
Tanskan ympäristö- ja energiakeskukselta (Danish Centre for Environment and Energy, DCE)
tilattu raportti

Merinisäkkäät Suomen, Venäjän ja Viron vesialueilla Nord Stream 2 - hankkeen yhteydessä

Asiantuntija-arvio

Signe Sveegaard
Anders Galatius
Jakob Tougaard

Aarhusin yliopiston biotieteen laitos



Versio: 2.3.2017

Nimiölehti

Sarjan otsikko:	Tanskan ympäristö- ja energiakeskukselta (Danish Centre for Environment and Energy, DCE) tilattu raportti
Otsikko:	Merinisäkkäät Suomen, Venäjän ja Viron vesialueilla Nord Stream 2 -hankkeen yhteydessä
Aliotsikko:	Asiantuntija-arvio
Tekijät:	Signe Sveegaard, Anders Galatius, Jakob Tougaard
Laitos:	Aarhusin yliopisto, biotieteen laitos
Julkaisija:	Aarhusin yliopisto, Danish Centre for Environment and Energy (DCE) ©
URL:	http://dce.au.dk/en
Julkaisuvuosi:	Maaliskuu 2017
Viimeksi muokattu:	2.3.2017
Tarkastaja:	Line A. Kyhn
Rahoitus:	Rambøll / Nord Stream 2
Kansikuva:	Harmaahylje, Svend Tougaard

Viittauksiin pyydetään merkitsemään seuraavat tiedot:

Sveegaard, S., Galatius, A. & Tougaard, J. 2017. Merinisäkkäät Suomen, Venäjän ja Viron vesialueilla Nord Stream 2 -hankkeen yhteydessä – asiantuntija-arvio. Aarhusin yliopisto, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Rambøllin / Nord Stream 2-hankkeen DCE:ltä (Danish Centre for Environment and Energy) tilaama raportti.

Sivumäärä: 82

Sisällysluettelo

Esipuhe	5
1. Johdanto	6
1.1 Raportin tarkoitus ja rakenne	6
2. Johdanto vaikutuksiin	7
3. Mahdolliset vaikutuslähteet rakentamisen aikana	8
3.1 Vedenalainen melu	8
3.2 Sedimentin leviäminen	10
3.3 Odottamattomat tapahtumat – öljyvuoto	11
3.4 Huoltoalusten aiheuttama jääpeitteen rikkoutuminen	11
4. Mahdolliset vaikutukset käyttöönoton valmistelun ja käyttöönoton aikana	12
4.1 Käyttöönoton valmistelu	12
4.2 Käyttöönotto	12
5. Mahdolliset vaikutukset käytön aikana	13
5.1 Vedenalainen melu	13
5.2 Elinympäristön muuttuminen	14
5.3 Odottamattomat tapahtumat	15
6. Arviointimenetelmät	16
6.1 Merinisäkkäiden herkkyys	16
6.2 Muutoksen suuruus	19
6.3 Arviointitasot	20
7. Merinisäkkäiden herkkyys	22
7.1 Vedenalainen melu	22
7.2 Sedimentin leviäminen	34
7.3 Odottamattomat tapahtumat – öljyvuoto	36
7.4 Elinympäristön muuttuminen	36
7.5 Odottamattomat tapahtumat – kaasuvuoto	36
7.6 Herkkyys vuodenaikojen mukaan	37
8. Muutoksen suuruus	38
8.1 Vedenalainen melu	38
8.2 Sedimentin leviäminen	50
8.3 Elinympäristön muuttuminen	51
8.4 Haitta-aineiden aiheuttamat terveysvaikutukset	51
8.5 Öljyvuodot	52
8.6 Kaasuvuoto	52
9. Arviointi vaikutuksista rakennusaikana ilman lieventämistoimia	53
9.1 Vedenalainen melu	53
9.2 Sedimentin leviäminen	62
9.3 Odottamattomat tapahtumat	62
10. Arviointi vaikutuksista käyttöaikana	63

