

Öljyvahinko sisävesistössä

Vertailussa sulan ja jäätyneen veden öljyvahingot

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2024

Hanna Timonen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Hanna Timonen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 28	Valmistumisaika 2024
Työn nimi Öljyvahinko sisävesistöissä Vertailussa sulan ja jäätyneen veden öljyvahingot		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), Ympäristötekniikan koulutus		
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kahta eri Saimaalla tapahtunutta öljyvahinkoa. Työn teoriaosuudessa kuvaillaan öljyjen eri ominaisuuksia ja kerrotaan yleisimmistä öljytyypeistä. Vertailun öljyvahingot tapahtuivat eri vuodenaikoihin ja työn tavoitteena oli löytää eroja öljyjen käyttäytymisessä ja leviämisessä eri olo suhteissa. Työ tehtiin yhteistyössä Etelä-Karjalan pelastuslaitoksen kanssa.</p> <p>Työ toteutettiin keräämällä tietoa öljyistä ja öljyvahingoista käyttämällä kirjallisia ja suullisia lähdetietoja. Lisäksi kerättyjä tietoja pyrittiin havainnollistamaan taulukoin ja karttakuvoin. Saatuja tietoja käytettiin öljyvahinkojen vertailussa.</p> <p>Vertailussa huomattiin sulan veden vahingossa öljyn levinneen laajemmalle alueelle kuin Saimaan ollessa jäässä. Sulan veden aikaan öljy on muun muassa heti alttiina säistymiselle. Jääkannen alla öljyn leviäminen on hitaampaa.</p> <p>Öljyjen ominaisuuksien tunteminen on tärkeää öljyntorjunnan toteuttamisessa vaikkakin tärkeintä on öljyvahinkojen ennaltaehkäisy.</p>		
Asiasanat Ympäristö, öljyvahinko, Saimaa		

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Hanna Timonen	Thesis, UAS	2024
	Number of Pages	
	28	
Title of Publication		
Oil spill in freshwater		
Comparisons in different seasons		
Degree, Field of Study		
e.g. Environmental Engineering (UAS)		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to evaluate and compare two different oil spills in the Saimaa Lake region. The oil spills occurred during different seasons and the aim of the study was to find differences in the evolution and spread of the oil in different conditions. The work was done in cooperation with the South Karelia Fire Department.</p> <p>The study was carried out by collecting information on oils and oil spills. The information was gathered from literature and through interviews. In addition, data charts and maps were used to illustrate these findings. The information obtained was used to compare oil spills.</p> <p>Based on these comparisons, it was found that in the case of an oil spill during warmer seasons, the oil spreads faster and over a wider area than in the case of an oil spill during colder seasons when the water freezes. In short, the time of year plays a significant role in the behavior and spread of oil.</p>		
Keywords		
environment, oil spill, Saimaa Lake		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Ympäristöntila ja -riskit.....	3
2.1	Ympäristön tila.....	3
2.2	Yleistä ympäristövahingoista	3
2.2.1	Yleistä öljyvahingoista	4
2.2.2	Öljyntorjunta	4
3	Yleistä öljy-yhdisteiden ominaisuuksista	6
3.1	Yleisiä öljy-yhdisteitä	6
3.1.1	Moottoribensiini	7
3.1.2	Kevyt polttoöljy ja dieselöljy	8
3.1.3	Raskaat polttoöljyt	9
3.2	Öljyjen ominaisuudet	10
4	Käytetyt menetelmät.....	13
5	Työssä esitellyt öljyvahingot.....	14
5.1	Vahinkoalue.....	14
5.2	Öljyvahinko 1	14
5.2.1	Olosuhteet	14
5.2.2	Haitta-aine	15
5.2.3	Öljyvahingon eteneminen	15
5.3	Öljyvahinko 2.....	17
5.3.1	Olosuhteet.....	17
5.3.2	Haitta-aine	17
5.3.3	Öljyvahingon eteneminen	18
5.4	Öljyvahinkojen vertailu.....	20
6	Yhteenveto ja pohdinta	24
	Lähteet	25

1 Johdanto

Ympäristön laadulla on suuri merkitys ihmisten ja luonnon hyvinvoinnille. Suomessa ympäristön tilaa pidetään kansainvälisellä tasolla hyvänä. Ympäristön tilaa uhkaa ilmansaasteiden lisäksi esimerkiksi ympäristövahingot. (Suomen ympäristökeskus 2022b.)

Pelastuslaitoksen resurssi- ja tilastojärjestelmän Pronton (2022) mukaan Suomessa vuonna 2022 tapahtui 2686 öljyvahinkoa. Suurimmassa osassa öljyvahinkoja ympäristöön pääsee kuitenkin vain pieni määrä öljyä (Gråsten & Kiukas 2004, 5). Öljyvahingolla tarkoitetaan ympäristövahinkoa, jossa veteen tai maaperään joutuu öljyä (Sanastokeskus).

Öljyvahinkojen torjuntaan on luotu useita toimintamalleja ja ohjeita eri vesistöalueille, muun muassa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun hankkeessa toteutettu SÖKÖSuomenlahti Öljyntorjunnan toimintamalli (2018). Suuri osa saatavilla olevista toimintamalleista ja tutkimuksista on tehty tai ne käsittelevät merellä tapahtuvia öljyvahinkoja.

Tämän työn tarkoituksena on tarkastella öljyvahinkoja Suomen sisävesillä eri vuoden aikoina. Työssä kerrotaan mineraali- ja maaöljyjen ominaisuuksista ja haittavaikutuksista keskittyen öljymuotoihin, joita vesistöillä sattuvissa öljyvahingoissa useimmiten esiintyy (Fingas 2011, 56). Työssä esitellään kaksi eri öljyvahinkoa. Sulanveden ja jäätyneen veden aikaan tapahtuneet öljyvahingot. Opinnäytetyössä pyritään tuomaan esille eroavaisuuksia öljyn käyttäytymisessä ja haittavaikutuksissa sulan veden ja jäätyneen veden aikaan, ja kuinka vuodenaika vaikuttaa öljyn leviämiseen sisävesillä. Työssä ei huomioida öljytorjuntamenetelmien toimivuutta esimerkki tapauksissa.

Opinnäytetyössä hyödynnettävät lähteet käsittelevät pääosin merivedessä tapahtuvia öljyvahinkoja, joita pyritään soveltamaan tähän työhön. Ero makean veden ja suolaisen veden välillä tulee kuitenkin tuloksia tarkastellessa ottaa huomioon. Lähdetietojen öljyvahingot ovat pääosin oletettuja alusöljyvahinkoja. Jäänalapinnan muotojen mahdollista vaikutusta öljyn leviämiseen ei tulla huomioimaan.

Ympäristönsuojeluun liittyy paljon erilaisia ohjeita, lakeja ja asetuksia. Öljyntorjuntaa koskeva laki on osana pelastuslakia 379/11 ja öljyvahinkotilanteessa öljyntorjunnasta vastaa kyseisen hyvinvointialueen pelastustoimi. Tässä opinnäytetyössä lakien ja asetusten käsittely on rajattu pois.

Työn alussa käsitellään lyhyesti ympäristön tilaa ja ympäristövahinkoja. Ympäristövahingoista nostetaan esille kemikaali- ja öljyvahinko hieman tarkemmin. Seuraavat kappaleet käsittelevät yleistietoa öljyistä, öljytyypeistä ja niiden ominaisuuksista. Öljyvahinkojen käsittelyä jatketaan esittelemällä kaksi Saimaalla tapahtunutta öljyvahinkoa. Öljyvahingoista

kerrotaan yleistiedot tapahtumien kulusta ja haitta-aineiden ominaisuuksista. Vahinkotapahtumia vertaillaan lopuksi keskenään.

2 Ympäristötila ja -riskit

2.1 Ympäristön tila

Ympäristön tilalla on suuri vaikutus ihmisten hyvinvointiin. Suomessa asuinympäristöt ovat kansainvälisellä mittapuulla enimmäkseen viihtyisiä ja terveellisiä. Ilma on pääosin puhdasta ja pohjavesissä eikä maaperässä esiinny yleensä haitallisia aineita. Asutuskeskuksissa esiintyy eniten ympäristöhaittoja, kuten ilmanlaadun heikkeneminen, meluhaitat sekä lähiluonnon kuluminen. (Suomen ympäristökeskus 2022b.) Ympäristötilaa uhkaa erilaiset ympäristöriskit, joilla tarkoitetaan ihmisen terveyteen, elin- ja työympäristöön sekä muihin eliöihin ja fyysiseen ympäristöön kohdistuvia riskejä. Ympäristöriski voi olla esimerkiksi äkillinen toimintahäiriö tai piilevä riski kiinteistön aiemman käytön seurauksena. (Suomen riskienhallintayhdistys.)

Ilmansaasteet ovat tällä hetkellä Euroopan suurin ympäristöterveysriski ja vaikuttavat asutuskeskusten ympäristötilan laatuun. Ilmansaasteille altistuminen voi aiheuttaa monenlaisia sairauksia, kuten astman pahenemisen tai keuhkosyövän. Ilmanlaadun heikkenemiseen vaikuttavat epäpuhtaudet voivat olla ihmisen toiminnasta aiheutuvia tai luonnollisia. Luonnollisia lähteitä ovat esimerkiksi tuulen puhaltama pöly ja tulivuorenpurkaukset. Maataloudesta ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutuvat ilmansaasteet ovat ihmisen toiminnasta aiheutuvia saasteita. (European Environment Agency.)

Ihmisten terveydelle ja hyvinvoinnille on erittäin tärkeää puhdas juomavesi, sanitaatio ja hygienia. Epäpuhdas juomavesi tai saastuneet pintavesistöt voivat aiheuttaa ihmisille terveyshaittoja. (World Health Organization.) Suomen ympäristökeskuksen Vesien tilan ja seurannan mukaan Suomen vesistöjen ekologinen tila oli vuoden 2019 arvion mukaan melko hyvä ja pohjavesialueista ainoastaan alle 10 % on riskialueita. Vesistöjen suurimpana ongelmana on liettyminen ja rehevöityminen. Vesistöjä ja erityisesti pohjavesien tilaa uhkaa ihmisen toiminnan seurauksena syntyvät saasteet ja ympäristövahingot. (Suomen ympäristökeskus 2022c.)

