren öljypäästön (5000- tonnia) odotetaan tapahtuvan Suomenlahdella 255- vuoden aikana ja Pohjanlahdella 600- vuoden aikana [9]. Todennäköisimmin öljyonnettomuus tapahtuu satamaan vievällä väylällä, jonka johdosta veteen voi valua noin 100 tonnia öljyä. Todennäköisin syy onnettomuuteen on karilleajo tai pohjakosketus. [8] Öljyn joutuessa Suomen saaristoon öljyvahingon torjuntakustannukset kasvavat nopeasti suuriksi ja öljyn poistaminen rannoilta vie huomattavasti aikaa. Liitteessä 1 on esitetty tutkimuksessa käsiteltävä toiminta-alue.

Itämeren alueella käytetään pääosin mekaanisia öljyntorjuntavälineitä. Näihin välineisiin kuuluvat öljypuomit ja pintakuorijat. Tässä tutkimuksessa selvitetään kuinka kyseiset öljyntorjuntavälineet soveltuvat käytettäväksi Suomen saariston muodostamassa toimintaympäristössä. Tutkimus ottaa kantaa lisäksi saariston toimintaympäristön ominaisuuksiin öljyntorjunnan näkökulmasta.

1.2 Saaristo toimintaympäristönä öljytorjunnan kannalta

Vallitseva sää aiheuttaa rajoitteita kaikelle merellä tapahtuvalle toiminnalle. Öljytorjunta ei muodosta poikkeusta tässä asiassa. Öljytorjuntavälineillä on välineistä riippuen erilaiset kyvyt toimia vaihtelevissa olosuhteissa. Suomen saariston olosuhteet ovat hyvin vaihtelevia pohjoisesta sijainnista johtuen.

Öljytorjunnan kannalta saaristo muodostaa sekä haasteita että etuja. Saariston suojaisuus mahdollistaa öljytorjuntatoimien toteuttamisen kovallakin tuulella. Suomenlahdella tuuli voi muodostaa suurtakin aallokkoa. Tuulen päästessä puhaltamaan pitkältä pyyhkäisyalueelta aallonkorkeus voi nousta useisiin metreihin. Esimerkiksi tilanteessa, jossa tuulen nopeus on 12 m/s, tuulen pyyhkäisyala on 200 kilometriä ja tuulen ajallinen kesto on 9 tuntia, merkitseväksi aallonkorkeudeksi voi muodostua 3 metriä. Liitteessä 5 on esitetty saariston muodostama suoja avomereltä tulevalta aallokolta. Aallokon saavuttaessa saariston, aallon korkeus laskee huomattavasti, koska saaristo toimii ikään kuin aallonmurtajana. Saariston sisällä aallonkorkeus ei voi kasvaa yhtä suureksi kuin avomerellä, koska saarten välinen lyhyt etäisyys ei mahdollista tuulelle pitkää pyyhkäisyalaa. [16] Liitteen 4 taulukossa on esitetty tuulen nopeuden ja pyyhkäisyalan välinen yhteys aallonkorkeuden muodostumisessa.

Talvisin saaristo jäätyy ainakin osittain, muodostaen haasteita öljytorjunnalle. Jään määrä ja jäätalven pituus on hyvin vaihtelevaa vuositasolla. Liitteessä 3 on esitetty tilastolliset jääolosuhteet Turun Rajakarin alueelta ja Helsingin edustalta. Tilastot osoittavat sen, että saaristossa on valmistauduttava öljytorjuntaan myös jäisissä olosuhteissa.

Taulukko 1. Jäätalven keskimääräinen kesto ja jään paksuus

Jäätalven keskimääräinen kesto		Jään paksuus	Jään suurin paksuus
Perämeri	4 -6 kk	40 - 70 cm	> 100 cm
Selkämeri	1-2 kk	20 - 40 cm	~ 70 cm
Saaristomeri	3 -4 kk	20 - 40 cm	~ 70 cm
Suomenlahden itäosat	yli 4 kk	20 - 50 cm	> 70 cm
Suomenlahden länsiosat	1 - 3 kk	20 - 50 cm	> 70 cm

1.3 Rajaukset ja tutkimuskysymykset

Tutkimusaihe rajautuu saaristossa tapahtuvaan öljyntorjuntaan. Avomerellä käytettävät öljyntorjuntavälineet ja tekniikat ovat samoja tai samankaltaisia kuin saaristossa, joten tutkimuksessa selvitetään kuinka nämä välineet soveltuvat saaristossa tapahtuvaan öljyntorjuntaan. Tutkimus selvittää lisäksi mitä rajoitteita saaristo aiheuttaa öljyntorjuntavälineille. Tutkimuksessa ei oteta kantaa öljyn paikallistamiseen tai seurantaan. Tutkimus käsittelee öljyntorjuntamenetelmistä vain mekaanisia menetelmiä, koska Suomi on sitoutunut HELCOM- sopimukseen, joka rajaa öljyntorjuntamenetelmistä esimerkiksi upottavien aineiden käytön. HELCOM- sopimus suosittelee Itämerellä käytettäväksi öljyntorjuntamenetelmäksi mekaanista öljyntorjuntaa [19]. Mekaaniseen öljyntorjuntaan kuuluu myös rantapuhdistus ja imeyttävien aineiden käyttö. Tässä tutkimuksessa ei oteta kantaa näihin öljyntorjuntamenetelmiin.

Tämän tutkimuksen päätutkimuskysymys on mitä erityisvaatimuksia Suomen saaristo aiheuttaa öljyntorjunnalle ja öljyntorjuntakalustolle. Päätutkimuskysymykseen vastataan selvittämällä kuinka öljy käyttäytyy vedessä ja aiheuttaako saaristo erityispiirteitä öljyn käyttäytymiselle. Tutkimuksessa selvitetään myös kuinka öljyn liikettä ja leviämistä voidaan hidastaa tai rajoittaa. Tutkimuksessa selvitetään lisäksi millä välineillä öljyn poistaminen vesistöistä voidaan toteuttaa ja mikä on näiden välineiden suorituskyky saariston muodostamassa toimintaympäristössä. Talviolosuhteet aiheuttavat öljyntorjunnalle lisähaasteita, joten tutkimuksessa otetaan kantaa myös öljynkäyttäytymiseen ja öljyntorjuntaan jäisissä olosuhteissa.

1.4 Aineisto ja tutkimusmenetelmä

Tutkimus on kvalitatiivinen kirjallisuustutkimus, jota tukee asiantuntijahaastattelu. Öljyntorjuntaa käsitteleviä tutkimuksia on tehty paljon. Tässä tutkimuksessa käytetään lähdeaineistona tunnettujen öljyntorjunnan asiantuntijoiden julkaisuja, joihin on viitattu useissa muissakin aihealueen tutkimuksissa. Mekaanisin välinein, saaristossa tapahtuvaa öljyntorjuntaa käsitteleviä tutkimuksia on vähän. Suurin osa niistä tutkimuksista, jotka käsittelevät saaristossa tapahtuvaa öljyntorjuntaa, käsittelevät öljyn rantatorjuntaa. Tässä tutkimuksessa käytetään lähdemateriaalina pitkälti avomeriolosuhteissa tapahtuvaa öljyntorjuntaa käsittelevää lähdeaineistoa. Lähdeaineiston tutkimuksissa käsitellään saaristossa tapahtuvaa öljyntorjuntaa vain lyhyesti, joten kirjoittaja joutuu päättelemään välineiden käytettävyyttä saaristossa. Asiantuntijahaastattelu tukee tutkimuksen johtopäätöksiä ja antaa lisäarvoa tutkimukselle.

2 ÖLJYN KÄYTTÄYTYMINEN VEDESSÄ

2.1 Öljyn leviäminen vedessä

Veteen joutunut öljy leviää öljyn ominaisuuksista riippuen eri nopeudella. Leviämisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat maanvetovoima, öljyn viskositeetti, öljyn tiheys, öljyn vahapitoisuus, öljyn ja veden välinen pintajännite sekä sääolosuhteet. Öljylautan paksuus riippuu öljyn laadusta. Raskailla öljyillä öljylautan paksuus on suurempi kuin kevyemmällä öljyillä, kuten bensiinillä. Öljy leviää öljyvuodon sattuessa tasaisesti veden pinnalle. Öljyvuodon loputtua öljy jatkaa leviämistä suuremmalle pinta- alalle, jolloin öljykerroksen paksuus ohenee. [1; 2; 10; 18] Öljyn leviäminen loppuu yleensä noin viikon kuluessa öljypäästöistä, jolloin öljykerroksen paksuus on niin pieni, ettei se voi enää ohentua öljyn ominaisuuksista johtuen [18].

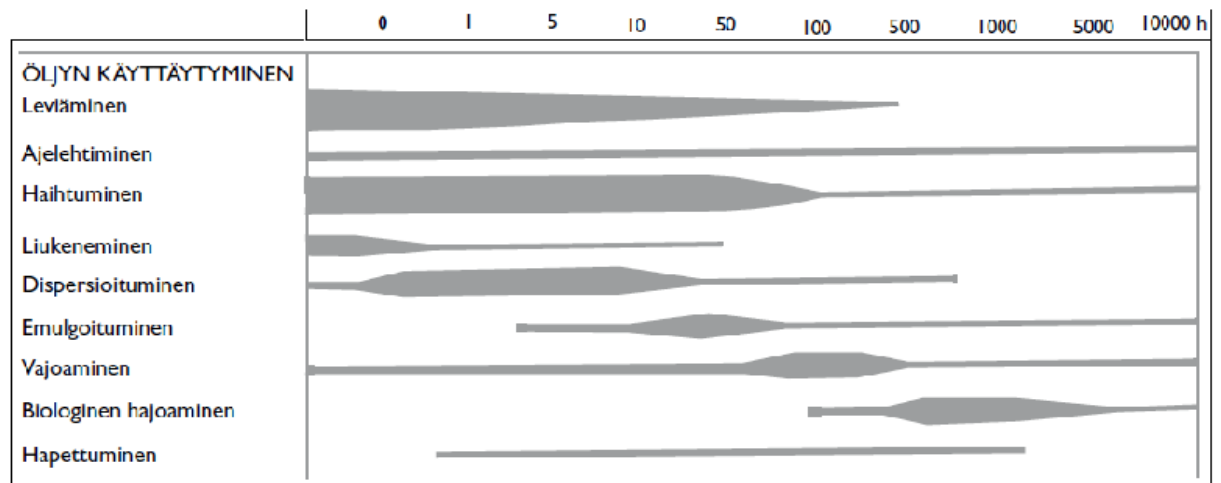
Öljyn leviäminen voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa öljylautan paksuus on yli 1cm. Tällöin öljyn leviämiseen vaikuttaa pääosin maan vetovoima. Toisessa vaiheessa öljylautan paksuus on 0,5 – 1 cm. Tällöin suurin osa potentiaalienergiasta kuluu viskositeetin vaikutuksen voittamiseen ja vain pieni osa muuttuu liike-energiaksi. Kolmannessa vaiheessa öljylautan paksuus on alle 0,5cm. Tällöin leviäminen hidastuu öljyn viskositeetin ja öljyn pintajännitteen yhteisvaikutuksesta. [18]

2.2 Öljylautan liikkuminen vedessä

Öljylautan leviämisestä johtuvan liikkeen lisäksi, öljy liikkuu merkittävästi sääolosuhteiden vaikutuksesta. Öljy liikkuu tuulen, pintavirtauksen ja aallokon vaikutuksesta. [2; 6; 10; 18] Liitteessä 2 on esitetty keskimääräinen virtauskenttä Suomenlahdella. Tuuli on suurin vaikuttaja öljylautan liikkeisiin Suomen olosuhteissa. Öljylautan nopeus on n. 3- 4 % tuulen nopeudesta. Tuuli vaikuttaa myös öljylautan muotoon. Öljylautat muotoutuvat tuulen suuntaisiksi pitkiksi ja kapeiksi kaistaleiksi. [1; 2; 13; 18] Lopullinen öljylautan nopeus ja muoto muodostuu kaikkien öljylauttaan vaikuttavien voimien summana. Saaristo vaikuttaa öljylautan muotoon pirstaloimalla öljylauttoja pienemmiksi öljylautoiksi [6]. Öljylautat jatkavat liikettään saaristossa tuulen ja virtauksen mukana, kunnes ajautuvat saarten rannoille. Saarten rannoille ajautunut öljy voi jatkaa leviämistä tuulen suunnan muuttuessa. [18]

Taulukko 2. Tuulen nopeus ja öljyn kulkema matka [2]

Tuuli m/s	Öljy cm/s	Öljy m/h	Öljy Km/vrk
20	60	2160	52
10	30	1080	26
5	15	540	13
2	6	220	5



Kuva 1. Öljyn käyttäytyminen vedessä [19]

2.3 Öljyn Haihtuminen

Öljyn haihtuminen on merkittävä osa öljyn käyttäytymistä, sillä jopa 40- 50 % öljyn aineosista voi haihtua muutaman päivän aikana [2; 10; 18]. Bensiini voi haihtua kokonaan jopa kahdessa päivässä kun taas raskaasta öljystä haihtuu samassa ajassa vain muutama prosentti [1]. Liitteessä 6 kuvataan eri öljyalaatujen haihtumisnopeudet 15 °C lämpötilassa. Öljyn laadulla on suuri merkitys öljyn haihtumiseen. Yleisesti kevyet öljyt haihtuvat nopeammin kuin raskaat öljyt. Keskiraskaat öljyt, raskaat öljyt, voiteluöljyt ja vesiöljyseokset haihtuvat hitaammin kuin kevyet öljyt, koska niissä ei ole keveitä ainesosia yhtä paljon kuin kevyissä öljyissä. Öljyn haihtuminen tapahtuu ainesosien kiehumispisteiden mukaisessa järjestyksessä, matalimmasta kiehumispisteestä korkeimpaan. Öljylautan haihtumista nopeuttavia tekijöitä ovat tuuli, öljylautan pinta- ala ja merenkäynti. Lämpötilalla on vaikutusta öljyn haihtumisnopeuteen. Öljy haihtuu nopeammin lämpimissä olosuhteissa. [18] Öljyn haihtumista hidastaa rajapinta ilman ja nesteen välillä. Rajapinta kyllästyy öljyn haihtuvista ainesosista, jolloin öljyn haihtumisen rajoittavana tekijänä toimii haihtuvien ainesosien rajapinnan läpäisyneopeus. [2] Öljyn ainesosien haihtuessa öljyn ominaisuudet muuttuvat. Esimerkiksi jos öljyn massasta haihtuu noin 40 %, öljyn viskositeetti voi kasvaa tuhatkertaiseksi. Samalla öljyn tiheys voi kasvaa 10 %. [1]

2.4 Öljyn uppoaminen ja kerrostuminen

Veden suolapitoisuus vaikuttaa veden tiheyteen. Suolainen vesi on tiheämpää kuin makeavesi. Itämeren vesi on murtovettä, joka tarkoittaa sitä että veden suolapitoisuus on pienempi kuin valtamerillä, mutta kuitenkin suurempi kuin makealla vedellä. Veden tiheys vaikuttaa öljyn kelluvuuteen. Öljy voi upota, jos öljyn tiheys on suurempi kuin veden tiheys. Suomen olosuhteissa öljyn uppoamisriski on siis suurempi kuin merialueilla, joissa veden suolapitoisuus on suurempi. [18]

Uponneen öljyn kerrostuminen on mahdollista saaristossa, sillä saaristossa veden syvyys on pääosin matalaa. Öljyn kerrostumisessa öljy yhtyy merenpohjalla oleviin kerrostumiin ja vesikerroksissa oleviin aineshiukkasiin, peittäen pohjakasvillisuutta ja eläimistöä. Öljyn kerrostuminen vaatii kovaa merenkäyntiä. Kova merenkäynti sekoittaa öljyn vedessä oleviin kerrostumiin ja aineshiukkasiin. Vedessä oleviin kerrostumiin sekoittunut öljy voi upota, koska vedessä olevat kerrostumat lisäävät öljyn massa [1; 18] Uponnut öljy hajoaa hyvin hitaasti ja voi peittyä meren pohjalle muodostuvien sedimenttikerrosten alle [1].