10.1	Putkilinjan aiheuttama vedenalainen melu	63
10.2	Elinympäristön muuttuminen	63
10.3	Odottamattomat tapahtumat	64
11.	Yleiset lähestymistavat vaikutusten lievennyskeinoihin	65
11.1	Aiheutetun melun vähentäminen	65
11.2	Säteilevän melun vähentäminen	65
11.3	Vaikuttavan melun vähentäminen	65
12.	Vaikutusten arviointi lieventämiskeinot huomioiden	66
12.1	Lieventämiskeinot Nord Stream kaasuputkihankkeessa, Suomen vesialueet	66
12.2	Hyljekarkotinten vaikutus	67
12.3	Johtopäätökset arviointiin – painevamma	68
12.4	Johtopäätökset arviointiin - PTS	69
12.5	Johtopäätökset lieventämiskeinoista	69
13.	Vaikutusten yhteenvetotaulukot, lieventämistoimilla ja ilman	69
13.1	Pyöriäinen	70
13.2	Harmaahylje	71
13.3	Itämerennorppa	72
14.	Arviointi vaikutuksista Natura 2000 -alueilla EU:n vesissä	73
14.1	Natura 2000 -alueet	73
15.	Johtopäätökset	75
16.	Lähteet	78

Esipuhe

Tämän raportin tilaaja on Nord Stream 2 (Rambollin kautta), ja se sisältää merinisäkkäitä koskevia asiantuntija-arvioita. Se on tarkoitettu käytettäväksi ehdotetun, Venäjän ja Suomen vesialueilla kulkevan Nord Stream 2 -putkilinjan ympäristövaikutusten arvioinnin lähtötietona.

Arviointien perustana ovat olemassa olevat tiedot, joista on yhteenveto liitteenä olevassa nykytilannetta koskevassa raportissa, sekä HELCOMilta ja suoraan tutkijoilta, muun muassa DCE-keskus (Danish Centre for Environment and Energy)/Aarhusin yliopisto, saadut levinneisyystiedot ja olemassa olevat merinisäkkäisiin kohdistuviin vaikutuksiin liittyvät tiedot. Vedenalaisen melun ja sedimentin leviämisen vaikutusten arvioinnit perustuvat Rambollin tekemiin melun ja sedimentin leviämistä ennustaviin mallinnuksiin, jotka kuvataan erillisissä raporteissa.

Tämän raportin johtopäätökset eivät ole itsenäisiä, vaan ne on tarkoitettu luettavaksi yhdessä koko hankkeen ympäristövaikutusten arvioinnin kanssa.

1. Johdanto

1.1 Raportin tarkoitus ja rakenne

Tämän raportin tarkoituksena on arvioida ehdotetun Nord Stream 2 -kaasuputkilinjann (Nord Stream 2 Pipeline system – NSP2) Suomen ja Venäjän osuuden rakentamisen ja käytön mahdollisia vaikutuksia merinisäkkäisiin. Raportissa arvioidaan rakentamisen aiheuttama suurin vaikutus ilman lieventämiskeinoja ja niiden kanssa.

Putkilinjan rakentaminen ja käyttö voi vaikuttaa merinisäkkäisiin Suomen, Viron ja Venäjän vesialueilla. Näillä alueilla kaikkein merkityksellisimmät merinisäkkäslajit ovat harmaahylje (*Halichoerus grypus grypus*) ja itämerennorppa (*Pusa hispida botnica*), mutta myös pyöriäisiä (*Phocoena phocoena*) tavataan ajoittain.

Raportti perustuu seuraaviin tietoihin:

- Nord Streamin (NSP) ympäristövaikutusten arviointien aikana saadut tiedot ja tehdyt tutkimukset
- merinisäkkäitä koskevan NSP2-hankkeen nykytilan raportin tiedot (Teilmann et al. 2017)
- Rambollin tekemät sedimentaatiota ja vedenalaista melua Venäjän ja Suomen vesialueilla koskevat mallit
- asiaa koskeva kirjallisuus; mitään uusia kenttätutkimuksia ei tehty.