2.2 Yleistä ympäristövahingoista

Ympäristön tilaa uhkaa myös erilaiset ympäristövahingot. Ympäristövahingolla tarkoitetaan tapahtumaa, jonka seurauksena ympäristölle haitallista ainetta joutuu tai uhkaa päästä ympäristöön aiheuttaen vaaraa tai haittaa ympäristölle sekä ihmisten terveydelle. (Ympäristöministeriö a.)

Ympäristövahinko voi kohdistua muun muassa pohja- ja pintaveteen, ilmaan tai maaperään (Ympäristöministeriö a). Osa ympäristövahingoista voi tapahtua huomaamatta tai viiveellä,

jolloin vaikutukset voidaan havaita vasta vuosikymmentenkin kuluttua. Maaperän ja pohjavesien pilaantumisen voi aiheuttaa esimerkiksi ilman tai vesien mukana kulkeutuvat haitta-aineet. Pidempiaikaiseen haitta-aine altistumiseen voi johtaa esimerkiksi ampumaradan tai jätehuollon puutteellinen ja luvaton toiminta. Viimeisimmin mainittu, on yleisin maaperän pilaantumisen syy Euroopassa ja Suomessa. (Suomen ympäristökeskus 2022a.)

Pohjaveden laatuun vaikuttaa myös maaperän kautta kulkeutuvat haitta-aineet tai maaperän pilaantuminen. Näin ollen ympäristövahingon sattuessa on sen hallintaan saaminen nopeasti erittäin tärkeää, jolloin vahingon aiheuttamat vaikutukset voidaan minimoida. (Suomen ympäristökeskus 2022a.)

2.2.1 Yleistä öljyvahingoista

Onnettomuus- tai muussa häiriötilanteessa voi tapahtua öljy- tai kemikaalipäästön seurauksena ympäristövahinko (Ympäristöministeriö a). Useimmiten öljy- tai kemikaalivahingot aiheutuvat kuitenkin teollisesta tai muusta laitosmaisesta toiminnasta. Lisäksi näiden toimintojen kuljetukset aiheuttavat öljyvahinkoja. Yksityishenkilöiden aiheuttamat öljyvahingot ovat usein pienempiä ja voivat aiheutua esimerkiksi öljysäiliöiden ylitäytöstä. (Tuomainen ym. 2021, 13.) Suurin osa ympäristövahingoista tapahtuu maalla (Gråsten & Kiukas 2004, 19).

Öljyvahinkoalueiden hoitamatta jättäminen voi aiheuttaa terveys- tai ympäristöriskin. Ne voivat aiheuttaa pohjaveden tai maaperän pilaantumista sekä uhkaa eläimille, ihmisille ja luonnolle. (Gråsten & Kiukas 2004, 5.)

Öljyvahingon vaikutukset luontoon voivat olla erittäin suuret (WWF Suomi 2013, 4). Torjuntatoimien nopeudella ja riittävyydellä on suuri vaikutus vahingon seurauksiin, sillä yksittäisessä öljyvahingossa vuodon suuruus voi olla jopa tuhansia litroja (Tuomainen ym. 2021, 25). Öljy vaikuttaa haitallisesti kaikkiin lajeihin ja lisäksi veden käyttöön. Luonnonveteen päästessään öljy voi kerääntyä esimerkiksi lintujen höyhenpeitteeseen, jolloin se voi vaikuttaa linnun lento- tai sukelluskykyyn ja johtaa pahimmillaan linnun menehtymiseen. Osa öljyistä voi myös kertyä eliöiden elimistöön. (WWF Suomi 2013, 4.)

2.2.2 Öljytorjunta

Öljytorjuntaa koskeva laki on osana pelastuslakia 379/2011. Öljyvahinkotilanteessa sisävesillä hyvinvointialueen pelastustoimi vastaa torjunnasta pelastuslain mukaisen pelastustoiminnan aikana (Ympäristöministeriö a). Alkuvaiheen torjuntaan kuuluu vahingon rajoittaminen, lisävahinkojen estäminen sekä öljyn kerääminen ja siihen liittyvä logistiikka (Alusöljyvahingon torjuntaan liittyvät lait ja luvat 2018, 9).

Välttämättömien torjuntatoimien jälkeen siirrytään pelastustoiminnan johtajan päätöksellä jälkitorjuntaan (Rajavartiolaitos 2022, 29). Yleisesti jälkitorjuntaan siirrytään, kun vahingon rajoittamiseksi tehdyt torjuntatoimet on tehty ja öljyn leviämisen vaaraa ei enää ole. Jälkitorjunnasta vastaa tarvittaessa kunta, yhteistyössä kunnan eri laitosten ja viranomaisten kanssa. Jälkitorjunnalla tarkoitetaan öljyntorjuntaa, jonka tarkoituksena on puhdistaa ja kunnostaa öljyn saastuttama maaperä, pohjavesi ja ranta-alueet. (Öljyntorjuntaorganisaation järjestäytyminen ja henkilöstöhallinto 2021, 8.)

3 Yleistä öljy-yhdisteiden ominaisuuksista

3.1 Yleisiä öljy-yhdisteitä

Raaka öljyt ovat hiilivety- yhdisteiden seoksia. Hiilivety-yhdisteet koostuvat vedystä ja hiilestä ja jotka toimivat öljyjen pääaineina. Öljyt sisältävät myös vaihtelevia määriä happea, rikkiä ja typpeä. Metalleja, kuten vanadiinia, nikkeliä ja kromia esiintyy myös joskus öljyissä, kuten myös mineraalisuoloja. Öljyseoksia voidaan luokitella myös niiden rakenteen perusteella (Kuva 1). (Fingas 2013, 33.)

Ryhmä	Yhdistelmäluokka	Bensiini	Diesel	Kevyt raakaöljy	Raskas raakaöljy
Tyydyttyneet		56-60	65-95	55-90	25-80
	Alkaanit	45-55	35-45	40-85	20-60
	Sykloalkaanit	5	25-50	5-35	0-10
Olefiinit		5-10	0-10		
Aromaattiset		25-40	5-25	10-35	15-40
	BTEX	15-25	0.5-2.0	0.1-2.5	0.01-2.0
	PAH		0-5	10-35	15-40
Polaariset yhdisteet			0-2	1-15	5-40
	Hartsit		0-2	0-10	2-25
	Asfalteenit			0-10	0-20
Rikki		0.02	0.1-0.5	0-2	0-5
Metallit				30-250	100-500

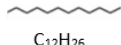
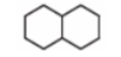

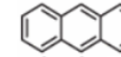
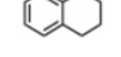
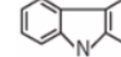
Numerot prosentteina (%), lukuunottamatta metalleja, jotka on yksikössä ppm

Kuva 1. Joidenkin öljyjen ja polttoaineiden koostumuksia (mukailtu Fingas 2013, 36)

Öljyissä esiintyviä hiilivetyrakenteita ovat polaariset, aromaattiset ja tyydyttyneet yhdisteet (Kuva 2). Polaarisisilla yhdisteillä on merkittävä molekyylinen varaus. Tämä varaus johtuu yhdisteiden, kuten rikin, hapen tai typen kanssa tapahtuvasta sitoutumisesta. Suurempia polaarisia yhdisteitä kutsutaan asfalteeneiksi, joilla voi olla runsaana määränä suuri vaikutus öljyn käyttäytymiseen. Pienempiä polaarisia yhdisteitä kutsutaan hartseiksi, joilla on vaikutus öljyn kiinnittymiseen. (Fingas 2013, 33–34.)

Öljyjen tyydyttyneiden komponenttien ryhmä koostuu pääasiassa alkaaneista, jotka ovat hiili- ja vety-yhdisteitä. Näissä hiileen on sitoutunut mahdollisimman monta vetyatomia, jolloin hiilet ovat ns. vedyllä tyydyttyneitä. Sykloalkaanit kuuluvat myös tyydyttyneiden yhdisteiden ryhmään. Nämä yhdisteet koostuvat samoista hiili- ja vetyaineuksista, mutta niiden hiiliatomit ovat sitoutuneet toisiinsa ympyröiksi tai renkaiksi. (Fingas 2013, 33–34.)

Aromaattisiin aineisiin kuuluu vähintään yksi bentseenirengas, joka muodostuu kuudesta hiilestä. Aromaattiset yhdisteet ovat usein hyvin pysyviä, joten niillä voi olla pysyviä vaikutuksia ympäristöön. Tyypillisiä aromaattisia yhdisteitä ovat bentseeni eli BTEX-yhdisteet, tolueni ja ksyleeni yhdisteet. PAH-yhdisteet, eli polyaromaattiset hiilivedyt, koostuvat vähintään kahdesta bentseenirenkaasta. (Fingas 2013, 33–34.)

Ryhmittymät	Esimerkki luokat, nimet ja yhdistelmät			
	Kemikaaliluokka	Vaihtoehtoinen nimi	Kuvaus	Esimerkki yhdisteet
Tyydyttyneet	Alkaanit	Parafiinit		Dodekaani  C ₁₂ H ₂₆
	Sykloalkaanit Vahat	Nafteenit	N-alkaanit C ₁₈ -C ₈₀	Dekaliini 
Aromaattiset	BTEX		Bentseeni, tolueni, etyylibentseeni, ksyleeni	Bentseeni 
	PAH			Antraseeni 
	Naftaleeni		Aromaattisten aineiden ja sykloalkaanien yhdistelmät	Tetraliini 
Hartsit	Enimmäkseen poikkeavia polaarisia yhdisteitä, jotka sisältävät joskus happea, typpiä, rikkiä tai metalleja			Karbatsoli 
Asfalteenit	Suurten poikkeavien yhdisteiden luokka, sisältäen joskus happea, typpiä, metalleja tai rikkiä			Rakenne ei tiedossa

Kuva 2. Öljyn kemialliset yhdisteet (mukailtu Fingas 2013, 34)

3.1.1 Moottoribensiini

Moottoribensiini on helposti syttyvä C₄-C₁₂ hiilivetyjen seos. Moottoripolttoaineena käytettävä moottoribensiini on kellertävä neste, jolla on tyypillinen aromaattinen ja eetterimäinen haju. Bensiinin koostumus sisältää 40 % aromaattisia hiilivetyjä ja ei-aromaattisia hiilivetyjä 60 %. Bensiinissä käytetään myös lisäaineita, kuten ruosteenestoaineita, jäähtymisenestoaineita, hapettumisenestoaineita sekä moottoreita puhtaana pitäviä lisäaineita. Käytettävät lisäaineet vaihtelevat bensiinilaadun mukaan. (Työterveyslaitos a.)