2.5 Öljyn emulgoituminen, liukeneminen, dispergoituminen ja biologinen hajoaminen

Emulgoitumisessa vesi yhdistyy kelluvaan öljyyn, muodostaen vesi- öljyemulsion tai öljy- vesi emulsion. Öljy liukenee tai dispergoituu, eli pisaroituu veteen. Dispergoitunut öljy, eli öljyvesiemulsio soveltuu meressä olevan planktonin ja mikro-organismien ravinnoksi. Planktonin ja mikro-organismien ravinnoksi käyttämä öljyn määrä on kuitenkin vain vähäinen, jonka vuoksi sillä ei ole suurta merkitystä öljyn kokonaismäärään. Dispergoitunut öljy voi muodostaa veteen noin kaksi metriä paksun öljypisara kerroksen [6; 10]. Öljy myös liukenee veteen, muodostaen uusia yhdisteitä. Liukenemisen johdosta muodostuneet yhdisteet voivat liueta edelleen, mahdollisesti jopa nopeammin kuin alkuperäinen yhdiste. Liukenevat öljyn yhdisteet ovat useimmiten kevyitä öljyn ainesosia. Öljyn kevyiden ainesosien nopean haihtumisen johdosta, öljyn liukeneminen vähenee nopeasti. Öljyn valohapettuminen muodostaa uusia yhdisteitä, jotka voivat myös liueta. Valohapettuminen lisää myös öljyn emulgoitumista [10]. Valohapettuneet yhdisteet ovat usein myös myrkyllisiä vedessä olevalle eliöstölle. [1; 18]

Öljyn imettyä vettä itseensä, öljystä tulee vesi- öljyemulsio. Vesi- öljyemulsion massa kasvaa, upottaen öljyn väliveteen tai pohjaan. Väliveteen tai pohjaan uponnut öljy muodostaa paakku-

ja ja ”tervapalloja”. Tämän emulsion vesipitoisuus on noin 30- 80 %. Voimakas aallokko on vesi- öljyemulsion muodostumisen edellytys. Raskaat öljyt muodostavat helpommin vesi- öljyemulsioita kuin kevyet öljyt. Uponnut, emulsoitunut öljy jatkaa leviämistään veden alla, altistaen pohjakaasvillisuutta öljyn vaikutuksille. [18]

Öljy hajoaa biologisesti bakteerien, hiivasienien ja muiden sienien vaikutuksesta, jotka pystyvät hajottamaan öljyä. Biologisen hajoamisen määrään vaikuttavat mikro- organismien monipuolisuus ja määrä. Biologinen hajoaminen vaatii happea. Öljy- vesiemulsiosta puuttuu tarvittava happi ja ravinteet, jonka johdosta öljyn hajoaminen on hyvin hidasta. [1; 2]

3 ÖLJYN KÄYTTÄYTYMINEN JÄÄSSÄ

3.1 Öljyn käyttäytyminen kylmissä ja jäisissä olosuhteissa

Ölly leviää eri tavoin erilaisissa jääolosuhteissa. Jääolosuhteet voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: Avovedeksi voidaan määritellä olosuhteet, joissa vesi on lähellä 0 °C ja veteen muodostuneen jään määrä on alle 10 % alueen pinta-alasta. Rikkoutuneeksi jääksi voidaan määritellä olosuhteet, jossa veden pinnasta yli 10 % on jäässä. Rikkoutuneeseen jäähän kuuluu ajelehtivia jäälauttoja, jääsohjoa ja alusten jättämiä kulku-uria. Kiintojää on yhtenäinen, rikkoutumaton jääkenttä, jossa voi kuitenkin olla railoja tai alusten jättämiä kulku-uria. [18]

Kylmissä olosuhteissa öljyn kevyiden ainesosien haihtuminen voi hidastua, mutta haihtuminen ei lopu kokonaan. Öljyn joutuessa jään alle vähähappiseen tilaan, haihtuminen hidastuu tai loppuu kokonaan. Jään alla vähähappisessa tilassa oleva öljy ei myöskään ikäänny kuten avovesiolosuhteissa. Öljyn ikääntymisen vähenemisen vuoksi öljy voi säilyä muuttumattomana siihen asti kunnes se pääsee kosketuksiin hapen kanssa. [18] Kylmyys lisää öljyn viskositeettia, eli jäykistää öljyä [4]. Öljyn viskositeetin lisääntyminen hidastaa öljyn leviämistä [12; 18]. Jääpeite vähentää aallokon vaikutusta öljyyn, jolloin öljyn emulgoituminen vähenee [12, s.77]. Öljyn leviämisenopeus hidastuu jääolosuhteissa huomattavasti. Leviämisenopeuden hidastuminen voi lisätä öljyntorjunta-aikaa jopa kolminkertaiseksi verrattuna avovesiaikaan. [19]

3.2 Öljy rikkonaisessa jäässä ja kiintojäässä

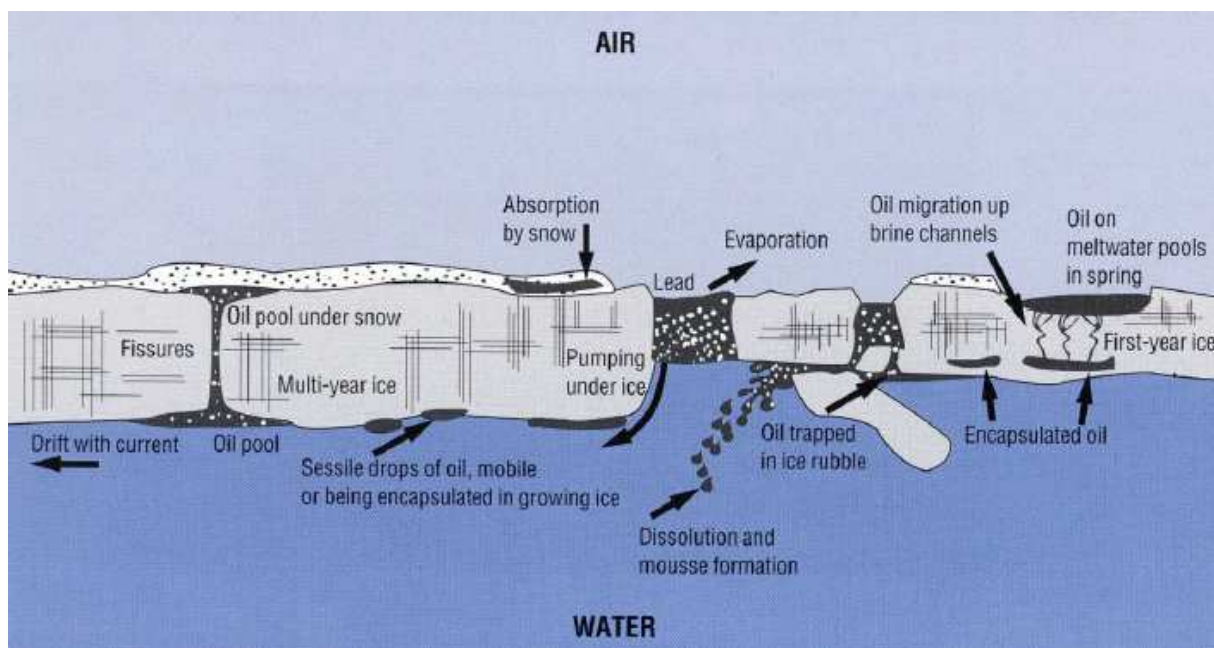
Jääolosuhteissa, joissa rikkonaisen jään määrä on alle 30 % alueen pinta-alasta, öljy käyttäytyy samalla tavoin kuin avovedessä [12, s.79]. Tällöin öljy ja jää ajelehtivat erillään toisistaan [5, s.8]. Jään määrän ollessa yli 30 %, öljy ja jää ajelehtivat yhdessä [4]. Osa öljystä kiinnittyy jäälauttoihin [12; 18]. Jäälauttoihin kiinnittynyt öljy kulkeutuu jäälauttojen mukana, kun taas irtonainen öljy kulkeutuu pääosin tuulen mukana [18].

Jäälauttojen alle joutunut öljy nousee jäätä vasten, mikäli öljyn tiheys on vettä pienempi. Jään pinnassa olevat epätasaisuudet nostavat öljyn liikkeellelähtökynnystä huomattavasti. [18] Öljyn liikkeellelähtö voi vaatia jopa 0,4m/s virtauksen [4, s.21]. Öljyn irrotessa jään pinnasta, öljy pyrkii pääsemään jäässä oleviin koloihin, halkeamiin ja jäälauttojen väleihin. Jääkannen päällä oleva lumi vaikuttaa jään paksuuteen. Jään päällä oleva lumikerros eristää jäätä lämpötilan vaihteluilta. Lumikerroksen epätasapaksuus aiheuttaa jääkerroksen epätasapaksuus-

den. Öljy pyrkii kerääntymään jäässä olevien paksuuserojen muodostamiin ”kuoppiin”. [19] Jään pinnan alle jäänyt öljy ei pääse liikkumaan ilman siihen vaikuttavaa virtausta, jolloin jääkerroksen paksutessa öljy voi jäätyä jääkannen sisälle. Jääkannen sisälle jäätyneet öljy pääsee liikkeelle uudelleen vasta jään sulaessa öljyn ympäriltä. [12]

Öljy voi joutua jäälauttojen päälle, jolloin se pyrkii kerääntymään jään pinnalla oleviin painanteisiin. Merenkäynnistä johtuen jäälautat voivat liukua toistensa päälle, jättäen öljyä jään pinnalle. Jään pinnalle jäänyt öljymäärä voi olla jopa 30 % öljyvudon öljymäärästä. Jään pinnalle joutunut öljy voi imeytyä jään pinnalla olevaan lumeen, muodostaen viskoosia sohjoa. Öljy voi myös sitoutua jäälauttojen välillä olevaan sohjoon, jääden sohjon sisälle sen sulamiseen saakka. [18]

Öljy käyttäytyy kiintojäässä samalla tavalla kun jäälauttojen alla. Öljy pyrkii nousemaan veden pinnalle, jääden jääkannen alle. Öljy voi liikkua jääkannen alla ainoastaan virtauksen vaikutuksesta. Kiintojäässä olevat alusten muodostamat kulkuväylät muodostavat luonnollisen esteen öljyn leviämislle. [9; 12; 18] Avoveden ja jään reuna muodostavat esteen öljyn leviämislle, jolloin jään reuna toimii luonnollisena öljyvuomina. Jään reuna ohjaa öljylautan liikettä jään reunan suuntaisesti. Öljy voi liikkua hyvin pitkiäkin matkoja jään reunan suuntaisesti. [6]



Kuva 2. Öljyn käyttäytyminen jäässä [11]

4 ÖLJYPUOMIT

4.1 Öljypuomien käyttö ja luokittelu

Öljyvahingon tapahduttua öljypuomit ovat ensimmäisiä öljyntorjuntavälineitä, joita käytetään öljyntorjunnassa [18, s.83]. Öljypuomeja käytetään öljyn leviämisen rajoittamiseen, estämään öljyn pääsy tietyille alueille ja ohjaamaan öljyn liike alueelle, jossa se voidaan kerätä tehokkaasti [2; 6; 15; 19]. Öljypuomeja voidaan käyttää öljyn nuottaukseen. Öljyn nuottauksen tarkoitus on koota ohut öljykalvo yhteen, paksuntaen öljykerrosta. Paksu öljykerros on tehokkaampaa kerätä talteen mekaanisesti [11; 15; 18]. Saaristossa ja rannikon tuntumassa öljypuomeilla pyritään estämään ja rajoittamaan öljyn pääsy tärkeinä alueina suojeltaviin kohteisiin, kuten lintujen pesimäalueille, uimarannoille ja kalankasvatuslaitoksiin [5; 18]. Vaikka öljy pääsisikin likaamaan rantoja, on tärkeää jatkaa öljyn leviämisen rajoittamista, jotta likaantunut ranta-alue ei pääsisi kasvamaan [5, s.9]. Jossain tapauksissa tuulen painettua öljyn rannoille, öljyn leviämisen jatkuminen voidaan estää puomittamalla öljy lahtiin, joista se voidaan kerätä mekaanisesti [6; 18].

Öljyntorjuntapuomit luokitellaan käyttötarkoituksen, rakenteen, käyttöolosuhteiden ja puomin koon mukaan. Käyttötarkoituksen mukaan jaettuja öljypuomeja ovat yleispuomit ja erikoispuomit. Yleispuomit ovat monikäyttöisiä. Yleispuomeja käytetään öljyn leviämisen rajoittamiseen ja öljyn nuottaamiseen. Erikoispuomit on tarkoitettu erityisiin kohteisiin tai käyttötarkoituksiin. Erityinen käyttötarkoitus voi olla esimerkiksi pyyhkäisypuomi. [2; 9; 18]

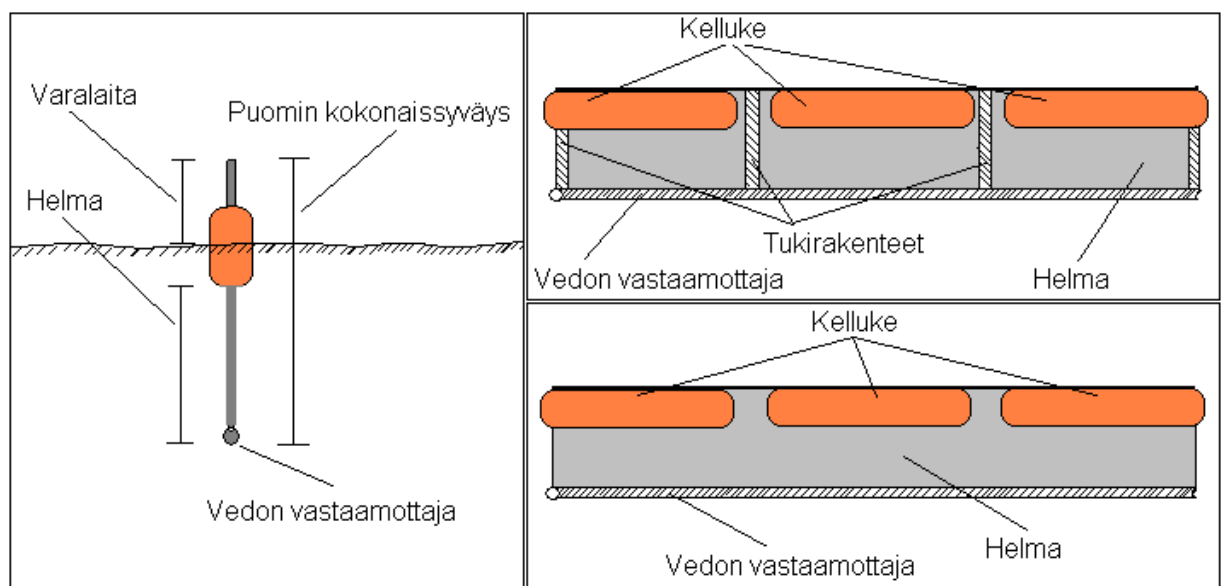
”Rakenteellisesti öljypuomit jaetaan aita- ja verhopuomeihin.” [7, s.9] Aitapuomeja käytetään suojaisissa olosuhteissa ja paikoissa, joissa esiintyy kovaa virtausta. Aitapuomit eroavat verhopuomeista rakenteellisesti tukirakenteilla, joita verhopuomeissa ei ole. Suomessa käytettävistä öljypuomityypeistä merkittävä osa on verhopuomeja. Verhopuomit soveltuvat taipuisuudesta johtuen hyvin öljyn liikkeen rajoittamiseen ja öljyn nuottaukseen. [3; 7]