Raportissa kuvataan kaasuputkilinjan rakentamisen, käyttöönoton valmistelun, käyttöönoton ja käytön aikaiset vaikutukset (luvut 2, 3, 4 ja 5). Seuraavassa luvussa (luku 6) kuvataan ympäristövaikutusten arviointimenetelmien tulkintaa merinisäkkäiden osalta. Luvussa 7 arvioidaan merinisäkkäiden herkkyyttä mahdollisille vaikutuksille ja kuvataan kriteerit melutasoille. Luvussa 8 arvioidaan muutoksen suuruutta. Luvussa 9 yhdistetään herkkyyttä ja muutoksen suuruutta koskevat tiedot, jotta voidaan todeta kunkin vaikutuksen merkittävyys rakentamisen aikana. Lukua 9 voidaan pitää pahimman mahdollisen vaikutuksen arviointina, koska siinä ei huomioida lieventämiskeinoja. Luvussa 10 arvioidaan käytönaikaiset vaikutukset ottaen huomioon muutoksen suuruus ja lajien herkkyys vaikutuksille. Luvussa 11 selostetaan yleisellä tasolla markkinoilla olevia eri menetelmiä, joilla voidaan lieventää ammusten raivauksen mahdollisia haittoja. Luvussa 12 keskitytään niihin lievennyskeinoihin, joihin NSP2 on sitoutunut ja siihen kuinka kyseiset toimet vähentävät mahdollisia vaikutuksia rakentamisen aikana. Luvussa 13 esitetään yhteenveto lukujen 9, 10 ja 12 vaikutusarvioista ja luvussa 14 arvioidaan vaikutuksia Natura 2000 –alueilla. Luvussa 15 esitetään koko vaikutusarvion yhteenveto.

Tässä raportissa ei käsitellä vaikutuksia putkilinjan käytöstäpoiston aikana, koska ne riippuvat siitä, minkälaisia käytäntöjä/menetelmiä on käytössä sitten, kun käytöstäpoisto tulee ajankohtaiseksi (noin 50 vuotta rakennusvaiheen jälkeen).

2. Johdanto vaikutuksiin

Raportissa vastataan NSP2-hanketta ja merinisäkkäitä koskevaan keskeiseen kysymykseen, vaikuttavatko putkilinjan rakennus ja käyttö (positiivisesti tai negatiivisesti) yksittäisiin eläimiin tai koko populaatioon (eli eläinten määrään ja levinneisyyteen). Se onko vaikutus ylipäättään hyväksyttävä vai ei, on poliittinen kysymys, jota ei käsitellä tässä raportissa.

Vaikutusten arvioiminen populaatiotasolla on usein vaikeaa, jos kaikki eläinpopulaation rakenteeseen ja yksilöiden määrään liittyvät sekä kaikki muut eläinten selviytymiseen vaikuttavat suorat ja epäsuorat tekijät eivät ole tiedossa. Tässä tapauksessa vaikutusalueita käyttävistä eläimistä ja niiden populaatioiden tilasta ei tiedetä paljoa. Lisätiedot, joita voitaisiin saada esimerkiksi merkittävällä seurantalaitteilla lisää hylkeitä, mallintamalla elinympäristöjen soveltuvuutta ja tutkimalla eläinten määrää, olisivat erittäin tärkeitä. Putkilinjan rakentamisesta ja käytöstä aiheutuvien vaikutusten arvioinnit perustuvat siihen oletukseen, että välittömien vaikutusten ja populaatiotason seurausten välillä on suora yhteys, joten arviointeihin liittyy epävarmuuksia.

Kaasuputkilinjan rakentamisen aikana suurimmat vaikutukset merinisäkkäisiin arvioidaan aiheutuvan ammusten (ammusten ja miinojen) raivauksesta, rakennustoiminnasta aiheutuvasta vedenalaisesta melusta sekä merenpohjan muokkaustöistä aiheutuvasta sedimentin leviämisestä.

Vedenalainen melu on potentiaalisesti merkittävä merinisäkkäitä häiritsevä tekijä. Putkilinjan rakennusaikana suoritetaan monia paljon melua aiheuttavia toimintoja, kuten putkenlasku, jossa käytetään nostureita ja vinssejä, ankkurien käsittely ja kiviaineksen kasaus. Myös alusten moottoreista ja potkureista tulee melua. Ammukset pitää raivata merenpohjasta ennen putkilinjan rakentamista, jotta putkilinjan asentaminen on turvallista. Ammusten raivaamisella on selvästi suurimmat vaikutukset merinisäkkäisiin. Näitä vaikutuksia ovat muun muassa mahdolliset eläinten kuolemat ja pysyvät kuulovauriot.

Sedimentin leviämistä tapahtuu lähinnä ammusten raivauksen ja kiviaineksen kasauksen aikana sekä ruoppauksen aikana Venäjällä putken rantautumiskohdan lähellä, mutta lisäksi sitä tapahtuu putkenlaskun ja ankkurien käsittelyn aikana. Sedimentin leviämisen vaikutukset merinisäkkäisiin liittyvät veden lisääntyvään sameuteen, mahdolliseen haitallisten aineiden leviämiseen vedessä ja mahdolliseen saaliseläinten (kuten kalojen) vähentymiseen. Veteen sekoittunut sedimentti vaikuttaa kaloihin ja niiden esiintymiseen alueella.