Moottoribensiini on helposti haihtuvaa ja ympäristöön joutuessaan se haihtuu helposti pintavedestä ja maanpinnasta. Haihtuvat hiilivedyt voivat aiheuttaa reaktioita muiden ilman epäpuhtauksien kanssa, jotka voivat aiheuttaa vaurioita kasveille ja eläimistöille. Moottoribensiinin haihtuminen hidastuu kylmissä olosuhteissa. (Työterveyslaitos a.)

Osa bensiinin komponenteista on veteen liukoisia, osa liukenemattomia ja osa niukkaliukoisia, joten sen liukoisuus vaihtelee koostumuksen mukaan. Vesieliöille bensiini on myrkyllistä. Myös osa moottoribensiinin lisäaineista on haitallisia tai myrkyllisiä vesieliöille. Ympäristölle aiheutuvat kokonaisvaikutukset riippuvat bensiinin koostumuksesta. Moottoribensiinissä käytettävien lisäaineiden kaikkia vaikutuksia ympäristölle ei tunneta. (Työterveyslaitos a.)

Moottoribensiinin sisältämät aromaattiset komponentit ksyleeni, bentseeni ja tolueeni ovat kaikki myrkyllisiä vesieliöille. Esimerkkinä niiden akuutit LC50-arvot kalalle ovat 5,5–77 mg/l (96 h). Bentseeni ei kuitenkaan kerry vesieliöihin tai kiinnity sedimenttiin. Laskentamallien mukaan metrin syvyisessä joessa ksyleenin, bentseenin ja tolueenin pitoisuudet puoliintuvat noin 3–6 tunnissa. Ne ovat myös veteen niukkaliukoisia. (Työterveyslaitos a.) Aromaattisiin hiilivetyihin voidaan viitata myös nimityksellä BTEX, joka sisältää edellä mainittujen lisäksi etyylibentseenin. Moottoribensiinistä 40 % on enimmäkseen aromaattisia hiilivetyjä. (Fingas 2011, 53.)

Ei aromaattinen komponentti MTBE eli metyyliertiaäributyylieetteri on bensiinin lisäaineista liukoisin (42 g/l 20 °C:ssa) ja veden lämpötilan laskiessa sen liukoisuus kasvaa (80 g/l 0 °C:ssa). Myrkyllisyys vesieliöille on kuitenkin vähäinen, akuutti LC50-arvo kalalle 672–980 mg/l (96 h). Toinen ei aromaattinen komponentti TAME eli ter-amyylimetyylieetteri liukenee niukasti veteen (11 g/l 20°C:ssa) ja on vesieliöille hieman myrkyllisempää kuin MTBE, sen akuutti LC50-arvo on kalalle 580 mg/l (96 h). TAME haihtuu pintavedestä helposti ilmaan. MTBE:tä ja TAME:a käytetään bensiinissä parantamaan hiilivetyjen palamista. (Työterveyslaitos a.) Moottoribensiinistä enimmäkseen 60 % on ei aromaattisia hiilivetyjä (Fingas 2011, 53).

Hitaan biologisen hajoavuutensa ja vesieliöille vaarallisuutensa vuoksi, moottoribensiini luokitellaan The oil companies' European organization for environment and health protection, myöhemmin CONVAWE, luokitusehdotuksen mukaan ympäristölle vaaralliseksi. (Työterveyslaitos a.)

3.1.2 Kevyt polttoöljy ja dieselöljy

Työterveyslaitoksen Onnettomuuden vaaraa aiheuttavien aineiden ohjeiden mukaan kevyt polttoöljy ja dieselöljy ovat maaöljytuotteiden ja lisäaineiden seoksia. Kevyt polttoöljystä 0–50 % on polttoöljy no.4 ja 50–100 % polttoöljy no.2. Haarautumattomista C₁₆-C₁₉ alkaaneista koostuvalla kevyt polttoöljyllä on bensiinin omainen haju ja se on värjätty punaiseksi. Kevyttä polttoöljyä käytetään vene- ja työkonemoottorien polttoaineena sekä lämmityspolttaineena.

Dieselöljy koostuu pääasiassa C₉-C₂₅ hiilivedyistä, mutta nykyisin se voi sisältää myös biopohjaisia komponentteja. Dieselöljyssä on noin 65–95 % parafiineja ja nafteneja, 5–30 % aromaattisia hiilivetyjä sekä korkeintaan 10 % olefiineja. Dieselöljyllä on mieto hiilivetyjen haju ja sitä käytetään dieselmootoreissa polttoaineena. Toisin kuin kevyt polttoöljy, dieselöljyä ei ole värjätty ja se on väritään kirkasta tai kellertävää. Dieselöljyä on kesä – ja talvilaatuisina. (Työterveyslaitos a.)

Kevyt polttoöljy ja diesel ovat palavia nesteitä. Myös lämpimistä nesteistä muodostuva höyry voi aiheuttaa ilman kanssa syttyvän seoksen. (Työterveyslaitos a.) Kevyet polttoöljyt ja dieselöljy sisältävät BTEX-yhdisteitä, joka aiheuttaa muun muassa nesteiden myrkyllisyyden tai haitallisuuden vesieliöille (Fingas 2011, 890). Kevyt polttoöljy ja dieselöljy liukenevat jonkin verran veteen (< 50 mg/l) ja haihtuvat osittain pintavedestä ilmaan. Nesteet eivät ole biologisesti hajoavia mutta aerobisissa olosuhteissa ne hajoavat vedessä. Hajoamista hidastaa komponenttien sitoutuminen sedimenttiin ja orgaaniseen ainekseen. (Työterveyslaitos a.)

Vesieliöihin kevyt polttoöljy on erittäin kertyvää, kun taas dieselöljyn komponenteista vain osa on vesieliöihin kertyviä. Huonon hajoavuutensa ja vesieliömyrkyllisyyden perusteella molemmat nesteet on luokiteltu CONCAWE:n luokitusehdotuksessa ympäristölle vaaralliseksi. (Työterveyslaitos a.)

3.1.3 Raskaat polttoöljyt

Raskas polttoöljy on jäähtyessään jäykkäliikkeiseksi jähmettyvä ja kuumennettuna juokseva musta neste (Työterveyslaitos a). Tyypillisesti raskas polttoöljy koostuu likimääräisesti C₂₀-C₄₅ hiilivedyistä (Fingas 2011, 57). Raskasta polttoöljyä käytetään laivojen ja voimalaitosten polttoaineena. Raskaalla polttoöljyllä on voimakas haju, ja se kuljetetaan ja varastoidaan lämmitettynä. Raskaspolttoöljy on palava neste ja palaessaan se muodostaa muun muassa rikkidioksidia. (Työterveyslaitos a.)

Raskas polttoöljy on lähes liukenematon veteen ja ympäristöön päästessään haihtumaton neste. Veteen joutuessaan raskaan polttoöljyn raskaimmat komponentit painuvat vesistön pohjaan ja sedimentoituvat. Lisäksi ne absorboituvat vedessä oleviin hiukkasiin. Hiilivetyjä jäämät, jotka ovat absorboituneet, voivat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia pohjasedimentin eliöille. Raskas polttoöljy on hitaasti hajoavaa ja jotkut ainesosat ovat jopa hajoamattomia sekä haitallisia vesieliöille. Todennäköisesti raskas polttoöljy on kertyvää. Tahraava öljy voi aiheuttaa linnuille ja kasveille haitallisia vaikutuksia suorassa kosketuksessa. Vesieliöhaitallisuuden ja huonon hajoavuuden perusteella, raskas polttoöljy on CONCAWE:n luokitus ehdotuksen mukaan haitallista ympäristölle. (Työterveyslaitos a.)

3.2 Öljyjen ominaisuudet

Öljy vaikuttaa vesistöön ja luontoon monin eri tavoin. Öljyvahingon aiheuttamat vaikutukset vesistöön riippuvat öljytyypistä, öljypäästön määrästä, sääolosuhteista ja vuodenaajasta. Vahingon aiheuttamiin vaikutuksiin vaikuttaa myös ajautuuko öljy rantaan vai jääkö öljy vesistöön. (Meriturvallisuuden ja -liikenteen tutkimuskeskus 2013, 4). Öljytyypeillä on vaihtelevat ominaisuudet ja öljyvahingon sattuessa kiinnitetään torjuntatoimissa erityistä huomiota mm. aineen leimahduspisteeseen, viskositeettiin, jäähmepisteeseen, sekoittumiseen veteen, tiheyteen sekä haihtumiseen (taulukko 1). (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 12.)

Leimahduspiste

Leimahduspisteellä pyritään kuvaamaan nesteen tulenarkuutta. Leimahduspiste on alin lämpötila, jossa kaasua erottuu nesteestä niin paljon, että se muodostaa ilman kanssa seoksen, joka syttyy, kun sen lähelle tuodaan avoliekki. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 12.) Neste ei jää leimahduksen jälkeen palamaan (Neste 2021, 6). Leimahduspisteen huomiointi on tärkeää erityisesti öljyvahingon alkuvaiheessa, jolloin kevyemmät yhdisteet eivät ole vielä haihtuneet (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 12).