Taulukko 3. Puomien luokittelu koon ja käyttöolosuhteiden mukaan [7]

Puomin kokonaiskorkeus	Pääasialliset käyttöolosuhteet
< 40 cm	Suojaisat vedet
40 – 100 cm	Rannikko, saaristo ja sisävesistöt
100 – 120 cm	Meri ja sisävesien suuret selät
> 120 cm	Avomeri ja suuret selät

4.2 Öljypuomien rakenne ja toimintaperiaate

Öljyntorjuntapuomit ovat Kummastakin päästä liitántäkappalein varustettuja, useimmiten 15 - 30m pitkiä öljyntorjuntaan tarkoitettuja puomeja [2]. Öljyntorjuntapuomien rakenne on toimintaperiaatteeltaan samanlainen useimmissa öljypuomimalleissa. Öljypuomi koostuu kellukeosasta ja helmasta, joka voi ulottua myös kellukeosan yläpuolelle estäen öljyroiskeiden leviämistä. Puomeista löytyy lisäksi yleensä vaijeri, köysi, kettinki tai vastaava, joiden tehtävä on kestää vetojännitteen aiheuttama rasitus. Useimmissa öljypuomimalleissa puomien korkeudesta 2/3 osaa on veden alla ja 1/3 osaa veden pinnalla. Öljypuomit pysyvät paikallaan ankkuroinnilla, kiinnitettyinä hinaavaan alukseen tai kiinnitettyinä rantaan. [2; 15; 18]



Kuva 3. Vasen: öljypuomi sivulta, oikea: aitapuomi (ylhäällä) ja verhopuomi (alhaalla)

Öljypuomien tulee olla rakenteeltaan joustavia, mutta samalla vetoa kestäviä, kestäen aallokon ja virtauksen muodostamat rasitusvoimat. Suunnitellessa öljypuomien käyttöä, tulee ottaa huomioon öljypuomiin vaikuttavat ympäristötekijät. Suurimpina tekijöinä ovat virtaus ja aallokko. Tavallisesti öljypuomit kykenevät estämään öljyn leviämisen 0,5m/s virtauksessa. Tätä suuremmissa virtausnopeuksissa on riski öljyn karkaamisesta. Tuuli ja aallokko voivat muodostaa veden pintaan virtauksia, jotka ylittävät öljypuomin kyvyn estää öljyn leviämistä. [6; 15] Eri öljypuomimalleilla on erilainen kyky kestää merenkäyntiä. Öljypuomimallin valinnassa tulee huomioida vallitsevat olosuhteet ja mahdollisuus olosuhteiden muuttumiseen. [18] Öljypuomit on suunniteltu ja luokiteltu eri olosuhteisiin. Noudattamalla valmistajan antamia luokitusrajoja on mahdollista valita öljypuomimalli, joka kestää varmasti vallitsevat olosuhteet. [7]

Öljy voi karata öljypuomista usealla tavalla. Voimakkaassa virtauksessa öljypuomiin kohdistuva virtaus aiheuttaa pyörteen, joka hajottaa öljyä pisaroiksi. Pisaroitunut öljy voi karata öljypuomin helman alta ja nousta takaisin pintaan öljypuomin ohitettuaan. Useille öljyalauduille riittää alle 0,5 m/s virtausnopeus, jolloin öljy pisaroituu ja alittaa öljypuomin helman. Aallokko lisää virtauksen vaikutusta, jolloin öljy pisaroituu ja karkaa öljypuomin helman alitse hitaammassakin virtauksessa. [2; 7]

Öljy voi karata öljypuomin helman alta kun öljyn määrä kasvaa yli öljypuomin sietokyvyn. Öljy voi karata myös jos virtauksen nopeus ylittää kriittisen nopeuden. Kriittinen nopeus määräytyy öljyn laadun ja ominaisuuksien mukaan. Jotta öljy karkaisi öljypuomin alta, virtauksen nopeuden on oltava suurempi kuin tapauksessa, jossa öljy karkaa pisaroitumalla. [7] Liitteessä 7 on esitetty öljyn karkaamistavat öljypuomista havainnollistavin kuvin.

Eri öljypuomimallit käyttäytyvät eri tavoin aallokossa. Osalla öljypuomimalleista on huono kyky ”seurata aallon liikettä”, jolloin osa puomista voi vajota veden alle tai nousta kokonaan vedestä, päästäen öljyn leviämään. Öljypuomi voi vajota veden alle kovassa virtauksessa, ankkuroitaessa ja nuotatessa tyynessä vedessä. Öljypuomin vajotessa veden alle, se ei kykene pitämään öljyä. Aallokko voi aiheuttaa öljyn roiskumisen öljypuomin varalaidan yli, jos aallokko ylittää öljypuomin varalaidan. [2; 7] Liitteessä 7 on esitetty kuvin öljypuomien pettämistavat. Alla olevassa taulukossa on esitetty ASTM F1523- standardin mukaiset minimiarvot öljypuomin koon määrittämiseen.

Taulukko 4. Aallonkorkeus ja sopiva öljypuomityyppi [3]

Olosuhteet	Merkitsevä aallonkorkeus	Öljypuomin korkeus (cm)
Tyyne vesi	< 0,3 m	15 – 60
Tyyne, virtaava vesi	< 0,3 m	20 – 60
Suojaisat vedet	0,3 – 1,0 m	45 – 110
Avomeriolosuhteet	> 1 m	90 – 230

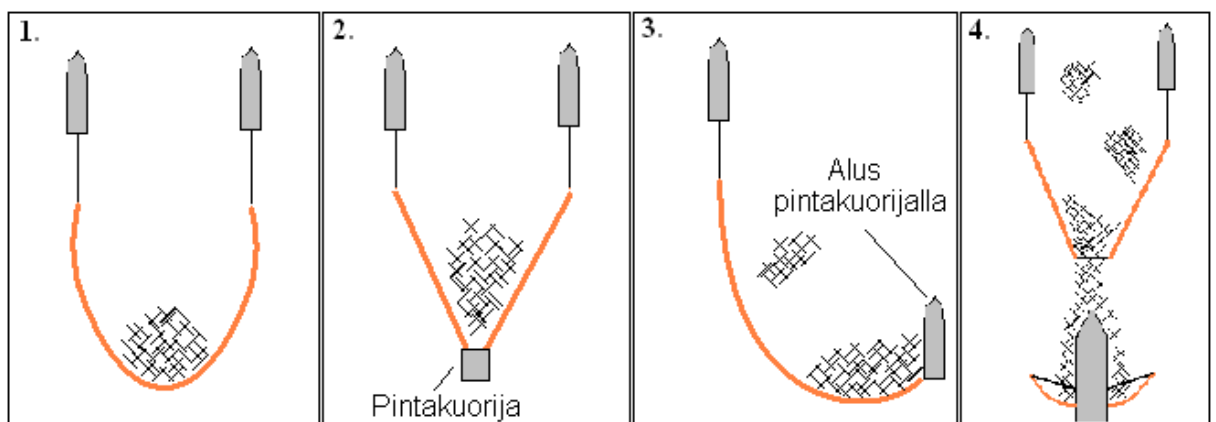
4.3 Öljyn nuottaaminen

Öljyn nuottauksessa pyritään lisäämään öljyn konsentraatiota, jolloin pintakuorijoiden käyttö on tehokkaampaa. Käytettävissä olevia nuottaustekniikoita on U, V ja J- tekniikka sekä pyyhkäisyvuomin käyttö. [2; 11; 15; 18] Öljyn nuottaukseen soveltuvat parhaiten paineilmalla täytettävät puomit ja kiinteällä kellukkeella varustetut puomit [3; 6].

U- tekniikassa kaksi alusta ajaa rinnakkain tietyllä etäisyydellä toisistaan, hinaten perässään yhtä pitkää puomia, joka muodostaa U:n muotoisen kaaren alusten välille. U- nuotan leveys on noin 1/3 öljyvuomin pituudesta. Hinattavan öljyvuomin pituus on noin 150 - 450 metriä, mutta ei kuitenkaan yli 800m. Öljyvuomin pituuteen lisätään vielä aluksista tulevat hinausköydet, jotka ovat noin 50 metrin pituisia. Hinausköydsien tarkoitus on katketa ennen öljyvuomin rikkoutumista, jos vetovastus kasvaa liian suureksi. [3]

V- tekniikassa kaksi alusta hinaa perässään kahta öljyvuomia, joiden päässä on pintakuorija. V- tekniikan toiminta perustuu samaan toimintaperiaatteeseen kuin U- tekniikka. V- tekniikan erona on se, että öljyä saadaan kerättyä talteen samaan aikaan kun öljyn konsentraatiota kasvatetaan. [2; 11; 13; 15; 18] V- tekniikassa käytettävässä pintakuorijassa on yleensä oma säiliö, johon öljy kerätään. Pintakuorijan säiliön ollessa pieni, se täytyy tyhjentää useasti [11, s.37].

J- tekniikka on hyvin samanlainen kuin U- ja V- tekniikka. J- tekniikassa yhtä öljyvuomia hinaa kaksi alusta, joista toinen on taaempana kuin toinen. Öljyvuomia hinaavien alusten ollessa eri tasolla, öljyvuomi muodostaa J:n muotoisen kaaren. Öljy kerääntyy J:n ”koukkuun”, taaemman aluksen vierelle, josta alus kerää öljyn pintakuorijalla aluksen säiliöihin. J- tekniikkaa käytetään usein kun öljylautta on pirstaloitunut vanamaisiksi pienemmiksi öljylautoiksi. J- tekniikkaa voidaan käyttää myös lähellä rantoja, käyttämällä matalasyväyksellisiä aluksia tai veneitä. Alus hinaa öljyvuomin toisen pään läheltä rantaa, kiertäen öljylautan. Tämän jälkeen molemmat alukset hinaavat öljyvuomin kauemmas rannasta, jossa voidaan käyttää pintakuorijoita öljyn poistamiseen vedestä. [3; 11; 13]



Kuva 4. Vasemmalta oikealle: U- tekniikka, V- tekniikka, J- tekniikka ja Suomessa usein käytetty tekniikka

U, V ja J- tekniikoilla on rajoitteena noin 1 solmun hinausnopeus, joka on öljypuomien yleisin raja-arvo. Tämän raja-arvon ylittäminen voi johtaa öljyn karkaamiseen hinattavasta öljypuomista. [15; 18]. Käytettäessä U, V ja J- tekniikkaa, tulee määrittää öljyn liikesuunta, jonka perusteella valitaan nuottaussuunta. Nuottaussuunnan tulee olla öljylautan pituussuunnan mukainen. Saaristo voi aiheuttaa rajoitteita käytettävälle nuottaussuunnalle, saariston rikkonaisuuden ja karikkoisuuden vuoksi. [18] Öljyn nuottausta rajoittaa myös nuottausta vetävien alusten syväys [haastattelu].

Öljynuotat vaativat hinaavilta veneiltä tai aluksilta tietyn määrän vetovoimaa liikkuaan. Tarvittavan voimanmäärä voidaan määrittää seuraavalla kaavalla [3, s.32]:

$$F=26 \times A \times V^2 \text{ (kp)}$$

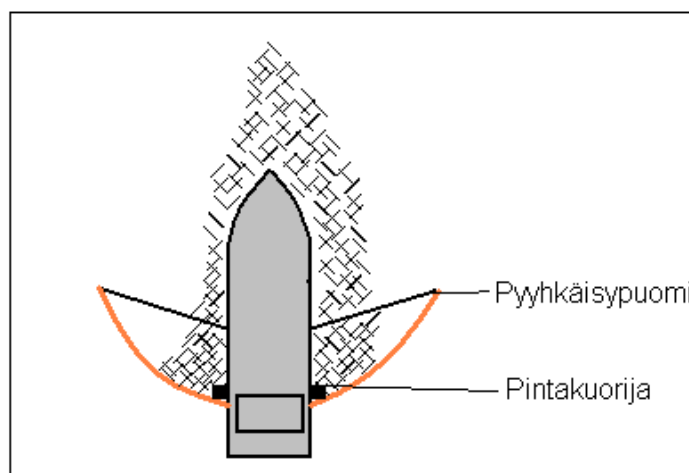
$$F= \text{Hinaavan veneen vetovoima (kp=tons)}$$

$$26= \text{Vakio}$$

$$A= \text{Pyyhkäisyveveys} \times \text{öljypuomin syväys (m}^2\text{)}$$

$$V= \text{Hinauksen nopeus} \pm \text{virtaus (sol)}$$

Öljyntorjunta-aluksilla on yleensä käytössä kiinteä öljyn nuottaukseen tarkoitettu pyyhkäisyvuomijärjestelmä. Pyyhkäisyvuomijärjestelmiä on useita erilaisia. Useimmissa järjestelmissä on yhdistetty kiinteä pintakuorija vuomin toiseen päähän öljyn keräämistä varten. Pyyhkäisyvuomin pituus on useimmiten 6 – 15 metriä [3, s.32]. Pyyhkäisyvuomin pyyhkäisyala on pienempi kuin U, V tai J- tekniikassa olevalla öljynuotalla. Pyyhkäisyvuomijärjestelmä kestää kuitenkin kovempaa nuottausnopeutta, kuin edellä mainitut tekniikat. Öljyn kerääminen pyyhkäisyvuomijärjestelmällä varustetulla aluksella toteutetaan samalla periaatteella kuin U, V ja J- tekniikassa. Aluksella ajetaan öljyvanoja vastaan, myötäillen niitä, samalla keräten öljyä aluksen omiin säiliöihin. [18]