Käyttöönoton valmistelun ja käyttöönoton aikana tärkeimmät mahdolliset vaikutukset ovat laivaliikenteen sekä muiden toimintojen, kuten putkilinjojen vedellä täyttämisen, puhdistuksen ja mittauksen aiheuttamat häiriöt, putkijärjestelmän painekokeet, veden poisto putkistosta (vain Venäjällä) ja putkilinjojen kuivaus sekä putkilinjojen täyttäminen maakaasulla.

Putkilinjan käytön aikana pääasialliset vaikutukset merinisäkkäisiin syntyvät itse putkilinjan aiheuttamasta melusta (jonka lähde on virtaava kaasu) sekä huoltoaluksista. Lisäksi hanke voi vaikuttaa merenpohjan elinympäristöihin paikoitellen, muuttamalla pehmeää merenpohjaa putkilinjan ja sen tukirakenteiden takia kovaksi.

Seuraavissa kappaleissa kuvataan kaikkia näitä mahdollisia vaikutuksia. Vaikutuksiin sovellettavat menetelmät ja terminologia ovat kansallisten ympäristövaikutusten arviointien mukaisia.

3. Mahdolliset vaikutuslähteet rakentamisen aikana

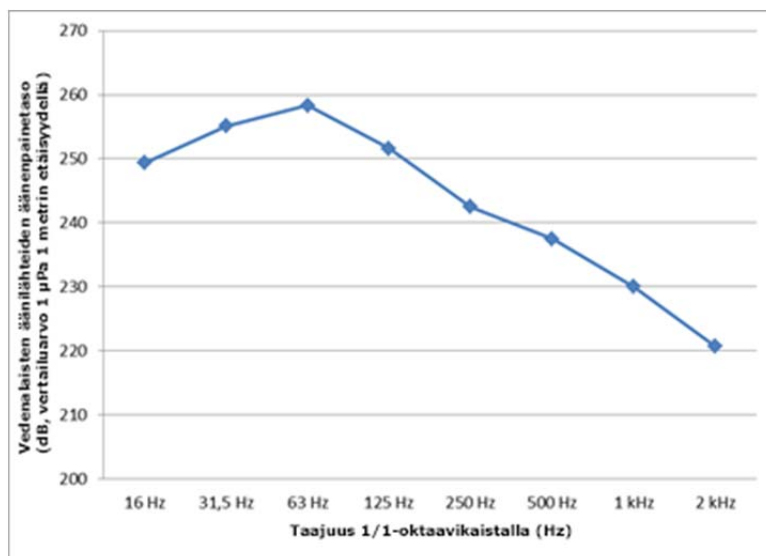
3.1 Vedenalainen melu

Monet putkilinjan rakentamiseen liittyvät toiminnot aiheuttavat vedenalaista melua. Näistä kaikkein merkittävimmät kuvataan jäljempänä. Ammusten raivaus on näistä selvästi kaikkein eniten melua aiheuttava toiminto.

3.1.1 Ammusten raivaus

Vedenalaiset räjähdykset esimerkiksi ammusten raivauksen aikana aiheuttavat hyvin suuren äänenpaineen, joka alkaa hyvin nopeasti (iskuaalto). Huippupaine riippuu lähinnä räjähteiden tyypistä ja määrästä (sitä suurempi huippupaine, mitä suurempi räjähdysnopeus), mutta myös veden syvyys räjähdyspaikassa (mitä syvemmällä räjähdys tapahtuu, sitä suurempia huippupaineita syntyy) ja ammusten kemiallinen kunto ovat tärkeitä tekijöitä. Räjähdysten aiheuttamien melupulssien taajuusspektri koostuu pääasiassa pienitaajuisesta energiasta, mutta tämäkin riippuu panoksen koosta. Lisätietoja huippupaineen arviointimenetelmistä sekä tehontiheysspektristä panoksen tyypin ja syvyyden mukaan antaa esimerkiksi Urick (1983). Todellisen räjähdysten mittauksesta saatu esimerkkispektri on kuvassa 3-1. Energiahuippu on hyvin pienten taajuuksien alueella, noin oktaavikaistalla 63 Hz, ja se putoaa suuremmilla taajuuksilla jyrkästi, noin 10 dB oktaavia kohden. Spektriin vaikuttavat myös panoksen paino ja veden syvyys (Urick 1983).