Viskositeetti

Viskositeetin perusyksikkö on Stoki, lyhenne St. Viskositeetista käytetään useimmiten käytännöllisempää yksikköä cSt, joka vastaa SI-järjestelmässä yksikköä mm²/s. (Teboil 2022, 5.) Viskositeetilla kuvataan nesteen virtauskykyä. Esimerkiksi hunajalla on korkea viskositeetti ja se juoksee hitaasti, kun taas vedellä on matala viskositeetti ja se juoksee nopeasti (Fingas 2011, 54). Näin ollen öljyt, joilla on alhainen viskositeetti ovat juoksevampia kuin korkeamman viskositeetin omaavat öljyt. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 12.)

Lämpötila vaikuttaa öljyn viskositeettiin. Taulukossa 1, jossa esitellään tyypillisimpien öljyjen ominaisuuksia, viskositeetti on annettu 15 asteen lämpötilassa. Taulukossa esitellään eri öljyjen ja veden ominaisuuksia. Lämpötilan laskiessa öljyn viskositeetti laskee eli öljy ohenee (Neste 2021, 6). Öljyvahingon sattuessa viskositeetti ja sen muuttuminen vaikuttaa öljyn leviämiseen vedessä ja kuinka paksu on mahdollisesti muodostuva öljylautta (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 12).

Tyypillisiä öljyjen ominaisuuksia						
Ominaisuus	Yksikkö	Vesi	Moottoribensiini	Dieselöljy	Kevyt polttoöljy	Raskas polttoöljy
Leimahduspiste	°C		-46	62-65	70-85	80
Viskositeetti	cSt tai mm ² /s 15°C	1.1386	0.5	5-50	2	50-50 000
Jähmepiste	°C		Ei relevantti	-35 - -10	-40 - 30	-40 - 30
Liukeneminen veteen			Vaihteleva	Jonkin verran (< 50mg/l)	Niukkaliukoinen	Lähes liukenematon
Tiheys	g/cm ³ 15°C	0.9991	0.72-0.77	0.8	0.8-0.9	0.9-1.0

Taulukko 1. Tyypillisiä öljyjen ominaisuuksia (mukailtu Anton Paar; Fingas 2011, 56; Sepänen ym. 1991, 81; Työterveyslaitos)

Jähme- ja sameuspiste

Jähmepisteellä kuvataan lämpötilaa, jolloin aine lakkaa juoksemasta. Öljyn jähmepiste riippuu öljyn asfalteeni- ja vahapitoisuudesta. Öljyn lämpötilan laskiessa, vahapartikkelit alkavat kiteytyä ja öljy jäykistyy. Vahapartikkeleiden kiteytyminen aiheuttaa öljyn juoksevuuden vähenemisen ja öljy muuttuu puolikiinteäksi tai kiinteäksi. Jähmepistettä käytetään arvioimaan esimerkiksi öljyn kiinteytymistä tai sen muuttumista geelimäiseksi kylmässä vedessä. Öljy todennäköisesti kiinteytyy, jos veden lämpötila on 5–10 astetta matalampi kuin öljyn jähmepiste. (Neste 2021, 6; Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 13.)

Samepisteellä kuvataan lämpötilaa, jolloin öljy alkaa muodostamaan kiteitä. Parafiinit alkavat kiteytyä samepistettä alhaisemmassa lämpötilassa ja öljyssä alkaa esiintyä vahamaisuutta. Vesistö öljyvahingon sattuessa same- ja jähmepiste vaikuttavat öljyntorjuntaan sillä öljyn lämpötilan ollessa matalampi kuin sen jähmepisteen, öljyn pumppaus ja imu on tehontonta. Erityisesti samepisteellä on merkitystä käytettäessä viskositeetin vaihteluille herkkiä skimmereitä tai keräysjärjestelmän sisältäessä suodattimia. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 13.)

Tiheys

Öljyn tiheys ilmoitetaan yleensä yksikkönä g/cm³ lämpötilassa +15°C tai +20°C (Fingas 2011, 57; Neste 2021, 6). Öljyn tiheyteen vaikuttaa öljyn laatu, jäykkyys ja lisäaineistus (Neste 2021, 6). Veden maksimitiheys on 1,0 g/cm³, joka saavutetaan jo +4°C lämpötilassa. Veden lämpötilan kasvaessa tiheys pienenee. Veden jäätyessä lämpötilassa 0°C, veden tiheys on n. 0,917 g/cm³. Veden tiheys siis alkaa pienentyä +4 °C molemmin puolin. Lämpötilan kasvaessa tiheysero suurenee. (Kettunen ym. 2008, 17.) Useimpien öljyjen tiheys

on pienempi kuin makean veden tiheys, jolloin öljy yleensä kelluu veden pinnalla. Veteen vuotaneen öljyn tiheys kuitenkin kasvaa, kevyempien partikkeleiden haihtuessa. (Fingas 2011, 57.)

Haihtuminen

Öljyn haihtuminen vuodon sattuessa on voimakkaimmillaan ensimmäisen muutaman päivän aikana. Se vaikuttaa suuresti veteen jäävän öljyn määrään. Haihtumisen nopeus ja laajuus riippuu öljyn koostumuksesta ja tyypistä. (Fingas 2011, 188.) Päämekanismina öljyn haihtumisessa on molekyylien diffuusio nesteen sisältä nesteen pinnalle, jolloin öljylautan paksuus vaikuttaa suuresti haihtumiseen. Tästä syystä öljyn haihtumiseen vaikuttaa vain välillisesti öljylautan pinta-ala ja tuuli. Sen sijaan aika ja lämpötila ovat tärkeimpiä muuttujia, jotka vaikuttavat öljyn haihtumiseen. Lämpötilan ollessa matalampi haihtuminen hidastuu. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 13–29.)

Öljylautan paksuuden vaikuttaessa öljyn haihtumiseen, pyritään torjuntatoimissa puomituksella muun muassa rajaamaan ja estämään öljyn leviäminen, jolloin öljylautta pysyy paksimpana ja haihtuminen vähenee. Kerrospaksuus vaikuttaa myös öljyn kerättävyyteen. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 13.) Haihtumisaika vaihtelee kevyiden öljyjen osalta muutamasta päivästä, raskaampien tuotteiden osalta viikkoihin (Fingas 2011, 81).

Haihtumisella on vaikutusta myös jäljelle jäävän öljyn ominaisuuksiin, kuten viskositeettiin ja tiheyteen. Osan öljystä haihtuessa jäljelle jäävän öljyn viskositeetti ja tiheys kasvaa ja mahdollisuus emulsion mahdollisuuteen lisääntyy. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 15.)

4 Käytetyt menetelmät

Tähän työhön valikoitiin kaksi jo tapahtunutta öljyvahinkoa samalta vahinkoalueelta. Tiedot vahinkotapahtumista ja niiden etenemisestä saatiin Ympäristökonsultointi Niemeläinen Oy:ltä, joka toimi molemmissa vahinkotapahtumissa konsulttina sekä asiantuntijavalvojana. Vahinkotapahtumien kulusta ja öljyn leviämisestä saatiin myös tietoa Etelä-Karjalan pelastuslaitokselta. Kirjallisen tiedon lisäksi tapahtumien kulusta on keskusteltu Ympäristökonsultointi Niemeläisen ja pelastuslaitoksen edustajien kanssa.

Saaduista aineistoista kerättiin oleellimmat tiedot vahinkotapahtumista. Lisäksi apuna käytettiin muita kirjallisia lähteitä, esimerkiksi haitta-aineiden käyttöturvallisuustiedotteita. Aineistoja pyrittiin havainnollistamaan karttakuvien ja taulukoiden avulla.

5 Työssä esiteltyt öljyvahingot

5.1 Vahinkoalue

Kaakkois-Suomessa sijaitseva Saimaa on Suomen suurin järvi. Sen pinta-ala on 1377 km² ja keskisyyvyys 10,8 metriä. Saaria Saimaassa on 5484 kappaletta. Saimaan eteläistä osaa kutsutaan Pien-Saimaaksi, joka on luonnontilaisena karu ja kirkasvetinen vesistö. (Järvi-meriwiki 2022.)

Saimaan vesistö alueella esiintyy arvokkaita ja uhanlaisia lajeja. Nisäkkäistä tunnetuin on mahdollisesti saimaannorppa, jonka kantaa pyritään nostamaan aktiivisella suojelutoiminnalla. Uhanalaisia kalalajeja Saimaalla on esimerkiksi järvilohi, järvitaimen sekä saimaanieriä. Suur-Saimaalla esiintyy ainakin 32 eri kalalajia. (Järvi-meriwiki 2022.)

Saimaan vesistöllä on suuri kulttuuriarvo. Ensimmäiset asukkaat saapuivat Saimaalle yli 10 000 vuotta sitten. Riistamaat, hyvät kalavedet ja vesistöyhteydet houkuttelivat ihmisiä asettautumaan Saimaan rannoille. (Saimaa Geopark.) Vesistöjen ympärille muodostui teollisuutta ja asutusta. Nykyään Saimaalla on suuri merkitys matkailulle ja virkistyskäytölle (Leppänen 2023, 5, 12).

5.2 Öljyvahinko 1

Öljyvahinko 1 tapahtui 02.05.2016. Lappeenrannan Joutsenossa sijaitsevalta FC Power Oy:n voimalaitokselta pääsi vuotamaan hydraulioöljyä jäähdytysveden purkulinjaa pitkin Saimaan Kolarinlahteen. Vahinko tapahtui sulanveden aikaan. (Ympäristökonsultointi Niemiäinen 2016.)

Öljyvahinko 1 vahinkokohteen sijaitsee Saimaalla Arposenniemen länsipuolisella vesialueella (kuva 1). Putken purkupaikalta avautuu salmen kautta yhteys Saimaan selkävesille. FC Power Oy:n mukaan Kolarinlahteen päässeen öljyn määrä oli noin 1 m³. Öljyntorjuntaa toteutettiin vuotaneesta öljystä saatujen tietojen mukaisesti. (Ympäristökonsultointi Niemiäinen 2016.)