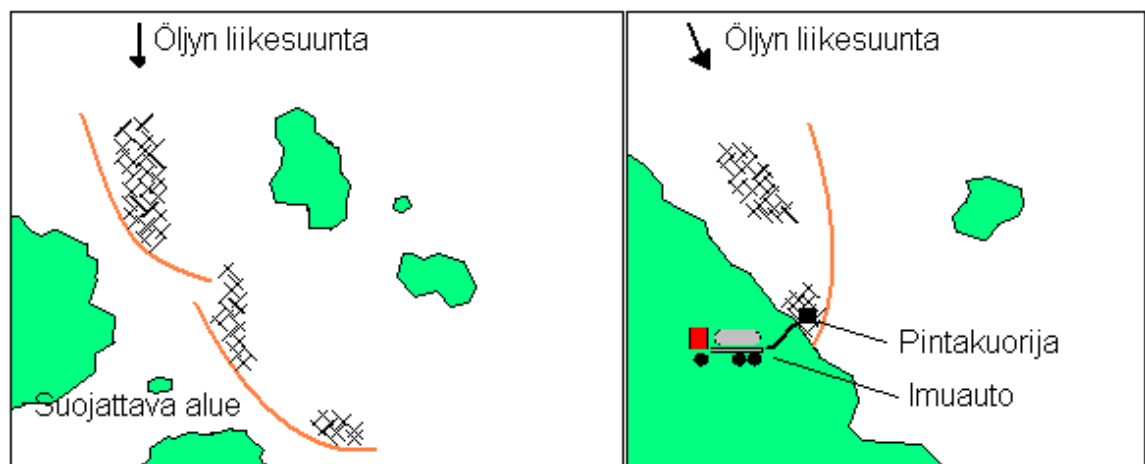


Kuva 5. Pyyhkäisyvuomijärjestelmällä varustettu alus

Suomessa yleisesti käytössä olevassa öljynkeräystekniikassa on yhdistetty U tai V- tekniikka ja pyyhkäisyvuomeilla varustettu alus. U:n tai V:n muotoiseen öljynuottaan on aukko nuotan pohjukassa. Öljynuotta kerää öljyä suurelta alueelta, päästäen öljyn pohjukan läpi yhtenäisenä vanana. U tai V- nuotan perässä kulkee öljynkeräysalus, joka on varustettu pyyhkäisyvuomijärjestelmällä. Pyyhkäisyvuomijärjestelmällä varustettu öljyntorjunta-alus kerää öljyn omiin säiliöihin. [3]

4.4 Öljyn leviämisen rajoittaminen ja ohjaaminen öljyvuomeilla

Öljyvuomeilla voidaan estää, rajoittaa ja ohjata öljyn liikettä. Öljyä voidaan ohjata haluttuun suuntaan tai paikkaan ankkuroimalla öljyvuomi kulmassa virtaan nähden. Öljy voidaan ohjata tällä menetelmällä rantaan, josta se voidaan kerätä pintakuorijoilla imuautoihin. Toinen vaihtoehto on ohjata öljy pois rannasta, alueelle, jossa öljy ei aiheuta ympäristölle vakavaa saastumista tai jossa öljy voidaan kerätä tehokkaammin talteen. [6; 11; 13; 15] Taulukossa 5 on esitetty yleisimpien öljyvuomien virtauksen kesto, kun öljyvuomi on asetettu eri kulmiin virtaukseen nähden.



Kuva 6. Vasen: öljyn ohjaaminen pois rannasta, Oikea: öljyn ohjaaminen rantaan

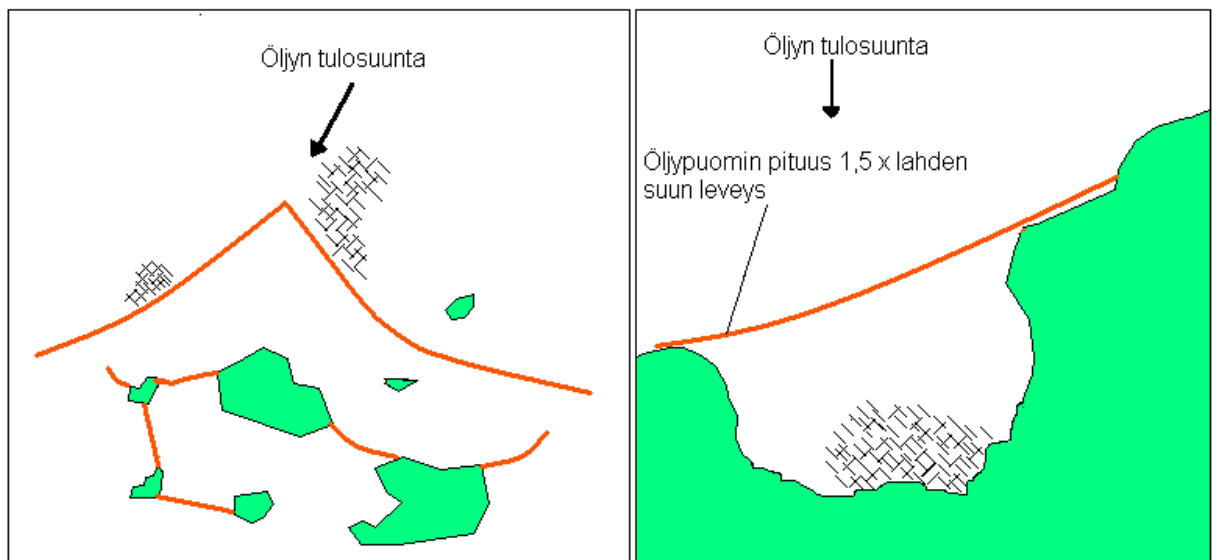
Taulukko 5. Öljyvuomin kulman vaikutus virtauksen kestävyYTEEN [1]

Öljyvuomin kulma virtaan nähden	Virtauksen nopeus (m/s)
90°	0,5
75°	0,5
60°	0,6
45°	0,7
35°	0,9
15°	1,9

Ölly voidaan antaa ajautua tai ohjata öljynkeräyksen kannalta suotuisaan lahteen ja estää sen pääsy pois lahdesta, sääolosuhteiden muuttuessa. Öljyn pääseminen lahdesta estetään puomitamalla lahden suuaukko öljypuomeilla. [6; 18] Öljyn karkaamisen estämiseksi on tärkeää asettaa öljypuomi siten, että se ulottuu myös rannalle. Mikäli öljypuomi on liian lyhyt, eikä se ulotu rannalle, voi öljy karata sääolosuhteiden muuttuessa. [15] Lahteen vangittu öljy voidaan kerätä talteen aluksilla tai maalta käytettävien pintakuorijoiden avulla [11]. Lahtien suuaukkojen sulkemiseen vaadittavien öljypuomien määrä on 1,5 kertaa lahden suuaukon leveys [3].

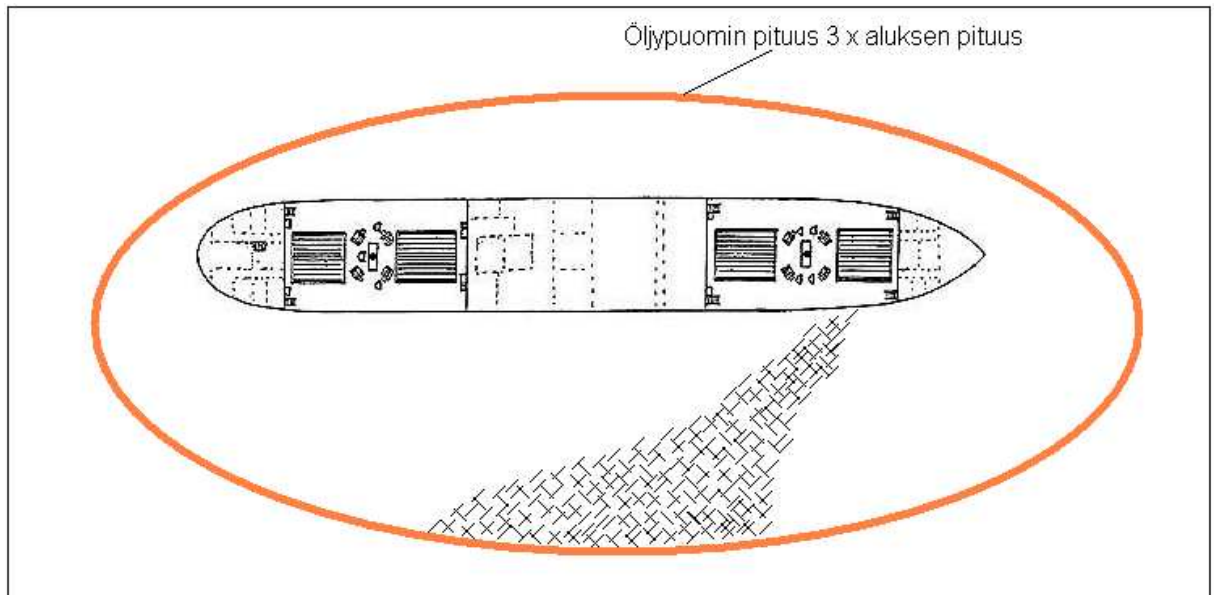
Ölly voidaan ohjata tai estää rantautumasta tietyille alueille, kuten lintujen pesimäalueille tai muille herkille alueille. Ölly ohjataan pois alueelta hyödyntämällä virtausta ja tuulta. Öljypuomeja voidaan käyttää auramuodostelmassa, jolloin öljy saadaan ohjattua suojeltavan kohteen ohi molemmilta puolilta. Öljypuomeja voidaan myös asettaa kulmassa virtaan nähden. Tällä tekniikalla saavutetaan se, että öljy ohjataan pois suojeltavalta alueelta ja öljypuomi kestää kovempaa virtausta. [2; 11; 13; 18]

Öljyn pääsyn estäminen tietyille alueille voidaan toteuttaa asettamalla öljypuomi näiden alueiden ympäri siten, että öljy ei pääse kulkemaan mistään suunnasta alueelle. Saaristossa on myös mahdollista hyödyntää öljypuomien käytössä saariketjuja, asettamalla öljypuomit kulkemaan saaresta toiseen. Haittapuolena tällä tekniikalla on se, että öljy pääsee rantautumaan ainakin osaan saarista. [6; 18]



Kuva 7. Vasen: öljyn ohjaaminen ja pääsyn estäminen öljypuomilla, oikea: öljyn vangitseminen lahteen

Öljyn leviäminen voidaan rajoittaa karilleajon yhteydessä asettamalla öljypuomi vaurioituneen aluksen ympärille [15; 18]. Aluksen ympärille asetettavan öljypuomin tarve on kolminkertainen aluksen pituuteen nähden [3]. Aluksen ympärille asetettavan öljypuomin ongelmaksi voi muodostua öljypuomin öljynpitokyvyn ylittyminen, jos vaurioituneesta aluksesta vuotaa paljon öljyä. Haasteeksi voi muodostua myös sään aiheuttamat rajoitukset öljypuomille ja sen asentamiselle. [15]



Kuva 8. Vaurioituneen aluksen ympärille asetettu öljypuomi

Ihanteellisissa olosuhteissa ympyrän muotoinen (p) metriä pitkä öljypuomi kykenee pidättämään öljyä seuraavan kaavan mukaisesti [7, s.26]:

$$V(\text{m}^3) = (7,96 \times 10^{-2})k(\text{mm})p^2(\text{m}^2)$$

k= öljykerroksen paksuus millimetreinä

p= öljypuomin pituus metreinä

Kuvitteellisessa tilanteessa alus on ajanut karille ja vuotaa diesel öljyä (tiheys 885 kg/m^3). Aluksen pituus on 100m, jolloin öljypuomia käytetään kolme kertaa aluksen pituus. Öljypuomin korkeus on 60 cm, josta helman korkeus on 40 cm. Mikäli öljypuomi kykenisi estämään helman paksuisen öljykerroksen leviämisen, öljypuomituksella voitaisiin estää $9552\text{m}^3/8453,52\text{ton}$ öljyvuodon leviäminen.

Taulukko 6. Eri käyttösovelluksiin tarvittava puomimäärä [3, s.13]

Tavoite	Sovellus	Tarvittava puomimäärä
Öljyn leviämisen estäminen ja herkkien alueiden suojaaminen	Aluksen ympäröiminen puomilla	3 x aluksen pituus
	Öljynsiirto-operaation vuotojen kerääminen	1,5 x aluksen pituus
	Käyttö öljynkeräimen (skimmerin) apuna avomeriolosuhteissa	450 – 600 m / keräin
	Jokisuun suojaaminen	3 – 4 x joen leveys
	Rannan suojaaminen	1,2 x rannan pituus
	Rannan suojaaminen virtaavassa vedessä	Virtauksen (0,4 - 1 m/s) vaatimasta asennuskulmasta riippuen 1,2 x (1,25 - 1,5) x rannan pituus
	Lahden tai sataman sisääntulon sulkeminen	1,5 x lahden suun tai sataman sisääntulon leveys

4.5 Öljypuomien käyttö jäässä

Öljypuomien käyttö rikkonaisessa jäässä on hyvin haastavaa, koska öljypuomit vaurioituvat helposti jäämassojen liikkeiden johdosta. Avomeripuomit voivat kestää pieniä määriä jäätä, mutta niiden käyttöä jäiden seassa on harkittava tarkasti. Alueilla, joissa jäälautat pysyvät staattisesti paikoillaan, voidaan käyttää öljypuomeja rajallisesti. Olosuhteiden muuttuessa jää voi lähteä liikkumaan, jolloin öljypuomien vaurioitumisriski kasvaa. Öljyn nuottaaminen on mahdotonta alueilla, joilla on paljon jäätä. Öljynuotta vaurioituu, jos vetovastus kasvaa liian suureksi. Pyyhkäisyputkimääräysten käyttäminen on mahdollista vain jos pyyhkäisyputkimilla varustettu alus kykenee väistelemään jäälauttoja. [6; 12; 13]

Kiintojää mahdollistaa joissain määrin öljypuomien käytön. Kiintojäessä oleviin railoihin voidaan asettaa öljypuomi. Öljypuomi jäädytetään paikalleen, estäen öljypuomin painuminen jään alle. Jääkanteen voidaan tehdä myös railoja sahaamalla, joka mahdollistaa öljypuomien käyttämisen koko kiintojään alueella. Virtaavissa paikoissa, kuten salmissa vesi pysyy sulana. Näissä paikoissa voidaan käyttää öljypuomeja sillä varauksella, että alueella ei liiku jäälauttoja. [6; 13]

5 MEKAANINEN ÖLJYNKERÄÄMINEN

5.1 Mekaaniset kerääjät

Nimensä mukaisesti mekaaniset kerääjät, eli pintakuorijat perustuvat mekaaniseen öljyn keräämiseen. Laitteet koostuvat kolmesta pääosasta, keräilyosasta, öljynsiirtojärjestelmästä ja varastointi- separointilaitteesta. Pintakuorijoita on erikokoisia ja eri toimintaperiaatteella toimivia. [2; 18] Eri pintakuorijatyypit on kehitetty käytettäväksi tiettyihin olosuhteisiin ja tietyille öljyalaaduille. Pintakuorijoilla on tavoitteena soveltua mahdollisimman monen öljyalaadun keräämiseen. Eri öljyalaatujen ominaisuudet kuitenkin rajoittavat pintakuorijoiden soveltuvuutta kaikkien öljyalaatujen keräämiseen. Tämän johdosta pintakuorijoiden keräävällä osalla on suuri merkitys pintakuorijan öljynkeräystehokkuuteen [2]. Pintakuorijat voidaan jakaa toimintatapansa mukaan kahteen luokkaan: staattisiin ja dynaamisiin pintakuorijoihin. Staattiset pintakuorijat soveltuvat hyvin matalien vesien öljyntorjuntaan, sillä nämä järjestelmä voidaan asentaa kiinteästi paikalleen ja ohjata öljy kerääjään esimerkiksi öljypuomien avulla. Dynaamiset pintakuorijat soveltuvat taas hyvin esimerkiksi liikkuvaan öljyntorjuntaan. Dynaamista laitetta voidaan siirtää samalla nopeudella kuin öljylautta liikkuu, täten tehostaen keräämisen tehokkuutta. [18]

Pintakuorijoilla on parempi öljyn keräystehokkuus, mikäli öljylautan paksuus on suuri. Tämän vuoksi pintakuorijoita ja öljypuomeja käytetään yhdessä. Öljypuomin tarkoitus on paksumaa öljykerrosta, tehostaen keräystehokkuutta [2; 3; 18]. Pintakuorijoiden käyttöä rajoittavia tekijöitä ovat aallokko ja virtaus. Suurin osa pintakuorijoista ei toimi tehokkaasti aallokossa, jonka korkeus on 1m tai yli. Virtaus heikentää myös keräystehokkuutta. 0,5 m/s virtausnopeus heikentää pintakuorijoiden keräystehokkuutta. Vedessä olevat kappaleet, kuten oksat, levä ja jää voivat estää kokonaan pintakuorijoiden käytön. [2]

Pintakuorijat voidaan jakaa keräävän osan toimintaperiaatteen mukaan. Yleisimpiä eri pintakuorija tyyppisiä ovat: patotyyppin pintakuorijat, imevät laitteet, pintaansa imeyttävät laitteet ja upottavat laitteet. [18] Jääolosuhteissa tapahtuvaan öljyntorjuntaan on kehitetty muutamia laitteita, joiden toimintaperiaate poikkeaa edellä mainituista. Liitteessä 8:n taulukossa on esitetty tyyppillisten pintakuorijoiden suorituskyky jäättömissä olosuhteissa.