Ihanteellisissa olosuhteissa räjähdyksestä syntyvä melu voi kulkea satojen kilometrien matkan, koska ääni on pienitaajuuksista ja äänilähteen taso on suuri. Samoin kuin muiden äänien kohdalla, todellinen kantama riippuu räjähdyspaikan ja sen ympäristön syvyysuhteista, hydrografiasta ja sedimenttityypeistä. Räjähdyksestä syntyvän äänen kantama pienenee tehokkaasti matalammissa vesissä (kymmeniä metrejä tai sitä matalampi), koska pienet taajuudet leviävät huonosti matalassa vedessä (Urick 1983).



Kuva 3-1 Esimerkki vedenalaisen räjähdysten aiheuttaman pulssin taajuusspektristä. Äänilähteen tasot on ilmaistu oktaavikaistatasoina, jotka on laskettu taaksepäin noin yhden metrin etäisyydelle räjähdyksestä (todelliset mittaukset, Ramboll 2016d).

Yhden räjähdyskeston kesto on alle sekunti, mikä tarkoittaa, että yksittäisten räjähdysten kohdalla keskeinen huolenaihe on välitön kudosten ja kuulon vaurioituminen, kun taas vaikutukset eläinten käyttäytymiseen ovat rajallisia. Tämä voi muuttua, jos räjähdyskestoja on useita samalla alueella, jolloin niiden kumulatiiviset vaikutukset eläinten vaurioitumiseen ja käyttäytymiseen on otettava huomioon.

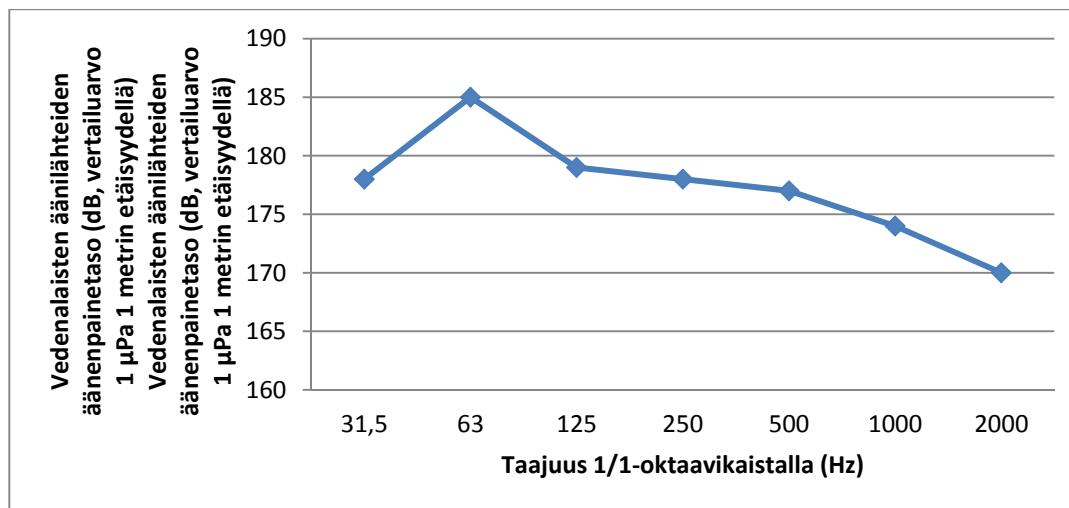
On odotettavissa, että putkilinjan rakentamisen aikana löydetään huomattava määrä räjähtämättömiä miinoja Suomen ja Venäjän vesialueilla. Tällaisia miinoja löydettiin suuri määrä aiemman Nord Stream -putkilinjan rakennusaikana. Näistä miinoista 56 raivattiin Suomen vesialueilla ja loput vältettiin muuttamalla putkilinjan reittiä (katso taulukko 6-3). Ehdotettu NSP2:n reitti Venäjän vesialueilla on etelään NSP:n reitistä.