5.2.1 Olosuhteet

Öljyvahingon sattumisen aikaan ilman lämpötilan keskiarvo oli +8,8 °C, laskettuna viikko ennen ja jälkeen vahinkotapahtuman. Viikko vahingon jälkeen tuulen nopeus vaihteli välillä 1,2–2,4 m/s ja keskiarvo oli 1,8 m/s. Toisena viikkona vahingon jälkeen tuulen nopeus kasvoi ja vaihteli välillä 1,2–6,2 m/s, keskiarvon ollessa 4,2 m/s. Kovin puuskittainen tuuli oli tarkastellun jakson aikana kaakkoisuuntaan 7,9 m/s. (Ilmatieteenlaitos.)

5.2.2 Haitta-aine

Vuotaneen öljyn kauppanimi oli Teboil Turbine Oil XOR 32, 46, 68 (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2016). Kyseessä on käyttöturvallisuustiedotteen mukaan veteen liukenematon aine. Aineen suhteellinen tiheys on $0,86-0,88 \text{ g/cm}^3$ eli aine on vettä kevyempää. Aineen viskositeetti 40 asteessa on n. $32-68 \text{ mm}^2/\text{s}$.

Kyseisestä öljystä alle 25 % on 2,6-di-tert-butyylifenolia, johon on liitetty ympäristövaaroihin liittyvät vaaralausekkeet H400 ja H410, sekä terveydelle aiheuttaviin vaaroihin liittyvä lauseke H315. (Teboil 2015, 1; Työterveyslaitos b.) Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin vaaralausekelistauksen mukaan H400 tarkoittaa aineen olevan erittäin myrkyllistä vesieliöille ja H410 on erittäin myrkyllistä vesieliöille sekä sillä on pitkäaikaisia haittavaikutuksia. H315-lauseke tarkoittaa aineen ärsyttävän ihoa (Tukes).

Apuaineena käytettävää orgaanista liuotinta dimetyylisulfoksidi-uutosta on vuotaneessa öljyssä alle 3 % (Blevins ym. 2002; Teboil 2015, 1). Käyttöturvatiiedotteessa ainetta ei ole laskettu vaaraa aiheuttavaksi ainesosaksi.

5.2.3 Öljyvahingon eteneminen

Jäähdytysveden mukana Kolarinlahteen kulkeutunutta öljyä havaittiin purkuputken ympäristössä veden pinnalla. Ensitorjunnassa puomitettiin purkuputken ympäristöä ja saarrettiin purkuputken läheisyydessä havaittu öljy öljyntorjuntapuomeilla alkuhavaintojen perusteella. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2016.)

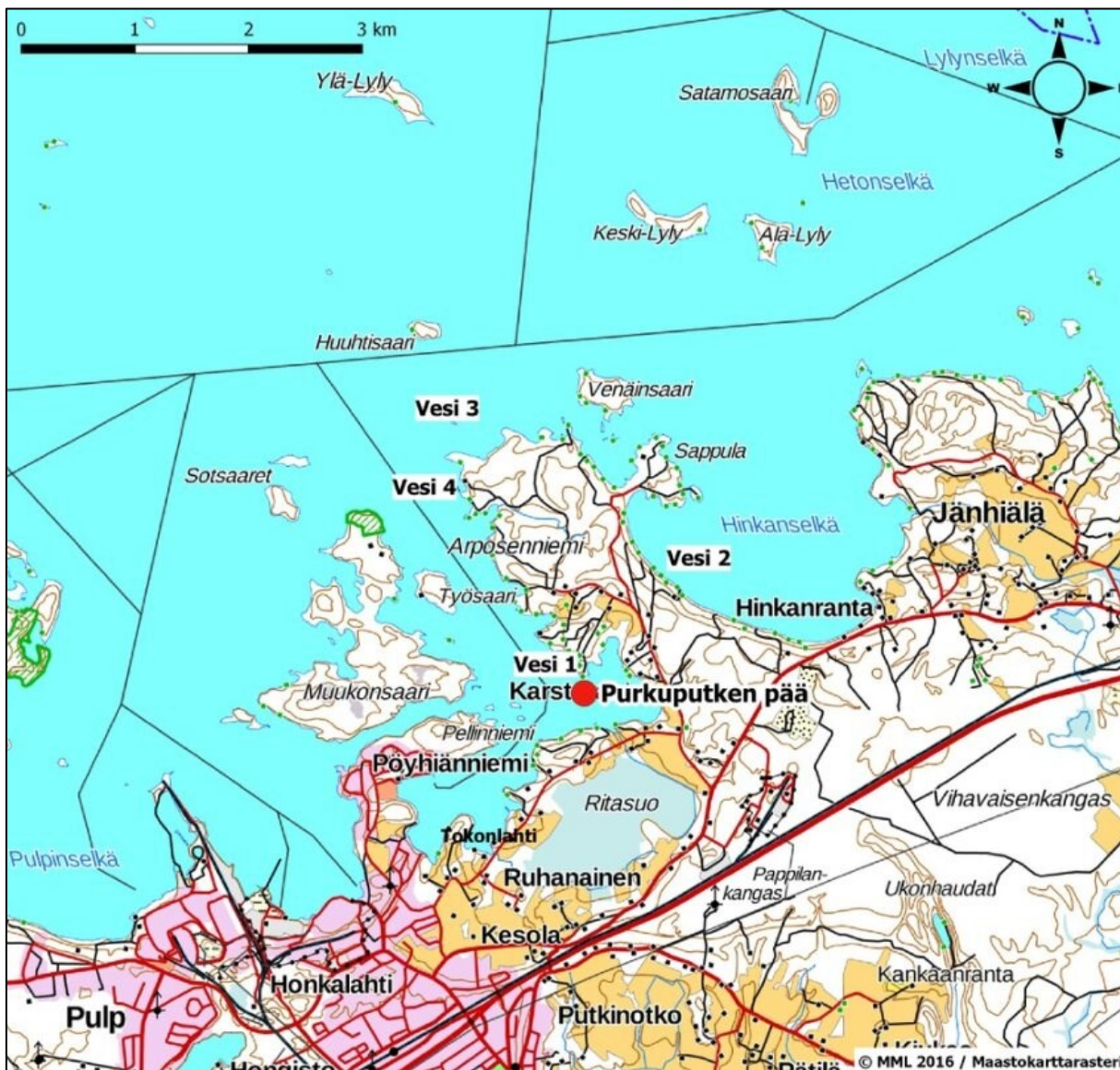
Purkuputken pää sijaitsee noin 4 metrin syvyydessä. Öljyn purkautuessa putken päästä, virtaukset kuljettivat öljyä ennen sen pintaan nousemista. Öljyn havaittiin levinneen puomituksia laajemmalle alueelle, jolloin puomitusta laajennettiin. Puomituksella pyrittiin estämään ja suojaamaan öljyn kulkeutuminen rantaan ja laajemmalle vesialueelle. Öljyn leviämistä seurattiin silmämääräisesti veneillä, helikopteri lennoilla ja kävellen rantoja pitkin. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2016.)

Vuorokausi vahingon sattumisen jälkeen havaittiin öljyn pakkautuneen Kolarinlahden itäosan ruohikoihin. Kaksi vuorokautta vahingon sattumisen jälkeen havaittiin öljyn muodostaneen kapeahkon yhtenäisen öljylautan Arposenniemen länsipuolelle. Lisäksi yksittäisiä pitkänomaisia lauttoja oli kulkeutunut Hinkanselälle. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2016.)

Suurin osa puomituksen sisälle jääneestä öljystä saatiin kerättyä öljyntorjunta aluksella ja rannoille sijoitetuilla imuautoilla, yhteensä noin 600 litraa. Ranta-alueita suojattiin

imeytymatoilla- ja puomeilla. Vesikasvustoa niitettiin lintujen mahdollisilla pesintäpaikoilla. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2016.)

Vahinkoalueelta otettiin vesinäytteet neljä vuorokautta öljyvahingon sattumisen jälkeen (Kuva 3). Vesinäytteistä tutkittiin öljyhiilivetyjen pitoisuuksia. Näytteet Vesi1-3 otettiin pintakerroksesta, joissa todettiin öljykalvoa. Näyte Vesi4 otettiin pinnan alapuolisesta kerroksesta. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2016.)



Kuva 3. Vesinäytteiden ottopaikkojen (Vesi1-4) ja purkuputken pään sijainnit (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2016)

Vesinäytteiden tuloksissa kevyiden öljyhiilivetyjen pitoisuus oli alle analyysimenetelmän määrittämissä 0,03 mg/l ja raskaampien öljyhiilivetyjen pitoisuudet olivat hieman koholla, välillä 0,07–0,41 mg/l. Heinäkuussa otetuissa seuranta-äytteissä kaikki pitoisuudet olivat alle edellä mainitun laboratorion analyysimenetelmän määrittämissä. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2016.)

5.3 Öljyvahinko 2

Öljyvahinko 2 tapahtui 16.04.2023. Lappeenrannan Joutsenossa sijaitsevalta Kemira Chemicals Oy:n tehtaalta vuoti jäähdytysveden mukana muuntaja öljyä Kolarinlahteen. Öljyvahinko tapahtui saman purkuputken kautta kuin öljyvahingossa numero 1. Saimaan ollessa jäässä talvikuukausina purkuputken ympäristö pysyy sulana noin 100-200 m² alueelta (Partanen 2023, 16).

Kemira Chemicals Oy:n mukaan Kolarinlahteen päässeen öljyn määrä oli noin 1,1 m³. Öljytorjuntaa toteutettiin vuotaneesta öljystä saatujen tietojen mukaisesti. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

5.3.1 Olosuhteet

Öljyvahinko 2 tapahtui järven ollessa yhä jäässä. Ilman lämpötilan keskiarvo oli +2,3 °C, laskettuna viikko ennen ja jälkeen öljyvahingon. (Ilmatieteenlaitos.) Tuulen nopeus vaihteli ilmatieteenlaitoksen mittaustietojen mukaan 2–5,1 m/s vahingon jälkeisellä viikolla, ja toisella viikolla 3,4–5,9 m/s.