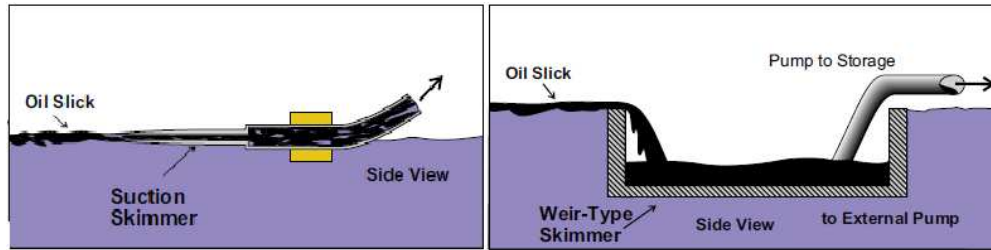
5.2 Patotyypin pintakuorijat

Patotyypin pintakuorijoiden toiminta perustuu painovoimaan. Veden pinnalla oleva öljy valuu esteen kautta pintakuorijaan siten, että öljyn mukana tulee mahdollisimman vähän vettä. pintakuorijaan kerääntynyt öljy pumpataan pintakuorijasta säiliöön. Patotyypin pintakuorijoita on sekä staattisia että dynaamisia malleja. Staattisia malleja voidaan käyttää vain tyynissä olosuhteissa. Käyttökohteita staattisille pintakuorijoille ovat esimerkiksi satama-altaat, tai muut tyynenä pysyvät alueet. Staattiset pintakuorijat vaativat paksun öljykerroksen toimiakseen tehokkaasti. Öljykerroksen 5cm paksuus mahdollistaa staattisen pintakuorijan tehokkaan toiminnan. Öljykerroksen 2cm paksuus riittää vain tyydyttävään öljyn keräystehoon. [2; 18]

Dynaamiset patotyypin pintakuorijat toimivat samalla periaatteella kuin staattisetkin, mutta niissä on öljyn ja pintakuorijan säiliön välillä useampi pato. Pintakuorijassa olevat padot mahdollistavat patojen korkeuden säädön, vähentäen veden pääsyä öljyn mukana pintakuorijan säiliöön. Dynaamista patotyypin pintakuorijaa voidaan liikuttaa, jonka vuoksi sitä voidaan käyttää hieman aallokkoisessakin ympäristössä. [2; 18] Patotyypin pintakuorijat ovat herkkiä veden pinnalla olevalle roskalle ja jäälle, joten ne eivät sovellu jääoloissa tapahtuvaan öljyntorjuntaan. Patotyypin pintakuorijalla voidaan kerätä raskasta öljyä vain 0 °C asti, koska raskas öljy muuttuu liian viskoosiksi alhaisissa lämpötiloissa. [18, s.93].

5.3 Imevät pintakuorijat

Imevät pintakuorijat toimivat pitkälti samalla toimintaperiaatteella kuin patotyypin pintakuorijat, erona on kuitenkin se, että imevät pintakuorijat toimivat alipainepumpun tuottamalla alipaineella. Imevät pintakuorijat soveltuvat hyvin matalaan veteen ja rannoilta tapahtuvaan öljyntorjuntaan [5]. Useimmat laitteet vaativat vähintään 1cm paksuisen kerroksen öljyä toimiakseen tehokkaasti. [2; 18] Edullisissa sääolosuhteissa imevällä pintakuorijalla voidaan saavuttaa 4 – 6m³/h öljy – vesiseoksen imukyky. Imevän pintakuorijan imutehoon vaikuttavat myös öljyn viskositeetti, imukorkeus, imumatka ja letkujen koko. Useimmissa pumpuissa on imupään säätöä varten osa, joka nostaa tai laskee imupäätä, riippuen öljykerroksen paksuudesta. Imevät pintakuorijat vaativat tyynet sääolosuhteet toimiakseen tehokkaasti. Aallokko vaikuttaa merkittävästi imevän pintakuorijan kykyyn imeä öljyä veden pinnalta, lisäämällä veden määrää öljyn imun yhteydessä. Hyvissä sääolosuhteissa imevällä pintakuorijalla voidaan saavuttaa 45 % – 95 % öljy – vesisuhde. [18]



Kuva 9. imevän- ja patotyypin pintakuorijan toimintaperiaate [2]

5.4 Pintaansa imeyttävät laitteet

Pintaansa imeyttäviä pintakuorijoita on useita malleja. Toiminta näillä laitteilla on periaatteeltaan samanlainen, mutta öljynkeräystehokkuus vaihtelee eri öljytyypeillä. Perusperiaatteeltaan pintaansa imeyttävän pintakuorijan toimintaperiaate on seuraava: pintakuorijan kuljetinosa, joka voi olla levy, rumpu, hihna, harja tai köysi saatetaan kosketuksiin öljyn kanssa. Öljy siirtyy kuljetinosaa pitkin veden pinnasta laitteeseen, josta öljy puristetaan, pyyhitään tai väännetään kuljetinosasta ja siirretään säiliöön. Pintaansa imeyttävän pintakuorijan tehoa voidaan kasvattaa pidentämällä aikaa, jonka kuljetinosa on kosketuksissa öljyn kanssa. [2; 18] Kerääjän toimintatapa mahdollistaa hyvän öljy – vesisuhteen, joka voi olla jopa 95 %. Toisin kuin imevillä ja patotyypin pintakuorija malleilla, pintaansa imeyttävillä pintakuorijoilla on hyvä öljy – vesisuhde kerätessä öljyä ohuestakin öljykerroksesta. Nämä laitteet eivät ole myöskään kovin herkkiä vedessä oleville roskille tai jäälle. [2]

5.4.1 Pintakuorijat levykerääjällä

Levykerääjällä toimivien pintakuorijoiden toiminta perustuu siihen, että öljy tarttuu pyöriiviin kiekkoihin. Levykerääjässä on useita, yleensä PVC-muovista tai metallista valmistettuja kiekkoja rinnakkain. Öljy erotetaan kiinteillä kaapimilla levyjen pinnasta ja öljy johdetaan putkea pitkin säiliöön. Levypintakuorijat toimivat tehokkaimmin kevyelle raakaöljylle, mutta huonosti kevyelle poltto-öljylle ja raskaalle öljylle. Levypintakuorijoiden hyviä ominaisuuksia ovat toimintakyky aallokossa ja kyky sietää vedessä olevaa roskaa ja jäätä. [2]

5.4.2 Pintakuorijat rumpukerääjällä

Rumpukerääjällä toimivat pintakuorijat toimivat samalla periaatteella kuin levykerääjällä toimivat pintakuorijat. Rumpukerääjässä on levykerääjän kiekkojen sijaan yksi leveä rumpu. Eroavaisuuksia on myös kaapimessa, joka irrottaa öljyn kerääjästä. Rumpukerääjän öljyn irro-

tus toteutetaan puristimella, joka puristaa öljyn kerääjän pinnalta ja siirtää sen putkistoa pitkin säiliöön. Laitteella voidaan kerätä melko tehokkaasti polttoöljyä ja kevyttä raakaöljyä. Raskaiden öljyjen kerääminen on melko tehotonta. [2]

5.4.3 pintakuorijat hihnakerääjällä

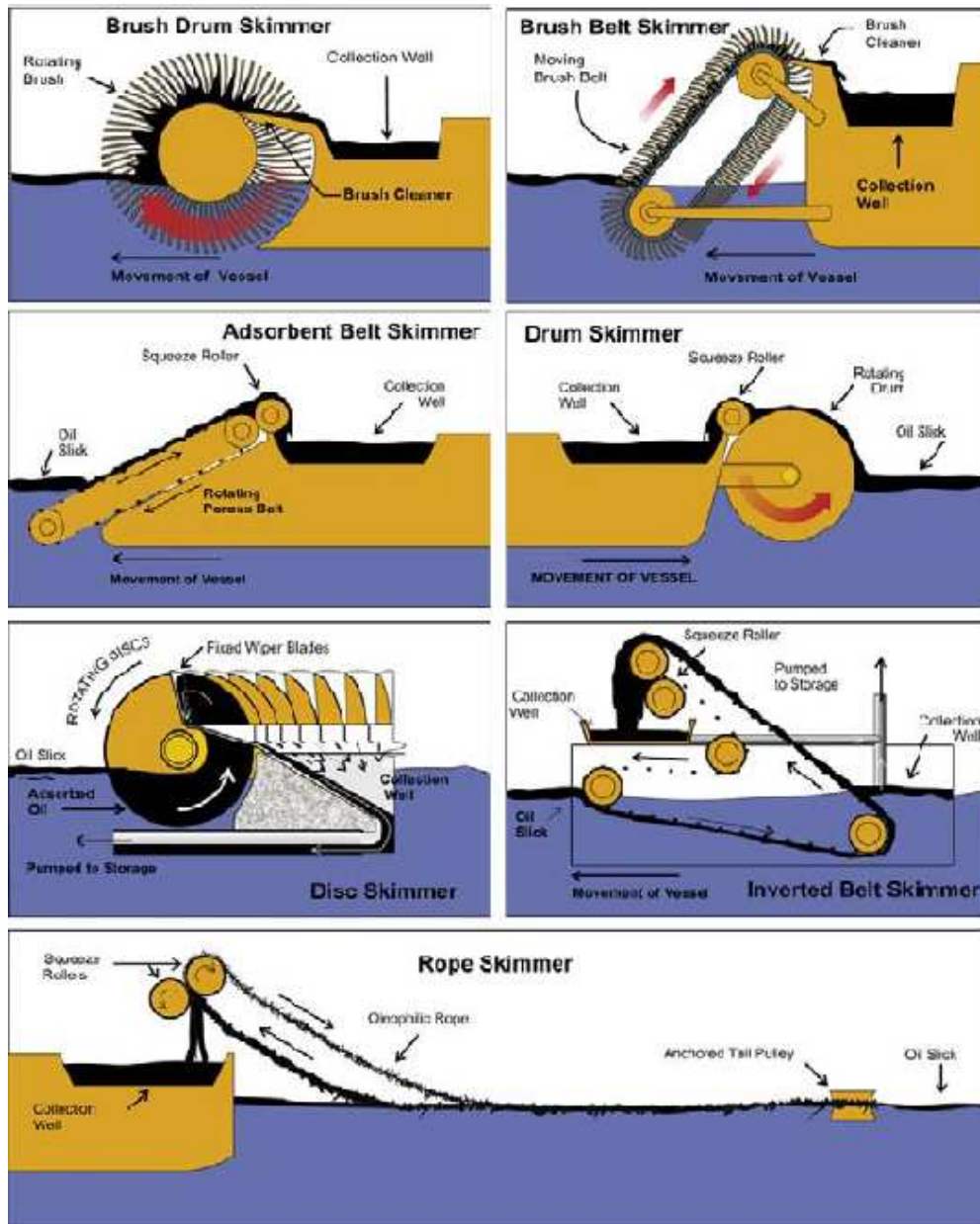
Hihnakerääjiä on erityyppisiä: öljyä nostavia ja öljyä upottavia. Hihnakerääjällä voidaan kerätä sekä raskaita että kevyitä öljyjä. Raskaat öljyt kerätään hihnakerääjällä, joka imee pintaansa öljyn ja nostaa sen vedestä. Vedestä nostettu öljy erotetaan hihnasta kaapimilla tai rullilla puristamalla. [2] Kevyet öljyt kerätään hihnakerääjällä, joka painaa öljyn alaspäin hihnan alitse. Hihnan alittanut öljy nousee keräysastiaan veden ja öljyn tiheyseron johdosta. Upottavat hihnakerääjät toimivat huonosti raskaiden öljyalaatujen kanssa, sillä raskaalla öljyllä on suurempi tiheys kuin kevyillä öljyalaaduilla. Tästä johtuen raskas öljy nousee takaisin pintaan hitaammin kuin kevyt öljy, ohittaen hihnakerääjän keräysastian. [18]

5.4.4 pintakuorijat köysikerääjällä

Pintakuorijoita köysikerääjällä löytyy kahta tyyppiä. Nämä tyypit eroavat öljyn talteenottotavan perusteella. Näitä ovat öljyn nostaminen ja vedenpintaa pitkin vetäminen. Näissä pintakuorijoissa köysi tai köydet ovat yhtenäisessä lenkissä, joka kiertää vedenpinnan ja öljynerotimen kautta. Öljy erotetaan köydestä puristamalla ja siirretään pumpaamalla säiliöön. [2; 18] Köysikerääjät keräävät tehokkaimmin keskiraskaita öljyjä ja jossain määrin raskaita öljyjä [15]. Köysikerääjät ovat käyttökelpoisia erityisesti, jos vedessä on roskia ja jäätä [2]. Rantaan ajautuneen ja kiintojäissä olevan öljyn keräämiseen voidaan käyttää pintakuorijaa köysikerääjällä, jossa köyden lenkki kiertää kahden kiinteän pisteen välillä.