3.1.2 Kiviaineksen kasaus

Kiviaineksen kasaus tarkoittaa sitä, että putkilinja on merenpohjassa, mutta se peitetään (tai sitä tuetaan) kivikerroksella (katso NSP2-hankkeen tarkemmat tiedot YVA-selostuksesta). Kiviaines kasataan veden alle kiviaineksen kasausaluksen ja laskuputken avulla.

Melumittaukset osoittavat, että hallitsevin kiviaineksen kasauksesta syntyvä vedenalainen melu syntyy pinnalla tehtävistä toiminnoista (alusten moottorit ja ohjauspotkurit, kuljettimet, kivien kaataminen) eikä varsinaisesta kiviaineksen kasauksesta merenpohjassa.

Alusten lähdemelutasot riippuvat alusten koosta ja nopeudesta sekä potkurien rakenteesta ja muista tekijöistä. Jopa saman luokan alusten aiheuttaman melun suurusluokassa ja tyyppissä voi olla merkittäviä eroja. Esimerkki kiviaineksen kasauksen taajuusspektristä on kuvassa 3-2.



Kuva 3-2 Esimerkki kiviaineksen kasauksen melun taajuusspektristä. Äänilähteen tasot on ilmaistu oktaavikaistatasoina, jotka on laskettu taaksepäin noin yhden metrin etäisyydelle työalueesta (Rambøll 2016d).

3.1.3 Ponttiseinän juntaus

Putkilinjan ympärille sen lähtiessä Venäjän rannikolta saatetaan rakentaa suojaseinä. Tämä suojaseinä rakennetaan teräslevyseisistä, jotka asennetaan merenpohjaan täryjuntaamalla. Tämä

toiminta synnyttää matalatasoista melua, jonka energiahuippu on juntan värähtelytaajuus eli yleensä 20–30 Hz (Wyatt 2008, Rambøll 2016a).

Ammusten raivauksesta, kiviaineksen kasauksesta ja ponttiseinän juntauksesta syntyvän vedenalaisen melun mallinnus NSP2-putkijonon rakennusaikana esitetään luvussa 8.

3.1.4 Putkenlasku ja ankkurien käsittely

Putkenlaskusta ja ankkurien käsittelystä syntyvän melun odotetaan olevan vähäisempää kuin kiviaineksen kasauksesta syntyvä melu, joten kiviaineksen kasausta käytetään pahimpana mahdollisena skenaariona arvioitaessa putkenlaskusta ja ankkurien käsittelystä merinisäkkäille aiheutuvia vaikutuksia.

3.1.5 Alusten aiheuttama melu

Alusten aiheuttama melu johtuu useista eri syistä. Aluksen moottori ja potkuriakseli voivat aiheuttaa merkittävää pienitaajuuksista melua, joka siirtyy aluksen rungon kautta veteen. Merkittävin suurempitaajuuksisen melun lähde on potkurien ympärille syntyvä kavitaatio. Tämä melu voi olla hyvin äänekkästä, jos pienessä aluksessa on nopeasti pyörivät potkurit tai potkurin lavat ovat vaurioituneet. Muita melunlähteitä voivat olla lisälaitteet, kuten generaattorit, hydraulipumput, vinssit ja ilmastointijärjestelmät.

Yleensä aluksen nopeuden ja melutason välillä on riippuvuussuhde: suuremmilla nopeuksilla syntyy enemmän melua. Tämä ei kuitenkaan päde aina. Jos kyseessä on alus, jossa on säätöpotkuri, eli aluksen nopeutta säätelee moottorin nopeuden lisäksi potkurien lapojen asento, aluksen melutaso voi olla suurimmillaan keskinopeudella, koska tällöin (tahallaan) tehottoman potkurien asennon vuoksi potkurien ympärille syntyy paljon kavitaatiota. Lisäksi alukset, joissa on dynaaminen alusta paikallaan pitävä ohjausjärjestelmä, voivat olla erittäin äänekkäitä alhaisilla nopeuksilla tai pysytellessään paikallaan, koska voimakkaiden potkurien nopeus muuttuu jatkuvasti.