5.3.2 Haitta-aine

Vuotaneen öljyn kaupp nimi on Nytro 10XN (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023). Kyseessä on käyttöturvallisuustiedotteen mukaan veteen liukenematon aine (Nynas 2022 a, 8). Aineen suhteellinen tiheys on 0,874–0,895 g/cm³ eli aine on vettä kevyempää. Aineen viskositeetti 40 asteessa on n. 7,6–8 mm²/s. (Nynas 2022 b.)

Nytro 10XN:n käyttöturvallisuustiedotteen mukaan aine on vähintään 97 % maaöljy tislettä ja vetykäsiteltyä kevyt naftteenista perusöljyä, johon on liitetty vaaralauseke H304. Terveydelle aiheutuviin vaaroihin liittyvä lauseke H304, ilmoittaa aineen voivan olla tappava nieltynä ja joutuessaan hengitysteihin (Työterveyslaitos b). Alle 0,3 % Nytro 10XN on 2,6-ditert-butyyli-p-kresoli, johon on liitetty ympäristövaaroihin liittyvät vaaralausekkeet H400 ja H410. (Nynas 2022a, 2.)

5.3.3 Öljyvahingon eteneminen

Öljyvahinko 2 tapahtuessa Saimaa oli jäässä. Purkuputken aiheuttaman virran vuoksi, purkuputken lähiympäristö oli sulaa ja siinä havaittiin öljyä. Etelä-Karjalan pelastuslaitos seurasi öljyn leviämistä kairaamalla avantoja jäähän, jolloin jään alle nousut öljy ilmaantui veden pintaan. Vuorokausi vahingon sattumisen jälkeen öljyä havaittiin noin 500 metrin päässä purkuputkesta, ja öljyn pääasiallinen leviämissuunta oli luode. Ensimmäisen viikon aikana varmistettuja öljyhavaintoja tehtiin noin 20 ha alueelta. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

Saimaan alkaessa sulaa öljy vapautui vähitellen ja levisi mm. rantojen läheisyyteen. Öljyn leviämistä seurattiin myös veneillä, droneilla ja kävellen rantoja pitkin. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

Puomituksilla pyrittiin rajoittamaan öljyn leviämistä laajemmalle alueelle. Jäihin sahattiin raihoja, joihin asennettiin rajaavaa puomia. Rajaavan puomin yhteyteen asennettiin imeytyspuomia, pääasiassa puomin öljyiselle puolelle. Rantojen alkaessa sulaa rannat suojattiin suojakalvolla ja imeytysmateriaaleilla. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

Jäiden liikehdinnän ja tuulen vaikutuksesta osa puomituksesta petti. Puomituksia pyrittiin korjaamaan ja etenkin jäiden lähdön yhteydessä puomien ankkurointeja vahvistettiin. Lisäksi pohjoispuolen selkävesille ajautuvien jäiden painetta pyrittiin keventämään pelastuslaitoksen aluksilla pohjoisimman puomituksen pohjoispuolella. Kovan luoteistuuleen vaikutuksesta, lahden suun puomitus petti ja öljyä kulkeutui Kolarinlahden kaakkoisosaan. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

Puomituksista huolimatta öljyä pääsi ajautumaan rannoille. Öljyisimmät ranta-alueet olivat Kolarinlahden etelärannalla Sakarinojan suulla sekä Kolarinlahden kaakkoispohjukassa sijaitseva ranta-alue. Lisäksi öljyä ajautui rantaan havaintojen perusteella Ruunalahdessa, Haapaniemen lounaisrannassa, Luhdanlahden etelärannassa sekä Ahvenniemessä (Kuva 4). Ranta-alueille, joissa öljyä havaittiin, asennettiin imeytyspuomia ja -mattoa sekä toimitettiin imeytystyynyjä. Arposenniemen puoleisilla ranta-alueilla öljyä oli merkittävästi 2–3 viikon ajan, jolloin öljyä pääsi imeytymään vesirajan sedimenttiin ja maa-ainekseen. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.) Öljyvahingon sattumisen ja jälkitorjuntaan siirtymisen välillä Saimaan veden pinta nousi 31 cm luonnollisen vedenpinnan korkeuden vaihtelun seurauksena (Vesi.fi 2023). Tästä johtuen öljy sitoutui etenkin loivien rantojen sedimenttiin (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023).



Kuva 4. Öljyisimmät ranta-alueet sekä vesi- ja sedimenttinäytteenotto paikkojen sijainnit (mukailtu Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023)

Jäiden lähdön jälkeen öljyä poistettiin suppiloimurilla, harjatelalla sekä rantaan sijoitetulla imuautolla. Öljylautan ohuuden takia, näillä menetelmillä kerätyn öljyn määrä ei ollut suuri. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

Vahinkoalueelta otettiin useita vesi- ja sedimenttinäytteitä torjuntatoimien aikana ja niiden jälkeen. Näytteitä otettiin useasta eri kohdasta Kolarinlahdella pelastuslaitoksen ja

asukkaiden öljyhavaintojen perusteella (Kuva 4). Näytteet otettiin 20.04.-07.06.2023 välisenä aikana. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

Näytteistä tutkittiin öljyhiilivetyjen pitoisuuksia. Sedimenttinäytteistä tutkittiin myös PAH-sekä PCB-yhdisteiden pitoisuuksia. Vesinäytteitä otettiin viidestä pisteestä eri syvyyksiltä. Sedimenttinäytteitä otettiin kaksi, toinen veneestä käsin ja toinen 10–30 cm syvyydestä. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

Sedimenttinäytteiden öljyhiilivetyypitoisuus oli alle laboratorion määritysrajan 40 mg/kg KA. Samoin PAH-yhdisteiden (<0,22 mg/kg) ja PCB-yhdisteiden (<0,007 mg/kg). 20.04.2023 otettiin näytteet Vesi1-2. Vesi1 öljyhiilivetyypitoisuus C₁₀-C₄₀ oli 7,2 mg/l ja Vesi2 öljyhiilivetyypitoisuus oli alle laboratorion määritysrajan 0,05 mg/l. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

Myöhemmin otettujen vesinäytteiden öljyhiilivetyypitoisuudet olivat alle laboratorion määritysrajan lukuun ottamatta näytettä Vesi3, jossa C₁₀-C₂₁ pitoisuus oli 13 mg/l. Vesi3 Näyte otettiin vuotokohdan läheisyydestä noin kaksi viikkoa vahingon sattumisen jälkeen. Kesäkuussa otetuissa seurantanäytteissä öljyhiilivetyypitoisuudet olivat laskeneet alle laboratorion analyysimenetelmän määritysrajan. (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023.)

5.4 Öljyvahinkojen vertailu

Vuotaneiden öljyjen ollessa vettä kevyempiä, ne muodostavat veden pintaan kalvon. Suomenlahti hankkeen vihkossa Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu (2021) todetaan, että kevyet öljyt muodostavat ohuemman kalvon kuin paksummat öljyt. Öljy kalvo ohenee levitessään, ellei sen leviämistä rajoiteta. Molemmissa tapauksissa suurin osa öljystä saatiin rajattua purkuputken läheisyyteen, jolloin öljy muodosti paksumman kalvon. Paksumman kalvon kerättävyys on parempi kuin ohuen. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 14.) Öljyvahingossa 2 öljyä päästiin keräämään vasta jäiden lähtemisen jälkeen, joka vaikutti osaltaan torjuntatoimien pituuteen.

Öljyn liukeneminen veteen on yleensä vähäistä, sillä öljyn komponentit ovat harvoin vesiliukoisia. Öljyn joutuessa veteen se alkaa säistyä. Veden pinnalla kelluva öljy on alttiina säistymiselle, jolla tarkoitetaan öljyn muutoksia. Säistymisprosessin etenemisnopeuteen vaikuttaa öljyn ominaisuudet, vuotaneen öljynmäärä ja kuinka suuri osa öljystä on alttiina haihtumiselle, ympäristön olosuhteet sekä vesistöolosuhteet. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 12–13.)

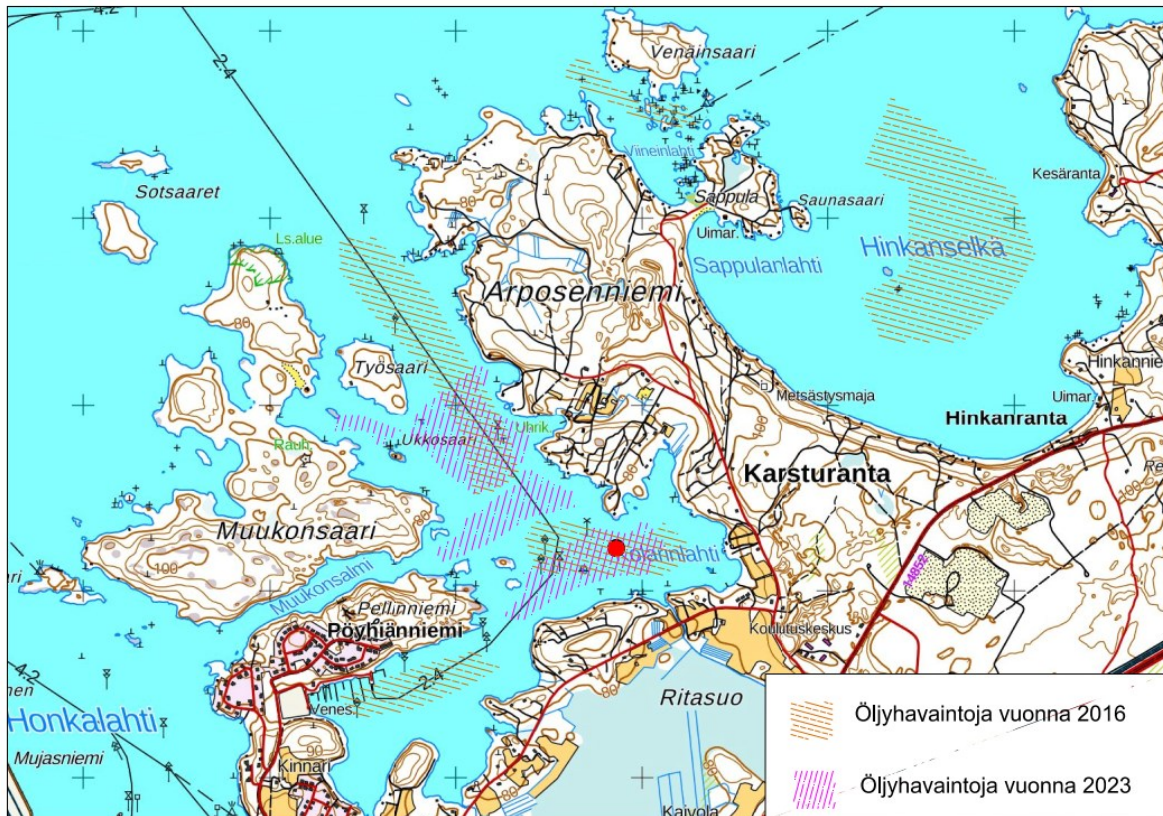
Esimerkki tapauksissa vuotaneiden öljyjen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet olivat hyvin samankaltaiset mutta ympäristö olosuhteet olivat erilaiset (taulukko 2). Ympäristön