5.4.5 pintakuorijat harjakerääjällä

Pintakuorijoita harjakerääjällä on erilaisia malleja. On malleja joissa harja on kiinnitetty rumpuun ja malleja joissa harja on hihnassa. Eri harjakerääjällä varustettujen pintakuorijoiden toimintaperiaate on samanlainen. Harjaosa imee pintaansa öljyn, joka irrotetaan harjasta kaapimella ja pumpataan säiliöön. [2] Pintakuorijat harjakerääjällä ovat tehokkaita raskaiden öljyjen keräämiseen, mutta soveltuvat harjan koosta riippuen myös kevyiden ja keskiraskaiden öljyjen keräämiseen [2; 15]. Harjakerääjät kykenevät toimimaan myös jäisissä olosuhteissa. [18]



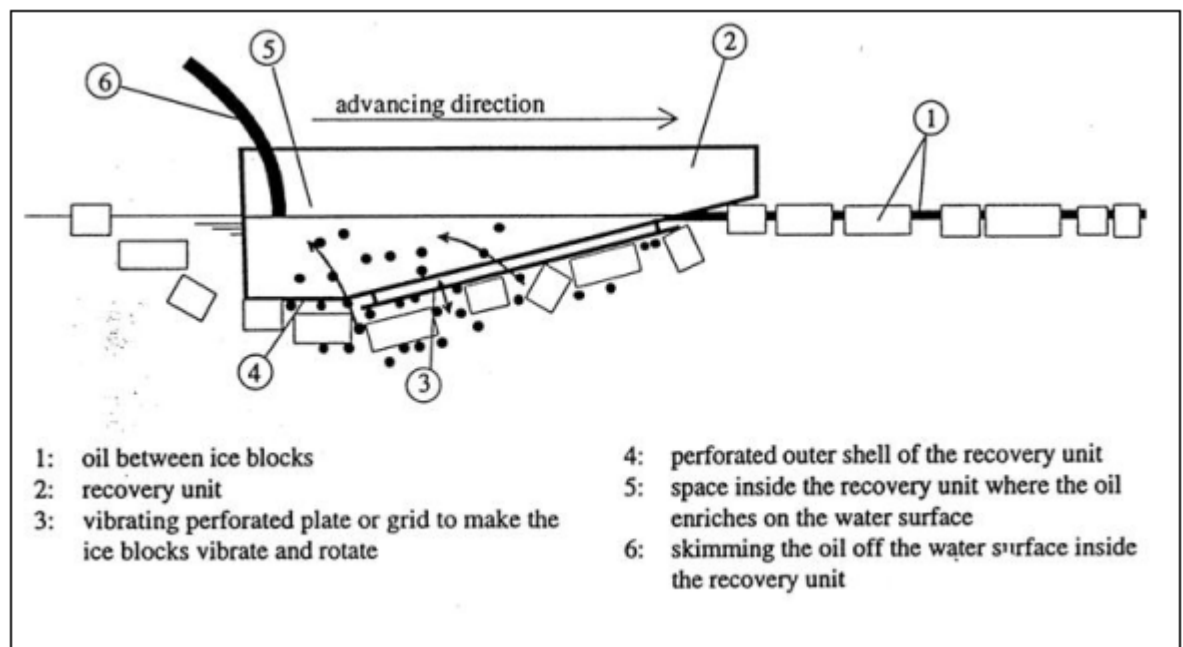
Kuva 10. Pintaansa imeyttävien pintakuorijoiden toimintaperiaate [3, s.317]

5.5 Pintakuorijoiden käyttö jääolosuhteissa

Jääolosuhteissa on mahdollista käyttää pintakuorijoita. Tavallisia avoveden ajan pintakuorijoita voidaan käyttää olosuhteissa, joissa jään määrä on alle 30 % pinta-alasta. Tällöin on huomioitava pintakuorijoiden vahingoittumisriski. Jään pinta-alan ollessa 30 – 70 %, tarvitaan jääolosuhteisiin kehitettyjä pintakuorijoita. Jään pinta-alan ollessa yli 70 %, tarvitaan erityisen kestäviä pintakuorijoita, jotka on kehitetty erityisesti tähän tarkoitukseen. Jäisissä olosuhteissa tapahtuvassa mekaanisessa öljyntorjunnassa öljy voidaan erottaa kahdella tavalla jäädä. Öljyiset jääkappaleet nostetaan vedestä ja puhdistetaan öljystä erityisellä puhdistuslaitteella tai öljy erotetaan jäädä jo vedessä. [9]

Jääoloissa tapahtuvaan öljyntorjuntaan on kehitetty muutamia eri toimintaperiaatteella toimivia laitteita. Pääosa pintakuorijoista, jotka on tarkoitettu jääolosuhteisiin, perustuvat pintaansa imeyttävään harjaosaan. Harjaosalla öljyä keräävät pintakuorijat soveltuvat erityisen hyvin jääolosuhteissa tapahtuvaan öljyntorjuntaan, koska ne kykenevät keräämään öljyä, jolla on suuri viskositeetti. [4; 9; 14] Kevyiden öljyjen, kuten dieselöljyn kerääminen jäisissä olosuhteissa on lähes tuloksetonta [6]. Keskiraskaita öljyjä voidaan kerätä köysikerääjällä, joka nostaa öljyn vedestä. Köysikerääjään perustuvassa pintakuorijassa tulee olla jääolosuhteissa lämmitin. Lämmittimen tehtävänä on estää köyden jäätyminen, joka johtaisi laitteen mahdolliseen rikkoutumiseen. [9] Imevät ja patotyypin pintakuorijat soveltuvat huonosti käytettäväksi jääolosuhteissa, sillä jää tukkii ja vaurioittaa näitä laitteita helposti [13; 18].

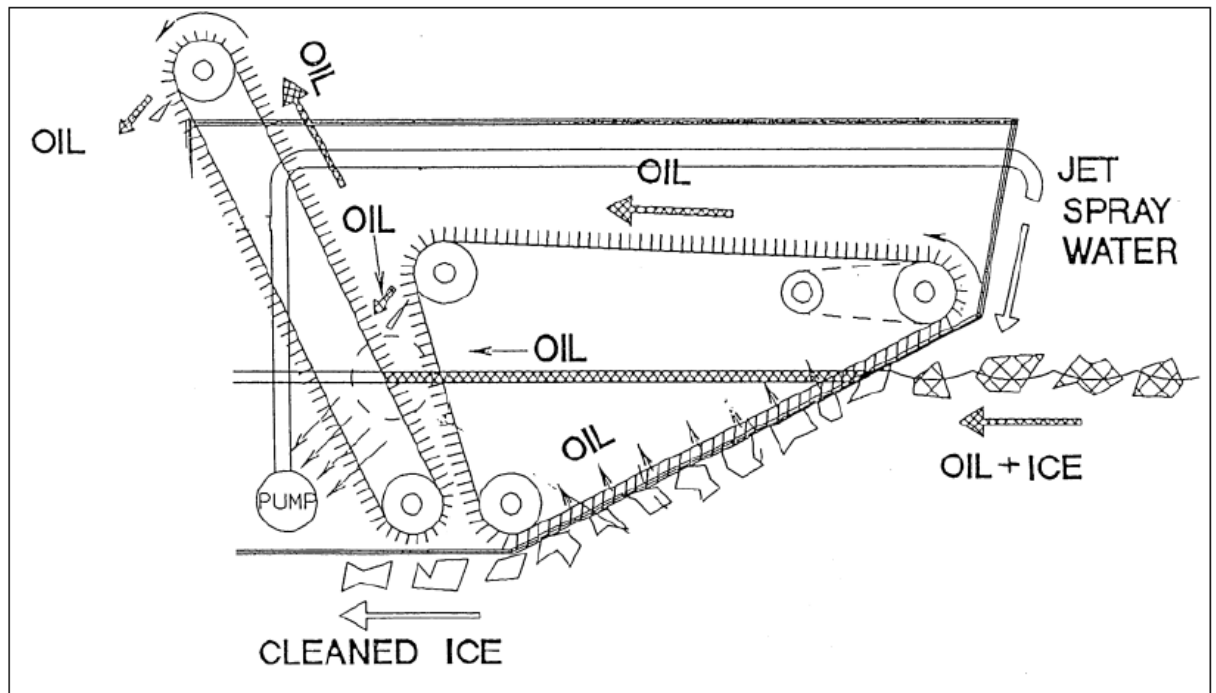
Jääolosuhteisiin on kehitetty pintakuorija, jonka toiminta perustuu öljyn erottamiseen jäältä värinän avulla. Laitteen toiminta perustuu öljyisen jään painamiseen veden alle, jossa öljy erotetaan jäältä laitteessa olevalla värisevällä ritilällä. Öljyisen jään värisyttäminen erottaa öljyn jäältä, jonka jälkeen öljy nousee pintakuorijan harjasosaan. Harjasosa kerää jäältä erotetun öljyn aluksen säiliöön. Öljyn mukana noussut jäämurska ja vesi erotetaan öljystä pintakuorijan harjaosalla. Laitte soveltuu n. 20 – 30 cm paksuisen jään käsittelyyn. [4; 9; 12]



Kuva 11. Öljyn erottaminen jäältä värinää hyödyntämällä [4, s.14]

Öljyn erottaminen jäältä voidaan toteuttaa myös hyödyntämällä vesisuihkua. Tällainen järjestelmä on Suomessa kehitetty Lori- järjestelmä. Pintakuorija suihkuttaa vettä kovalla paineella pintakuorijan etupuolelle, joka irrottaa öljyn jään pinnasta. Pintakuorijan keulan alla oleva harjaosa erottaa lopun öljyn jäältä. Jäältä erotettu öljy kerätään vedestä Pintakuorijassa ole-

valla harjahihnalla. Tämä järjestelmä vaatii asennusta öljyntorjunta-alukseen, jonka johdosta järjestelmää ei voida käyttää matalassa vedessä. [4; 12]



Kuva 12. Lori- järjestelmän toimintaperiaate [4, s.13]

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Öljyn käyttäytyminen saaristossa

Öljy leviää saaristossa samalla periaatteella kuin avomerelläkin, mutta öljyn liikettä rajoittavat alueella olevat saaret ja luodot. Öljy joutuu liikkumaan saarien lomassa, tarttuen samalla saarten ja luotojen rantoihin. Saaret ja luodot pirstaloivat öljylautat pienemmiksi öljylautoiksi, jotka jatkavat liikkumista tuulen, virtauksen ja aallokon vaikutuksesta. Öljyn päästessä matalampaan veteen, muodostuu riski öljyn kerrostumisesta pohjakasvillisuuden päälle. Suuri määrä öljyn ainesosista haihtuu, muuttaen öljyn ominaisuuksia. Öljyn määrä pysyy kuitenkin lähes muuttumattomana, koska öljy muodostaa veden kanssa emulsioita.

Talviolosuhteissa öljyn leviäminen hidastuu huomattavasti, lisäten öljyntorjunta-aikaa jopa kolminkertaiseksi. Öljyn viskositeetti kasvaa kylmissä olosuhteissa, rajoittaen öljyn leviämisenopeutta. Jään määrän ollessa alle 30 % öljy liikkuu riippumatta jäälauttojen liikesuunnasta. Tällöin öljyn liikesuunta määräytyy pääosin tuulen suunnasta. Jään määrän lisääntyessä yli 30 %:iin, öljy tarttuu jäälauttoihin ja liikkuu jäälauttojen mukana, virtauksen kuljettamana. Kiintojäässä öljyn leviäminen johtuu ainoastaan veden virtauksesta. Jään reunat toimivat luonnollisina öljyvuomeina rajoittaen öljyn leviämistä.

6.2 Öljyn leviämisen rajoittaminen saaristossa

Öljyvuodon sattuessa öljyn leviäminen tulisi pyrkiä estämään mahdollisimman pian. Mikäli öljyvahinko sattuu avomerellä, öljyn pääseminen saaristoon tulisi pyrkiä estämään. Öljyn päästessä saaristoon öljyntorjunta vaikeutuu ja hidastuu. Saaristossa öljyn pääseminen rannoille ja pohjakasvillisuuteen muodostaa suuren uhan alueen eläimistölle ja kasvillisuudelle.

Alusvahingon sattuessa ensimmäisen öljyntorjuntatoimen tulisi olla lisävahinkojen estäminen. Tämän jälkeen tulisi asettaa öljyvuomi vaurioituneen aluksen ympärille. Aluksen ympärillä olevan öljyvuomin tehtävä on estää öljyn leviäminen. Vallitsevat olosuhteet voivat johtaa öljyn karkaamiseen öljyvuomin ohi. Tästä johtuen vahinkopaikan ympäristöön tulee asettaa lisää öljyvuomeja, joilla rajoitetaan öljyn mahdollinen leviäminen suuremmalle alueelle. Alueella olevaa virtausta voidaan hyödyntää öljyn ohjaamiseen herkiltä alueilta tai ohjaamaan öljy paikkaan, jossa se voidaan kerätä tehokkaammin.

Jäisissä olosuhteissa öljypuomien käyttö on haastavaa, sillä liikkuvat jäälautat voivat estää öljypuomien käytön. Liikkuvat jäämassat voivat muodostaa öljypuomille rasituksen, joka ylittää öljypuomin vetolujuuden, rikkoen öljypuomin. Kiintojään reuna rajoittaa öljyn leviämistä, muodostamalla ”luonnollisen öljypuomin”. Kiintojäähän voidaan myös asettaa öljypuomi jäädyttämällä öljypuomi kiinni jäässä olevaan railoon. Jääolosuhteissa öljypuomien käyttö on siis hyvin haastavaa.

Öljyn nuottaus U, V ja J- tekniikoilla on mahdollista alueilla, joissa on riittävästi tilaa alusten turvalliselle merenkululle. Öljynuottaa voidaan vetää myös esimerkiksi moottoriveneillä, joka mahdollistaa öljyn nuottaamisen matalastakin vedestä. Saaristossa olevan veden mataluus voi kuitenkin rajoittaa öljyntorjunta-alusten käytettävyyttä väyläalueiden ulkopuolella. Pyyhkäisyputkimajärjestelmien käyttö on mahdollista suuressa osassa saaristoa, sillä pyyhkäisyputkimilla varustetuilla aluksilla on hyvä ohjailtavuus.

6.3 Pintakuorijoiden käyttö saaristossa

Pintakuorijoilla on saaristossa samat rajoitteet kun avomerelläkin. Saaristo antaa kuitenkin suojaa aallokolta, joka mahdollistaa pintakuorijoiden käytön kovemmallaakin tuulella. Saariston mataluus voi aiheuttaa rajoitteita tiettyjen pintakuorijamallien käytettävyydelle. Tällaisia pintakuorijamalleja ovat esimerkiksi öljyntorjunta-alusten kiinteät pintakuorijamallit. Saaristossa ei esiinny juuri muita rajoitteita pintakuorijoiden käytölle avoveden aikana.

Imevät ja patotyyppin pintakuorijat soveltuvat hyvin saaristossa käytettäväksi, saariston antaman suojan vuoksi. Jääolosuhteet voivat estää tämän tyyppisten pintakuorijoiden käytön, joten ne soveltuvat käytettäväksi ainoastaan avoveden aikana. Öljyn viskositeetti vaikuttaa myös merkittävästi imevien ja patotyyppin pintakuorijoiden käytettävyyteen. Imevät ja patotyyppin pintakuorijat soveltuvat parhaiten kevyiden öljyjen keräämiseen. Kevyiden öljyjen kerääminen on hyvin vaikeaa, lähes tuloksetonta jäisissä olosuhteissa.

Pintaansa imeyttävät pintakuorijat soveltuvat kaikkien öljylaatujen keräämiseen. Keräystehokkuus kuitenkin vaihtelee öljyalaadusta ja pintakuorijan keräävän osan toimintaperiaatteesta. Saaristo on edullinen toimintaympäristö tämän tyyppisten pintakuorijoiden käytölle. Jääolosuhteet voivat rajoittaa pintaansa imeyttävien pintakuorijoiden käytettävyyttä, koska jäämassat voivat vaurioittaa pintakuorijoita liikkeessaan. Jäämurska voi myös tukkia tai kiilata pintakuorijan liikkuvia osia, mahdollisesti rikkoen laitteen. Jääolosuhteisiin tarkoitettuja pin-

takuorijoita on käytettävissä, mutta niiden keräystehokkuus ei ole samalla tasolla kuin avoveen tarkoitetuilla pintakuorijoilla. Jääolosuhteisiin tarkoitettujen pintakuorijoiden keräävän osan toimintaperiaate perustuu yleensä pintaansa imeyttävään harjaosaan. Jäissä tapahtuvassa öljyntorjunnassa on epätodennäköistä saada kerättyä kaikkea öljyä.