3.2 Sedimentin leviäminen

Merenpohjan häiriintyminen ammusten raivauksen, putkenlaskun, ankkurien käsittelyn, kiviaineksen kasauksen ja ruoppauksen aikana voi lisätä veden sameutta ja saada aikaan sedimenttipilviä. Sedimentin leviäminen voi ulottaa merenpohjan häiriintymisen vaikutuksia suuremmille alueille, joihin toiminnot eivät muuten fyysisesti vaikuttaisi. Tutkimuksissa on todettu, että nämä vaikutukset ovat yleensä lyhytaikaisia eli kestävät enintään kaksi tai kolme vuorokautta ja rajoittuvat lähinnä muutaman sadan metrin säteelle toiminnasta (Hitchcock and Bell 2004, Rambøll 2016c, e), mutta joskus sedimenttipilvet voivat ulottua yli 10 kilometrin päähän ruoppauspaikasta (Rambøll 2016e). NSP2-hankkeen aiheuttaman sedimentin leviämisen mallinnustulokset esitetään luvussa 8.

Sedimentin leviämisen pääasialliset vaikutukset merinisäkkäisiin ovat näkyvyyden heikkeneminen, käyttäytymisen muutokset (kuten sedimenttipilvien välttäminen) ja sedimentistä ravintoketjuun päässeiden haitta-aineiden aiheuttama terveydentilan heikkeneminen. Toisin kuin kaloihin, veteen sekoittunut sedimentti ei vaikuta suoraan merinisäkkäisiin. Kaloilla sedimentti voi tukkia kidukset ja aiheuttaa tukehtumiskuoleman.

3.3 Odottamattomat tapahtumat – öljyvuoto

Rakennusvaiheessa tapahtuvan törmäyksen seurauksena ympäristöön voi vuotaa öljyä, jolloin merinisäkkäisiin kohdistuisi vaikutuksia, jotka ovat verrattavissa minkä tahansa muun merellä tapahtuneen öljyvuodon aiheuttamiin vaikutuksiin. Vaikutukset saattavat vaihdella esimerkiksi öljypäästön koon, öljyn tyyppin ja sääolosuhteiden mukaan.

Vuotaneen öljyn sisältämät kemikaalit ovat myrkyllisiä, joten öljy voi vahingoittaa merinisäkkäitä, jos ne nielevät tai hengittävät sitä taikka jos sitä joutuu niiden iholle tai silmiin. Lisäksi öljy voi takertua niiden turkkiin, mikä heikentää ruumiinlämmön säätelykykyä.

3.4 Huoltoalusten aiheuttama jääpeitteen rikkoutuminen

Eräs lisääntyneen meriliikenteen, kuten huoltoalusten, aiheuttama potentiaalinen vaikutus on jääpeitteen rikkoutuminen Suomenlahdella. Harmaahylkeet ja itämerennorpat käyttävät jääkantta paritteluun, lepäämiseen ja seurusteluun, joten niitä voi olla jäällä ja jääpeitteen rikkoutuminen voi vaikuttaa niihin. Vaikutukset voivat vaihdella luonnollisen käyttäytymisen häiriytymisestä (lyhytaikainen ja vähäinen vaikutus) kuuttien kuolemiin, jos alukset törmäävät niihin ja ne saavat tämän seurauksena hypotermian, koska niiden turkki ei ole jäällä vietettävien ensimmäisten muutaman elinkuukauden aikana vielä vedenpitävä (pitkäaikainen ja suuri vaikutus).

NSP2-hanke on kuitenkin sitoutunut seuraavaan rajoitukseen (lievennyskeino):

Rakennustoimintoja, kuten putkenlaskua ja kiviaineksen kasaamista, ei ole suunniteltu tehtäväksi talvella jääolosuhteissa. Jos töitä tehdään ”marginaalisissa” (harva ajojää) jääolosuhteissa, käyttöön otetaan yhteistyössä merenkulkuviranomaisten kanssa tarvittavat turvatoimenpiteet ja lisäksi jos toiminta voi vaikuttaa lisääntyviin hylkeisiin, ympäristöyhteysviranomaiselle toimitetaan erillinen selvitys vaikutusarvioinnista ja lieventämiskeinoista (OSP-016.3).

Tämä tarkoittaa sitä, että jos jään murtaminen katsotaan jossain vaiheessa tarpeelliseksi, tehdään uusi ympäristövaikutusten arviointi. Tästä syystä jään murtamista ei käsitellä tämän enempää tässä raportissa.

4. Mahdolliset vaikutukset käyttöönoton valmistelun ja käyttöönoton aikana

4.1 Käyttöönoton valmistelu

Käyttöönoton valmistelulla tarkoitetaan sarjaa toimenpiteitä, jotka suoritetaan ennen maakaasun päästämistä putkilinjoihin. Käyttöönoton valmistelun aikana varmistetaan putkilinjan mekaaninen eheys ja valmius turvalliseen maakaasun siirtoon.