olosuhteet vaikuttavat öljyjen ominaisuuksien käyttäytymiseen ja säästymisprosessien etenemisnopeuteen (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 12–13).

Tapahtuma aika	2016	2023
Haitta-aine	Teboil Turbine Oil XOR 32,46,68 - hydraulioöljy	Nytro 10XN - muuntajaöljy
Määrä Kolarinlahteen	1m ³	1,1m ³
Viskositeetti mm ² /s, 40°C	32-68	max 8
Leimahduspiste	> 135 °C	> 140 °C
Suhteellinen tiheys	0.86-0.88 g/cm ³	max 0.88 g/cm ³
Vesiliukoisuus	Liukenematon	Liukenematon

Taulukko 2. Esimerkki öljyvahinkojen veteen vuotaneiden haitta-aineiden ominaisuuksista (mukailtu Teboil 2015; Nynas 2022b)

Öljyvahinko 1 tapahtui sulan veden aikaan, jolloin se oli heti alttiina säästymiselle. Öljy levi-
täytyi muutamassa vuorokaudessa laajalle alueella. Kuvassa 5 on havainnollistettu avove-
sialueet, joilta öljyhavaintoja tehtiin vuosien 2016 ja 2023 öljyvahingoissa. Hiekkapakan ha-
vaintoasemalta mitattujen säätietojen mukaan vahingon jälkeisen vuorokauden tuulen
suunnan keskiarvo oli etelästä pohjoiseen (Ilmatieteenlaitos). Tuuli ja virtaukset vaikuttavat
veden pinnalla olevan öljyn leviämiseen ja pakkautumiseen ranta-alueilla. Tämä aiheuttaa
myös öljyn kulkeutumisen pitkinä ja kapeina vanamuodostelmina. (Öljylajittelujätteen omi-
naisuudet ja lajittelu 2021, 26–27.)



Kuva 5. Öljyvahintoja öljyvahingoissa vuonna 2016 ja 2023. Purkupuutki merkitty punaisella pisteellä (kuva Hanna Timonen)

Öljyvahingossa 2 haitta-aineen viskositeetti oli matalampi. Vahinko kuitenkin tapahtui Saimaan ollessa yhä jäässä ja kylmän veden vaikutuksesta öljyn viskositeetti on korkeampi, jolloin öljyn leviäminen on hitaampaa (Tarkiainen & Viiru 2023; Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 29).

Pääasiallisesti jäät vaikuttavat öljyn leviämisenopeuteen talviolosuhteissa. Jää toimii puolina ja öljy liikkuu jäälaattojen mukana. (Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu 2021, 29.) TalviSÖKÖ-hankkeen julkaisussa Kirjallisuuskatsaus alusöljyvahingon rantatorjunnasta talviolosuhteissa (2014) todetaan jääkannen alle jäävän öljyn leviämiseen vaikuttavan jään alapinnan rosoisuus, joka näin ollen hidastaa öljyn leviämistä. Jään alle varastoitunut öljy virtaa avoveteen, jos jäässä on reikä tai railoja.

Pelastuslaitoksen tilannekuvan (26.4.2023) mukaan jäätilanteen alkaessa heiketä purkualueelta pohjoiseen oli havaittavissa avovesialue, jossa oli öljylautta (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023). Vasta öljyn vapautuessa jään alta oli se alttiimpana haihtumiselle. Öljyvahingossa 1 öljyn haihtuminen alkoi heti öljyn noustua purkupuutkesta pintaan. Vahingon

1 aikana lämpötila oli myös korkeampi, joka vaikuttaa öljyn haihtumisnopeuteen (Kirjallisuuskatsaus alusöljyvahingon rantatorjunnasta talviolosuhteissa 2014, 23).

Öljyvahingossa 2 öljy pääsi kulkeutumaan rikkonaisen jään aikaan railoja pitkin ranta-alueille. Lisäksi jään liikehdintä ja kovat tuulet aiheuttivat puomituksen pettämisen, jonka seurauksena öljy levisi (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023). Jään alkaessa sulaa rannoista, vapautui jääkannen alta öljyä rantaveteen. Veden pinnalla kelluva öljy sedimentoitui rantamateriaaleihin pidemmältä matkalta, järven pinnankorkeuden noustessa. Öljyvahingossa 1 rantamateriaalin pinnalle kulkeutunut öljy oli alttiimpana säistymiselle. Sedimentoitunut öljy on suojassa säistymiseltä, jolloin öljyä voi olla havaittavissa ajoittain vielä pitkään vahingon sattumisen jälkeen. (Kirjallisuuskatsaus alusöljyvahingon rantatorjunnasta talviolosuhteissa 2014, 24, 28–29.)

Öljyvahinkojen torjuntatoimien kestossa oli suuri ero. Vuotaneiden haitta-aineiden määrässä ei ollut kuitenkaan suuria eroja. Öljyvahingossa 1 iso osa vuotaneesta öljystä oli kerätty kolme vuorokautta vuodon tapahtumisen jälkeen. Öljyvahingossa 2 torjuntatoimet kestivät useita viikkoja ja jälkitorjuntaan siirryttiin vasta noin viisi viikkoa vahingon sattumisen jälkeen. Torjuntatoimien kestoon vaikutti enimmäkseen jäättilanne.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Tämä työn tavoitteena oli selventää vuoden aikojen vaikutusta sisävesillä tapahtuvassa öljyvahingossa. Öljyn leviäminen öljyvahingossa 1 tapahtui laajemmalle alueelle. Toisessa öljyvahingossa jää esti öljyn liikehdinnän ja säästymisen heti vahingon tapahtumisen jälkeen, joka antoi hieman enemmän aikaa torjuntatoimille. Jääolosuhteet ja niiden lähtö kuitenkin tekivät torjuntatoimista haastavaa.

Öljyvahingot tapahtuivat samalla alueella, jolloin aiemmasta vahingosta oli saatavilla tietoa. Näiden hyödyntäminen saattoi vaikuttaa öljyvahingon 2 torjunnassa ja öljyn leviämisen rajaamisessa.

Ympäristönsuojeluun ja öljyvahinkoihin liittyy useita lakeja ja ohjeita. Kyseisiä lakeja ja ohjeita ei käsitelty tarkemmin tässä työssä, mutta ne olivat mukana ohjaamassa työssä esitelyjen esimerkkitapausten ympäristövahinkojen torjunnassa. Etelä-Karjalan pelastuslaitoksen mukaan muun muassa heidän toimintansa raportointi protokollaan oli tullut päivityksiä tapausten välillä. Pelastuslaitoksen lisäksi kyseisten öljyvahinkojen torjuntaan osallistui useita samoja toimijoita, jolloin ensimmäinen tapaus oli toimijoilla tiedossa. Tämä on voinut osittain vaikuttaa toisen vahingon torjuntatoimien järjestämisen nopeudessa vahinkoalueen ollessa valmiiksi tuttu.

Opinnäytetyössä tehdyn vertailun perusteella vuodenajalla on suuri merkitys öljyn käyttäytymiseen ja vahinkotapahtuman kulkuun. On tärkeää ymmärtää ja tuntea öljyn ominaisuuksien vaikutukset. Tätä opinnäytetyötä toivotaan hyödynnettävän sisävesistöissä tapahtuvan öljyvahingon perustietona tai pohjana jatkotutkimuksille. Materiaaleja tutkittaessa huomattiin suuren osan materiaaleista käsittelevän sulan tai jäätyneen veden öljyvahinkoja. Esimerkiksi kevätkierron vaikutuksista öljyvahingoissa oli vähän tietoa.

Öljyvahingossa 2 vuotaneen öljyn määrää arvioitiin tutkimalla imeytysmateriaaleja (Ympäristökonsultointi Niemeläinen 2023). Imeytysmateriaalien tehokkuudesta ja eroista eri olosuhteissa voisi tehdä tarkempaa tutkimusta. Jatkotutkimus aiheita löytyisi myös järven jään muodoista ja sen vaikuttamisesta leviämiseen. Tällä hetkellä suuri osa tutkimusaineistosta on toteutettu meriolosuhteissa ja ne käsittelevät alusöljyvahinkoja.

Suomessa ei kuljeteta öljyä sisävesillä, mutta Saimaalla liikkuu rahtialuksia. SÖKÖSaimaa-hankkeen vihossa Öljyt ja vahinkojäte todetaan todennäköisimmän alusöljyvahingon suuruudeksi 20–30 kuutiota. Tällaisen vahingon sattuessa esimerkiksi Suur-Saimaalla voivat vahinkojen laajuudet olla huomattavan suuret ja pitkä aikaiset. Suurin osa Suomessa tapahtuvissa öljyvahingoissa vuoden määrä on pieni. Tästä huolimatta tärkeintä on kuitenkin öljyvahinkojen ennaltaehkäiseminen, jotta ympäristön tila pysyy hyvänä.