6.4 Johtopäätökset

Öljyntorjuntavälineiden käytettävyyden kannalta, saaristo antaa sekä etuja että muodostaa haasteita. Tämän johdosta toimintaympäristön tuntemus on erittäin tärkeää. Toimintaympäristön tunteminen mahdollistaa öljyntorjuntakaluston oikean käytön. Öljyntorjuntakaluston teknisten ominaisuuksien tunteminen on yhtä tärkeää kuin toimintaympäristön tunteminen. Tuntemalla öljyntorjuntavälineiden ominaisuudet ja rajoitteet, voidaan näitä välineitä käyttää oikealla tavalla ja oikeassa paikassa. Käytettävien öljyntorjuntavälineiden tuntemuksen lisäksi on tunnettava öljyn ominaisuudet ja leviämiseen vaikuttavat tekijät. Tuntemalla nämä tekijät voidaan valita paras mahdollinen öljyntorjuntaväline kyseisille öljyalaueille.

Saaristo rajoittaa öljyntorjunta-alusten käytettävyyttä matalan veden alueilla ja alueilla joilla ei ole turvallista liikkua suuren karilleajo riskin takia. Pintakuorijoiden käytettävyyden kannalta suurin rajoittava tekijä on jääolosuhteet. Avoveden aikana pintakuorijoiden käytettävyys on jopa parempi kuin avomerellä. Öljyvuomien käytettävyys saaristossa on monipuolisempaa kuin avomerellä. Öljyvuomeja voidaan käyttää monipuolisesti öljyn liikkeen ohjaamiseen ja öljyn vangitsemiseen alueille, joista se voidaan kerätä tehokkaasti. Loppujen lopuksi öljyntorjuntavälineillä ei ole suuria rajoitteita saaristosta johtuen. Saaristoon joutunut öljy aiheuttaa huomattavasti suuremman ympäristöuhan, kun avomerellä oleva öljy. Myös öljyntorjuntakustannukset kasvavat huomattavasti öljyn päästessä rantautumaan Näistä seikoista johtuen öljyn pääseminen saaristoon tulisi pyrkiä estämään.

LÄHTEET

- [1] Fingas, Mervin, *The basics of oil spill cleanup*. CRC Press, 2000. 256 s.
ISBN: 1-56670-537-1.
- [2] Fingas, Mervin, *Oil spill science and technology*. Elsevier Inc, 2011. 1156 s.
ISBN:978-1-85617-943-0.
- [3] Hietala, M., *Öljyvahinkojen torjuntakalusto*, SYKE, 2011. 41 s. (Luonnos)
- [4] Hänninen, S., Sassi, J., *Acute Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice*, Espoo, 2010. 64 s. VTT-R-03638-09.
- [5] Jolma, K., *Rantavyöhykkeen öljyntorjuntaopas*, Helsinki, Ympäristökeskus, 2003. 35 s.
- [6] Jolma, K., yli-insinööri, Operatiivisen torjuntavalmiuden kehittäminen ja ylläpito. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Haastattelu, öljytorjuntakaluston käyttö Suomen saaristossa, 11.3.2014. Haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [7] Keränen, O., *Öljyvuomiopas; Öljyntorjuntarajoituspuomien määrittely sisävesi- ja rannikkoalueilla*, Helsinki, Vesi- ja Ympäristöhallitus, 1993. 39 s. ISBN: 951-47-8226-7.
- [8] Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja, SÖKÖ II- manuaali; Alusöljyvahingon riski Suomenlahden pelastustoimialueella, Kotka, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu: SYKE, 2011, ISBN: 978-952-5963-05-2 (pdf). Saatavissa:
<https://www.kyamk.fi/Ty%C3%B6el%C3%A4m%C3%A4lle/Projektit/TalviS%C3%96K%C3%96%202013-2014/S%C3%96K%C3%96-materiaalia/S%C3%96K%C3%96%20II%20-Manuaali/>
- [19] Lampela, K., *Oil Spill Responce In Ice*, Report on the State on the Art, 2011
- [10] Nissinen, J., *Raakaöljy Suomenlahden laineille: katsaus raakaöljyn ominaisuuksiin, ympäristövaikutuksiin, torjuntaan ja onnettomuuksien historiaan eteläisillä aluevesillämme*, Helsinki, Suomen ympäristökeskus, 2000. 42 s. ISBN: 952-11-0719-7

- [11] Nuka Research & Planning Group LLC, *Massachusetts Geographic Response Plan tactics guide*, United Kingdom 2012. 80 s. Saatavissa:
<http://grp.nukaresearch.com/documents/120514MAGRPTacticsManual.pdf>
- [12] Nuka Research & Planning Group LLC, *Oil Spill Response Mechanical Recovery Systems for Ice-Infested Waters: Examination of Technologies for the Alaska Beaufort Sea*, Alaska 2007. 98 s. Saatavissa:
<https://dec.alaska.gov/spar/ipp/docs/2007%20Mechanical%20Recovery%20Ice.pdf>
- [13] Owens, E., Solsberg, L., West M., McGrath, M., *Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters*, Counterspil Research Inc, 1998.
- [14] *Seminar: combatting marine oil spills in ice and cold/arctic conditions*, Helsinki, Finnish environment institute, 2001. 319 s.
- [15] The International Tanker Owners Pollution Federation Limited, *Technical information papers*, United Kingdom 2011. 229 s. Saatavissa: <http://www.itopf.com/information-services/publications/documents/ITOPFTIPS.pdf>
- [16] Tuomi, L, *Vedenkorkeus, virtaukset ja aallokko*. Helsinki 13.1.2014, Ilmatieteenlaitos. Luentomateriaali. Fysikaalinen meritiiede opinto-jakso
- [17] Vainio, J, *Jääolot*. Helsinki 13.1.2014, Ilmatieteenlaitos. Luentomateriaali. Fysikaalinen meritiiede opinto-jakso
- [18] Vierio, Toivo., *Öljyvahinkojen torjunta II*, Lohja: Painorasteri Oy, 1991. 408 s. ISBN: 951-9219-49-8.
- [19] Ympäristöministeriön raportteja 26/2011, *Toiminta isoissa alusöljyvahingoissa*, Helsinki:Edita Prima Oy, 2011. 124 s. ISBN: 978-952-11-3922-2 (PDF).

LIITTEET

LIITE 1. Tutkielmassa käsiteltävä toiminta-alue

LIITE 2. Suomenlahden keskimääräinen virtauskenttä

LIITE 3. Jääolosuhteiden kesto Turussa ja Helsingissä

LIITE 4. Tuulen pyyhkäisy-pinta-alan vaikutus aallonkorkeuteen

LIITE 5. Aallokon vaimeneminen saariston vaikutuksesta

LIITE 6. Eri öljylaatujen haihtumisprosentti aikaa kohden

LIITE 7. Öljyvuomin pettämistavat

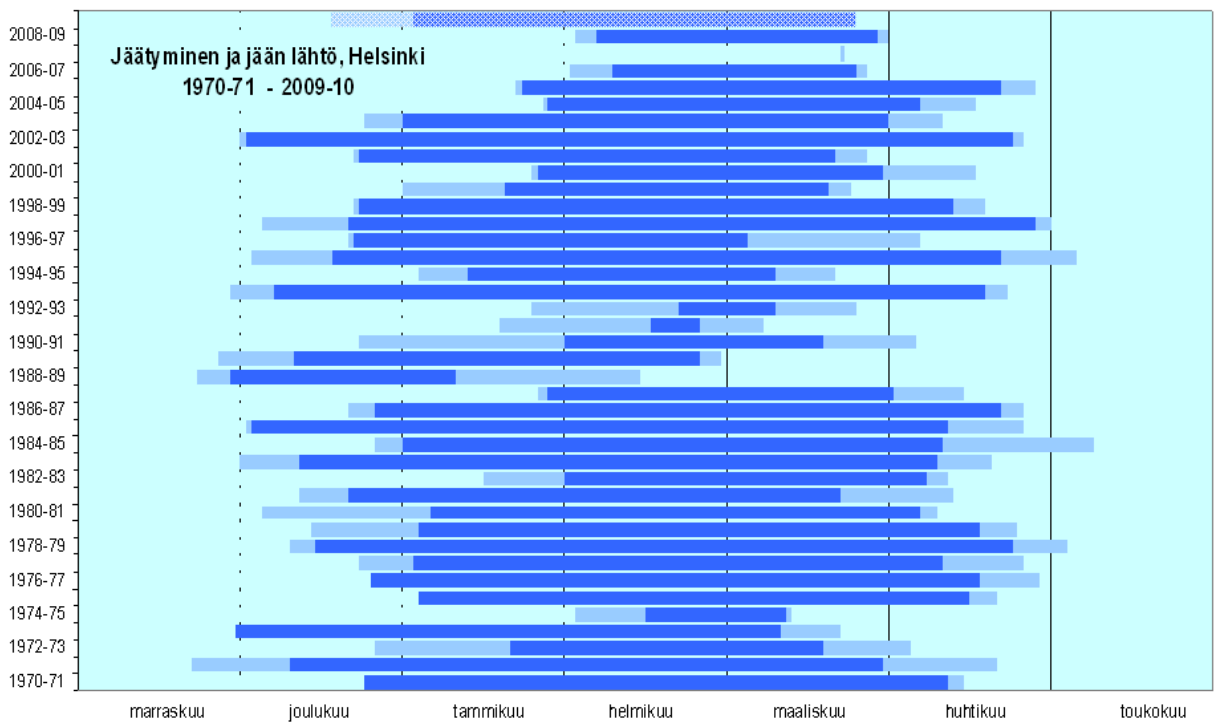
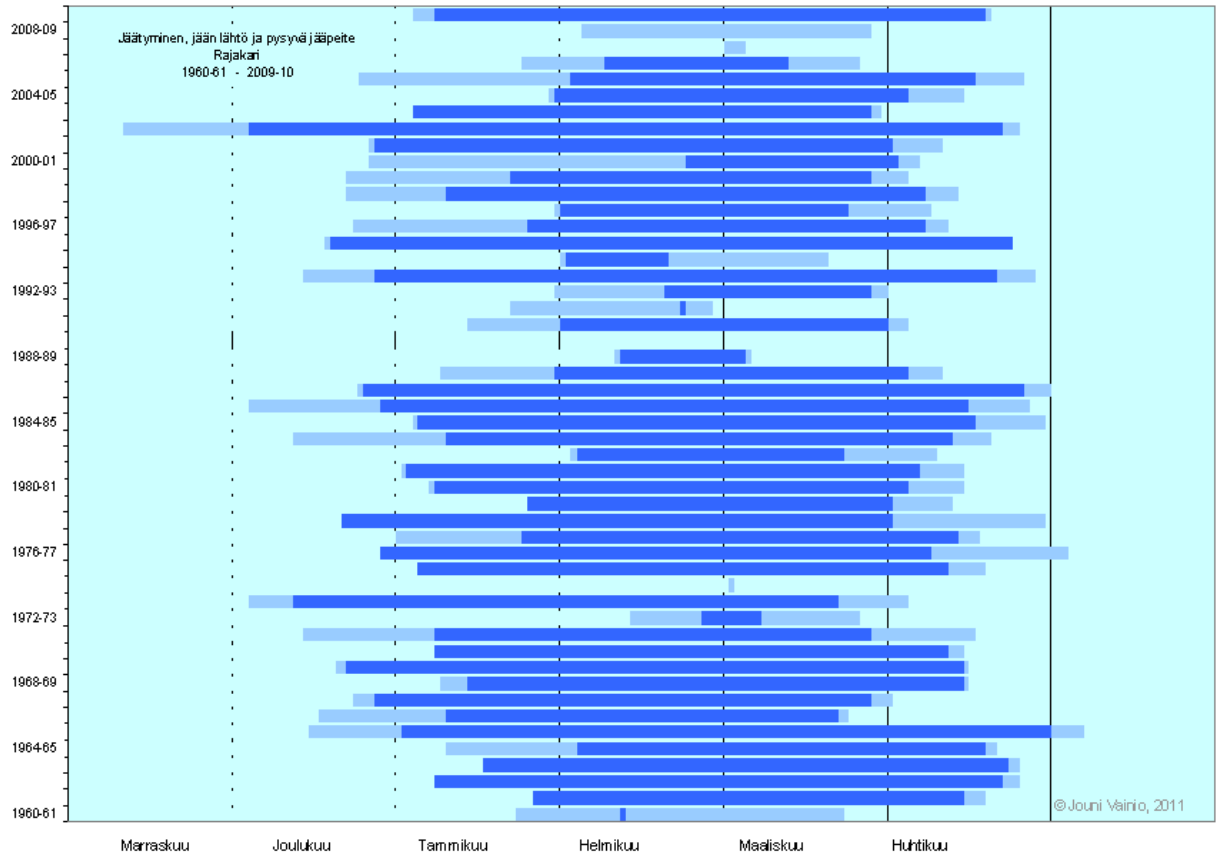
LIITE 8. Tyypillisten pintakuorijoiden suorituskyvyt jäättömissä olosuhteissa



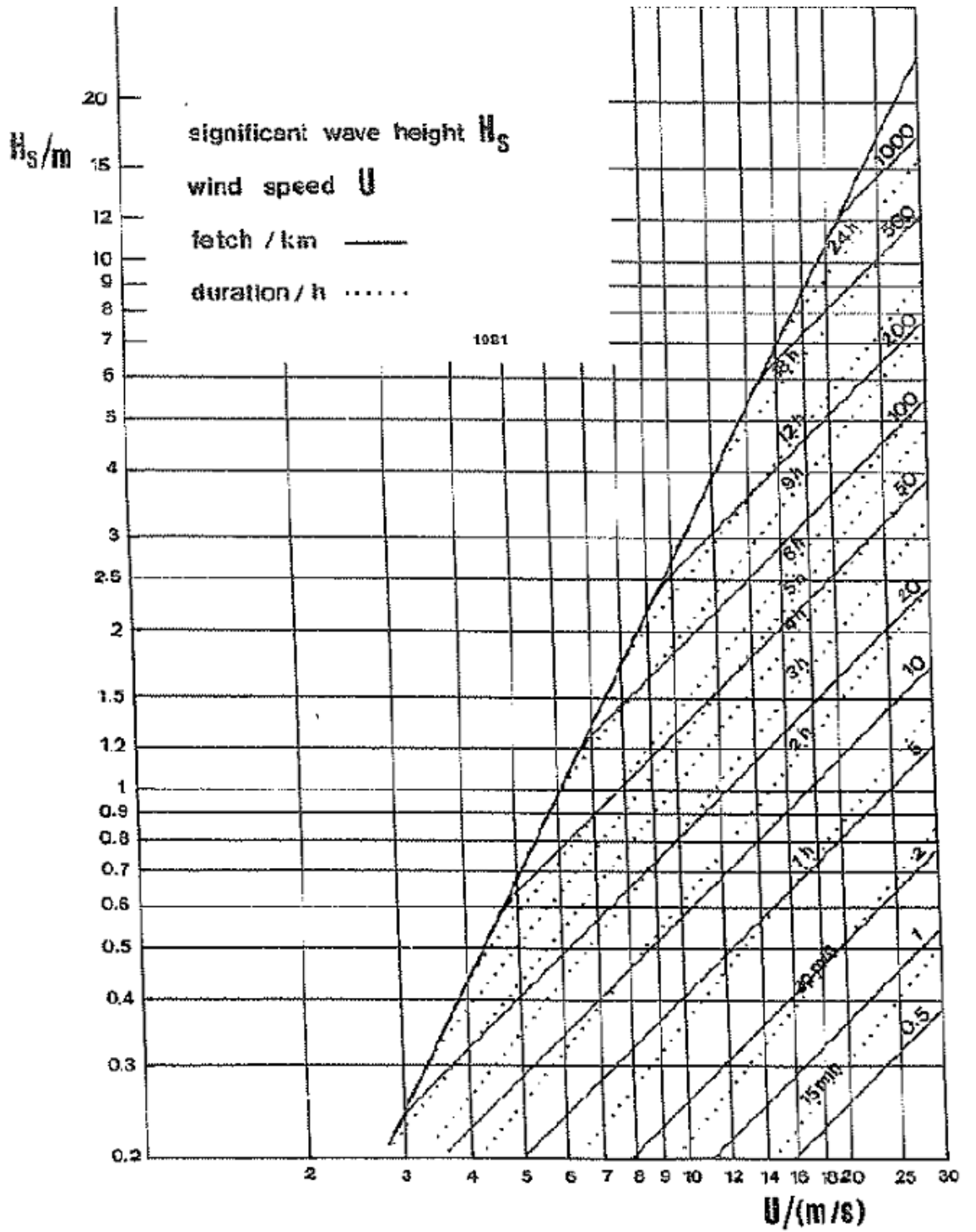
Tutkielmassa käsiteltävä toiminta- alue



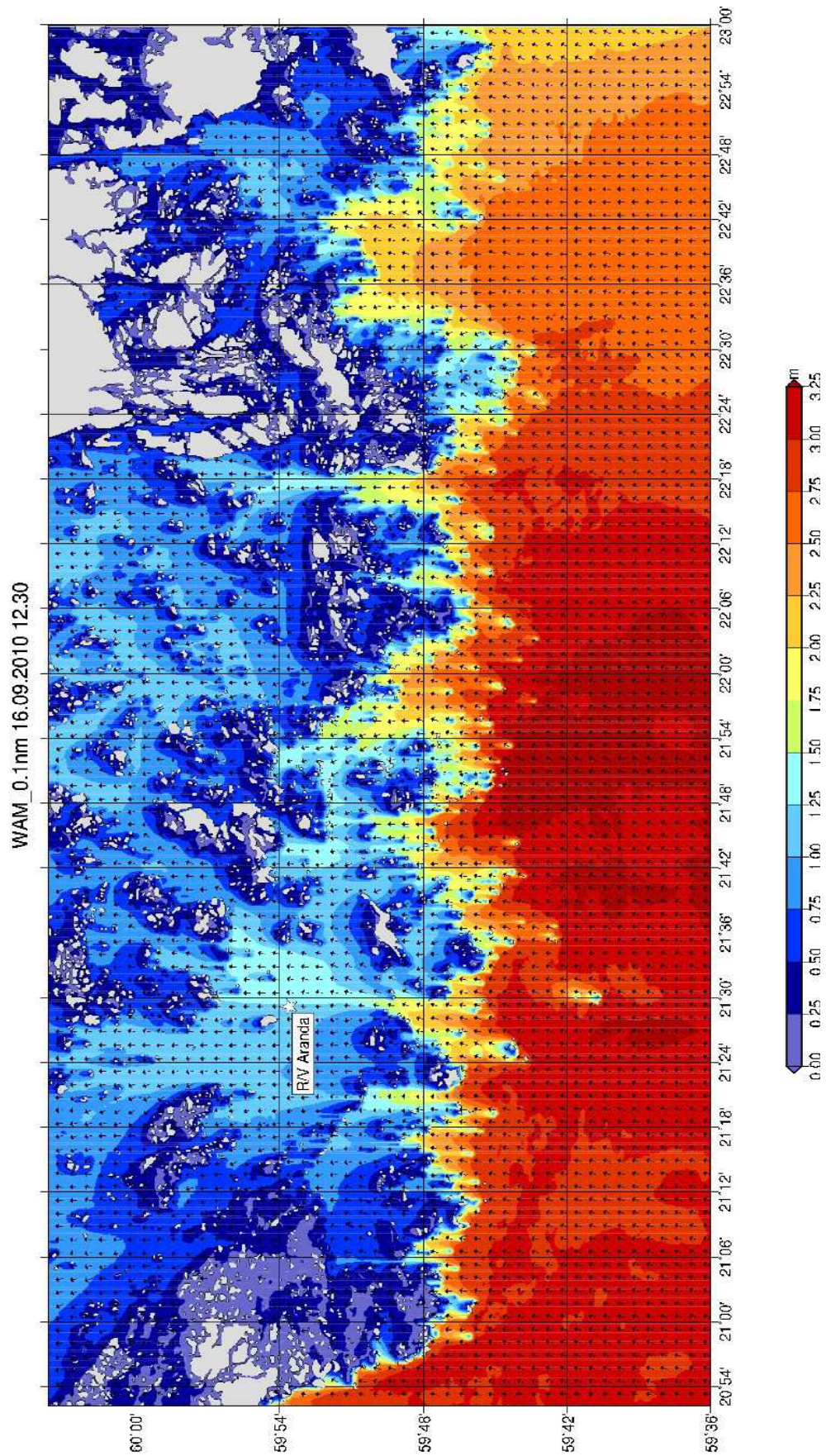
Suomenlahden keskimääräinen virtauskenttä [16]



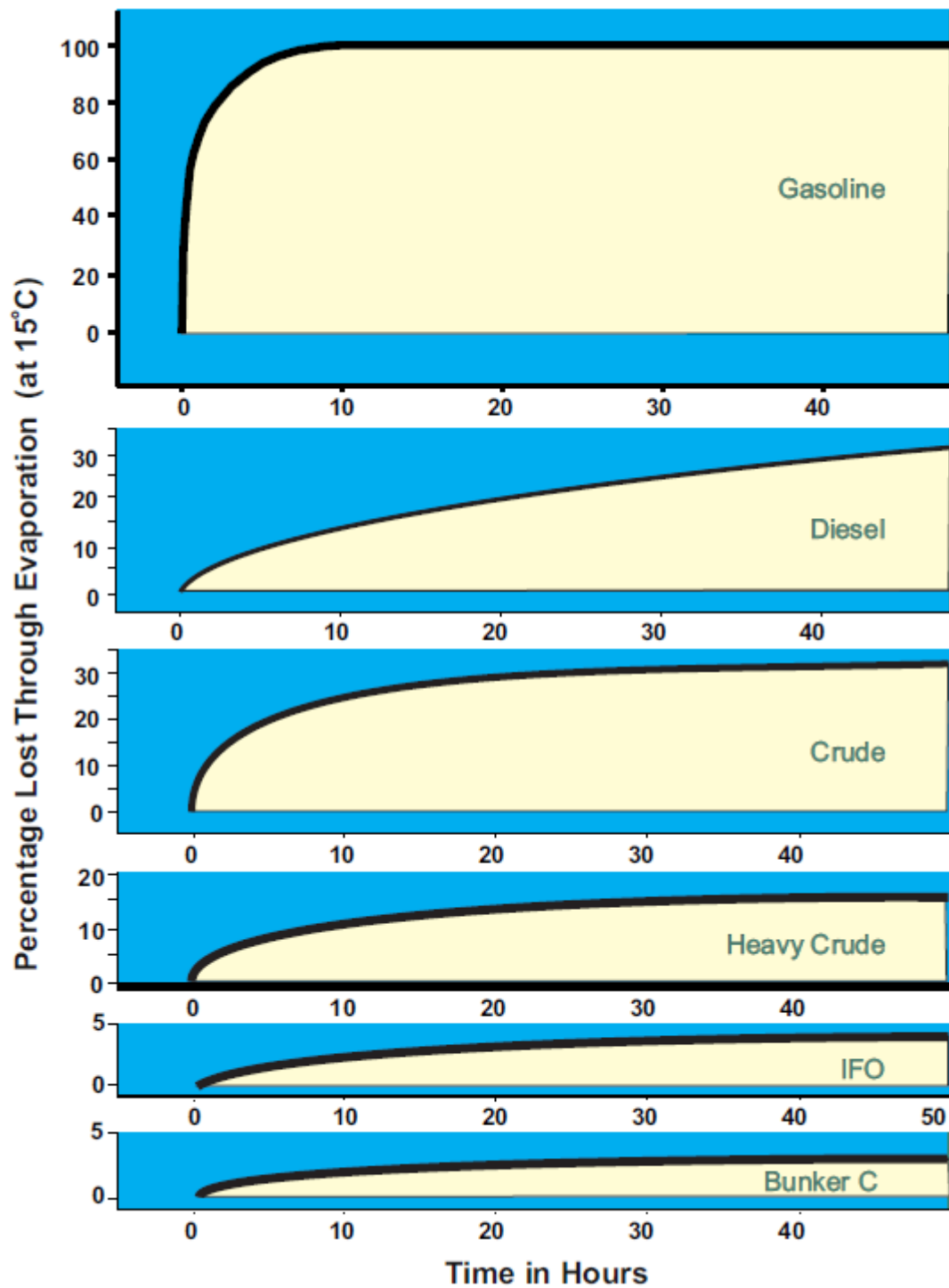
Jääolosuhteiden kesto Turussa ja Helsingissä [17]



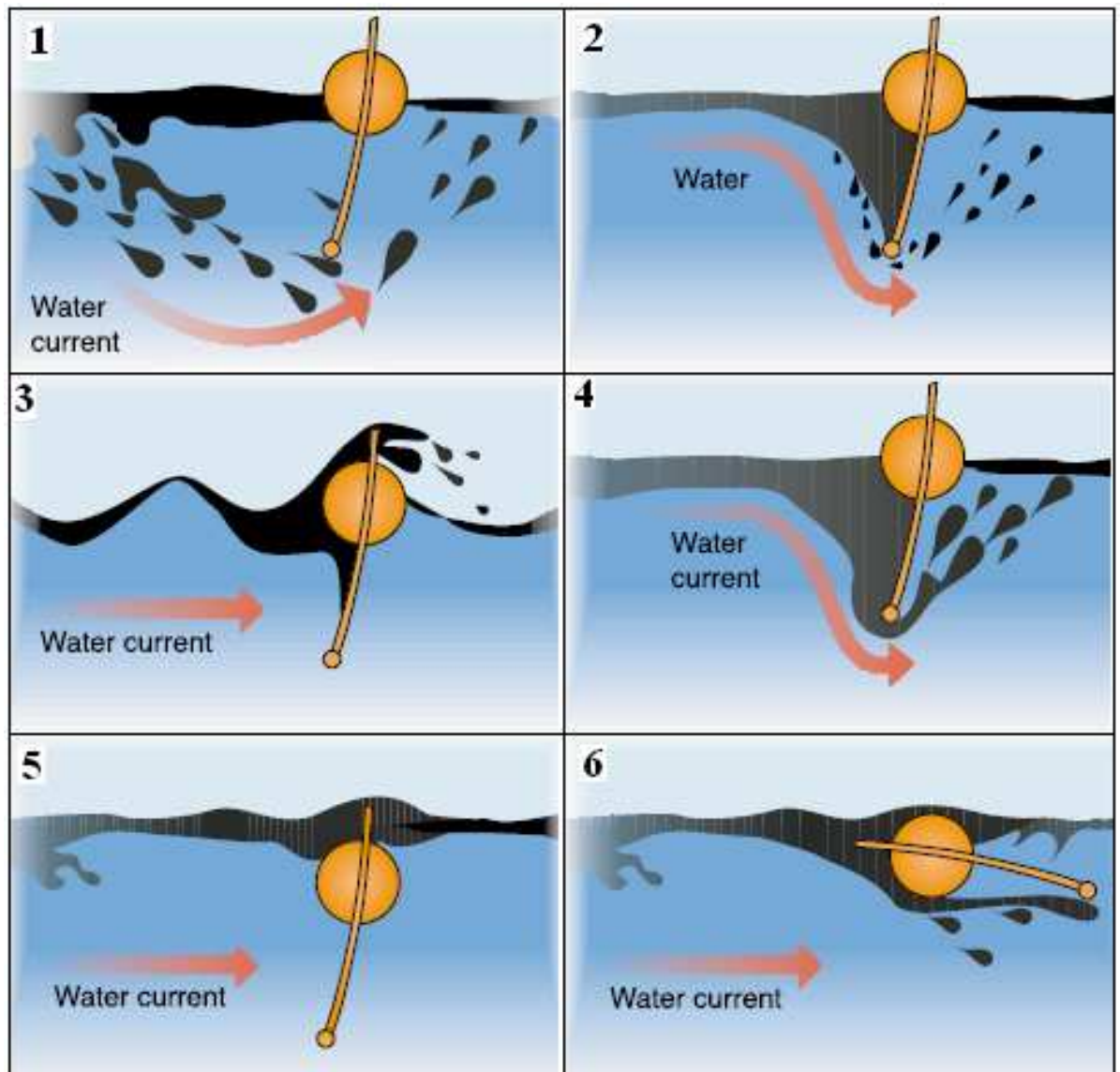
Tuulen pyyhkäisy-pinta-alan vaikutus aallonkorkeuteen [16]



Aallokon vaimeneminen saariston vaikutuksesta [16]



Eri öljylaatujen haihtumisprosentti aikaa kohden [1, s.189]



Öljyvuonin pettämistavat [1, s.311]

Tyypillisten pintakuorijoiden suorituskyvyt jäättömissä olosuhteissa [2, s.326]

TABLE 12.2 Performance of Typical Skimmers

Skimmer Type	Recovery Rate (m ³ /hr) for given oil type*				Percent Oil**
	Diesel	Light Crude	Heavy Crude	Bunker C	
Oleophilic Skimmers					
small disc	0.4 to 1	0.2 to 2			80 to 95
large disc		10 to 20	10 to 50		80 to 95
brush	0.2 to 0.8	0.5 to 20	0.5 to 2	0.5 to 2	80 to 95
large drum		10 to 30			80 to 95
small drum	0.5 to 5	0.5 to 5			80 to 95
large belt	1 to 5	1 to 20	3 to 20	3 to 10	75 to 95
inverted belt		10 to 30			85 to 95
rope		2 to 20	2 to 10		
Weir Skimmers					
small weir	0.2 to 10	0.5 to 5	2 to 20		20 to 80
large weir		30 to 100	5 to 10	3 to 5	50 to 90
advancing weir	1 to 10	5 to 30	5 to 25		30 to 70
Elevating Skimmers					
paddle conveyer		1 to 10	1 to 20	1 to 5	10 to 40
Submersion Skimmers					
large	0.5 to 1	1 to 80	1 to 20		70 to 95
Suction Skimmers					
small	0.3 to 1	0.3 to 2			3 to 10
large trawl unit		2 to 40			20 to 90
large vacuum unit		3 to 20	3 to 10		10 to 80
Vortex/Centrifugal Skimmers					
centrifugal unit	0.2 to 0.8	0.2 to 10			2 to 20

*Recovery rate depends very much on the thickness of the oil, type of oil, sea state, and many other factors

** This is the percentage of oil in the recovered product. The higher the value, the less the amount of water and thus the better the skimmers' performance