Lähteet

Alusöljyvahingon torjuntaan liittyvät lait ja luvat. 2018. SÖKÖSaimaa - Öljyntorjunnan toimintamalli Saimaan syväväylälle. Vihko 17. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.12.2023. Saatavissa <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-085-2>

Anton Paar. Viscosity of Water. Viitattu 15.2.2024. Saatavissa <https://wiki.anton-paar.com/en/water/>

Blevins, J., Stanley, B. & Reidelberger, R. 2002. DMSO as a vehicle for central injections: tests with feeding elicited by norepinephrine injected into the paraventricular nucleus. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. Vol. 71, (1-2), 277-282. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa [https://doi.org/10.1016/S0091-3057\(01\)00659-1](https://doi.org/10.1016/S0091-3057(01)00659-1)

European Environment Agency. European environment and health atlas: Learn more. Viitattu 10.1.2024. Saatavissa <https://portal.discomap.eea.europa.eu/arcgis/apps/storymaps/stories/4bd5d751c9c14e64bb737f905a0c841e>

Fingas, M. 2013. *The Basic of Oil Spill Cleanup*. 3rd edition. Boca Raton, Fla: CRC Press. Viitattu 10.1.2024. Saatavissa <https://ebookcentral.proquest.com/lib/lab-ebooks/reader.action?docID=648762>

Fingas, M. 2011. *Oil spill science and technology - Prevention, response, and clean up*. 1st. edition. Saint Louis: Elsevier. Viitattu 10.1.2024. Saatavissa <https://ebookcentral.proquest.com/lib/lab-ebooks/detail.action?docID=648762&pq-origsite=primo>

Gråsten, J. & Kiukas, I. 2004. Öljyvahingot Etelä-Savon, Kaakkois-Suomen ja Keski-Suomen alueilla. Etelä-Savon ympäristökeskus. Moniste. Viitattu 2.11.2023. Saatavissa <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134557/Esamo59.pdf?sequence=17>

Ilmatieteenlaitos. 2023. Havaintojen lataus. Lappeenrannan Hiekkapakan havaintoasema. Viitattu 5.12.2023. Saatavissa <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Järvi-meriwiki. 2022. Saimaa. Viitattu 21.12.2023. Saatavissa [https://www.jarviwiki.fi/wiki/Saimaa_\(04.112.1.001\)](https://www.jarviwiki.fi/wiki/Saimaa_(04.112.1.001))

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.12.2023. Saatavissa <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-299-3>

Kettunen, I., Mäkelä, A. & Heinonen P. 2008. *Vesistötietoa näytteenottajille*. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas. Viitattu 9.11.2023. Saatavissa <http://hdl.handle.net/10138/38813>

Kirjallisuuskatsaus alusöljyvahingon rantatorjunnasta talviolosuhteissa. 2014. TalviSÖKÖ. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.12.2023. Saatavissa <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-306-062-3>

Leppänen, S. 2023. Etelä-Karjalan virkistysalueselvitys. Etelä-Karjalan liitto. Viitattu 21.12.2023. Saatavissa https://liitto.ekarjala.fi/wp-content/uploads/2023/11/Virkistysalueselvitys2023_naytto.pdf

Meriturvallisuuden ja liikenteen tutkimuskeskus. 2013. Öljyvuodon vaikutukset Itämeren luontoon. OILRISK- ja NANNUT-hankkeen julkaisuja. Verkkoesite. Viitattu 4.11.2023. Saatavissa https://www.merikotka.fi/wp-content/uploads/2018/09/OILRISK_oljyvuodon_vaikutukset.pdf

Neste. 2021. Tuoteluettelo Neste-voiteluaineet ja -kemikaalit. Neste Markkinointi Oy. Tuoteluettelo. Viitattu 10.11.2023. Saatavissa https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/NESTE_Tuoteluettelo_3-2021_1_1_1.pdf

Nynas. 2022a. Nytro 10XN. Nynas AB. Safety data sheet.

Nynas. 2022b. Nytro 10XN. Nynas AB. Product data sheet.

Partanen, M. 2023. Iso käsipystykeikka – öljyntorjunta käyntiin jään alla. Pelastustieto 8/2023, 16–25.

Pelastuslaki 379/2011. Viitattu 21.12.2023. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>

Pronto. 2022. Öljyvahingot kuluvana, edeltävänä ja aikaisempina vuosina, koko maa. Pelastusopisto. Tilasto. Viitattu 2.11.2023. Saatavissa <https://prontonet.fi/Pronto3/online1/Tp29S.htm>

Rajavartiolaitos. 2022. Öljyntorjuntaoperaation suunnittelu ja johtaminen rajavartiolaitoksessa. Ohje. Viitattu 19.12.2023. Saatavissa <https://raja.fi/documents/44957406/108850608/OilArt+Johtamisohje+070222.pdf/3b0132b6-7d55-afdc-6ccf-93fa51045e8e/OilArt+Johtamisohje+070222.pdf?t=1644259405434>

Saimaa Geopark Finland. Saimaan tarina. Viitattu 21.12.2023. Saatavissa <https://saimaa-geopark.fi/saimaa-geopark/geologia-ja-ymparisto/saimaan-tarina/>

Sanastokeskus. TEPA-termipankki. Sanasto. Viitattu 10.12.2023. Saatavissa <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/%C3%B6ljyvahinko>

Seppänen, R., Tiihonen, S., Wuolijoki, H., Kervinen, M., Smolander, J., Haavisto, A., Karhela, L. & Varho, K. MAOL-taulukot. 1.–3. uudistettu painos. Keuruu: Otava.

Suomen Riskienhallintayhdistys. Ympäristöriskit. Viitattu 18.1.2024. Saatavissa <https://pk-rh.fi/riskien-luokittelu/vahinkoriskit/ymparistoriskit.html>

Suomen ympäristökeskus. 2022a. Pilaantuneet maa-alueet. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Viitattu 10.1.2024 Saatavissa <https://www.ymparisto.fi/fi/saasteettomuus-ja-ymparistoriskit/pilaantuneet-maa-alueet>

Suomen ympäristökeskus. 2022b. Terve ympäristö. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Viitattu 10.1.2024 Saatavissa <https://www.ymparisto.fi/fi/ympariston-tila/terve-ymparisto>

Suomen ympäristökeskus. 2022c. Vesien tila ja seuranta. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Viitattu 19.1.2024. Saatavissa <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/vedet-ja-vesistot/vesien-tila-ja-seuranta#tarkempaa-tietoa-vesien-tilasta-ja-k%C3%A4sitteist%C3%A4>

Tarkiainen, P. 2023. Palomestari. Etelä-Karjalan pelastuslaitos. Haastattelu 11.12.2023

Teboil. 2022. Voiteluaineet tuoteluettelo. Viitattu 24.11.2023. Saatavissa https://www.teboil.fi/SysSiteAssets/etusivu/tuotteet/voiteluaineet/2022-06-13_teboil-tuoteluettelo_fi_web.pdf/

Teboil Turbine Oil XOR 32, 46, 68. 2015. Käyttöturvallisuustiedote. Teboil.

Tuomainen, J., Högmander, P. & Pyy, O. 2021. Ympäristövahingot Suomessa vuosina 2013–2019. Suomen ympäristökeskus. Raportti. Viitattu 10.1.2024. Saatavissa <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/db7e390a-bc99-4221-8ba0-2a20a1392ae1/content>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. Vaaralausekkeet. Luettelo. Viitattu 24.11.2023. Saatavissa <https://tukes.fi/documents/5470659/6372669/Vaaralausekeluettelo/1e91e782-e832-41b6-847b-0f7883412525/Vaaralausekeluettelo.pdf?t=1622622839678>

Työterveyslaitos. a. OVA-ohjeet. Viitattu 16.11.2023. Saatavissa <https://ova.ttl.fi/>

Työterveyslaitos. b. Varoitusmerkit, vaara- ja turvalausekkeet. Viitattu 29.11.2023. Saatavissa <https://ova.ttl.fi/varoitusmerkit-clp>

Vesi.fi. 2023. Vesiöennusteet: Vuoksen vesistöalue – Saimaa Lauritsala. Vesistömallijärjestelmä. <https://wwi2.ymparisto.fi/i2/04/I041121001y/wqfi.html>

Viiru, E. 2023. Palopäällikkö. Etelä-Karjalan pelastuslaitos. Haastattelu 11.12.2023

World Health Organization. Water, sanitation and hygiene (WASH). Viitattu 18.1.2024. Saatavissa https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash#tab=tab_1

WWF Suomi. 2013. Öljyntorjuntaopas. Viitattu 21.12.2023. Saatavissa https://wwf.fi/app/uploads/y/c/r/asb6u3rb4jajlg54swde3pg/wwf_oet-opas_2013.pdf

Ympäristöministeriö. Ympäristövahinkojen ehkäiseminen. Viitattu 19.12.2023. Saatavissa <https://ym.fi/ymparistovahinkojen-ehkaiseminen>

Ympäristökonsultointi Niemeläinen Oy. 2016. FC Power Oy – Öljyvahinko. Toimenpideraportti.

Ympäristökonsultointi Niemeläinen Oy. 2023. Kemira Chemicals Oyj – Öljyvahinko. Toimenpideraportti.

Öljylajittelujätteen ominaisuudet ja lajittelu. 2021. SÖKÖSuomenlahti. Öljyntorjunnan toimintamalli Suomenlahden rannikon pelastustoimialueilla. Vihko 8. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.12.2023. Saatavissa <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-299-3>

Öljyntorjuntaorganisaation järjestäytyminen ja henkilöstöhallinto. 2021. SÖKÖSuomenlahti. Öljyntorjunnan toimintamalli Suomenlahden rannikon pelastustoimialueilla. Vihko 2.