Vedenalaista putkilinjaa ei painekoesteta vedellä. Sen sijaan se puhdistetaan ja mitataan niin, että PIG-yksiköiden (laitteiden, joilla putkilinja tarkastetaan ja puhdistetaan sisäpuolelta) liikuttamiseen käytetään kuivaa ilmaa. Putkilinjoja ei täytetä vedellä, joten niiden tyhjentäminen ja kuivaaminen eivät ole tarpeen. Vuodonvalvonta suoritetaan tarkistuslaitteella tai vaihtoehtoisesti ulkopuolelta ROV-laitteella (kauko-ohjatulla vedenalaisella robotilla) puhdistus- ja mittaustoimintojen yhteydessä. Kuivapuhdistus- ja mittauslaite lähetetään matkaan Saksasta kohti Venäjää. Laitteen liikuttamiseen käytettävä väliaine kuivataan paineilmalla niin, että sen kastepiste on alle -60 °C ja se sisältää öljyä enintään 0,01 ppm.

Koska vettä ei käytetä, ei käytetä myöskään mitään lisäaineita eikä putkien tyhjentäminen ole tarpeen. Pitkien putkiosuoksien yhdistäminen vedenalaisella painehitsauksella ei välttämättä ole tarpeen. Kummallekin putkilinjalle vaaditaan vähintään yksi liitos, joka tehdään vedenpinnan yläpuolella.

Millään käyttöönoton valmistelun aikana tehtävällä toimenpiteellä ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta merinisäkkäisiin, joten niitä ei käsitellä tämän enempää. Ne ovat kuitenkin mukana luvun 13 yhteenvetotaulukoissa.

4.2 Käyttöönotto

Käyttöönotto toimia ovat kaikki toimenpiteet, jotka tehdään käyttöönoton valmistelun jälkeen ennen putkilinjojen täyttämistä ja kaasun siirron aloittamista. Käyttöönoton valmistelun jälkeen putket täytetään kuivalla ilmalla. Jotta ilmakehän ilma ja kuiva kaasu eivät muodostaisi helposti syttyvää kaasuseosta, putkilinjat täytetään osittain typpikaasulla (inerti kaasu) juuri ennen maakaasun laskemista putkilinjoihin. Typpikaasu muodostaa puskurivyöhykkeen, joka siirtyy putkilinjaa pitkin ja estää maakaasun ja ilman välisen vuorovaikutuksen, jotta varmistetaan, että kaasu ja ilma eivät pääse reagoimaan keskenään silloin, kun putkilinjaan lasketaan kaasua (Nord Stream 2009).

Millään käyttöönoton aikana tehtävällä toimenpiteellä ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta merinisäkkäisiin, joten niitä ei käsitellä tämän enempää. Ne ovat kuitenkin mukana luvun 13 yhteenvetotaulukoissa.

5. Mahdolliset vaikutukset käytön aikana

5.1 Vedenalainen melu

5.1.1 Putkilinjan aiheuttama melu

Putkilinjassa virtaava kaasu aiheuttaa pienitaajuuksista vähäistä melua. Nord Stream -putkilinjasta säteilevää melua arvioitiin mallintamalla äänenpainetta neljällä eri etäisyydellä kompressorista osana NSP-hankkeen YVA-prosessia (Nord Stream 2009), ja tulokset neljälle eri putkilinjaosuudelle (mitattuna Venäjällä sijaitsevasta kompressoriasemasta lähtien) ilmenevät kuvasta Kuva 5-1. Mallinnuksessa melu määritettiin säteilevän melun tehona putkilinjametriä kohden (L_w) ja muunnettiin äänenpainetasoiksi sen tiedon perusteella, että energiavuon tiheys I yhden neliömetrin alueella oli seuraava:

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \quad \text{Yhtälö 4}$$

jossa p on paine ja ρc on akustinen impedanssi. Kun laskelmia säädetään yhden metrin pituiselle lieriölle, jonka säde on yksi metri kaasuputkilinjan ympärillä, äänenpainetasoksi L_{eq} saadaan:

$$L_{eq} = 10 \log_{10}(p^2) = L_w + 10 \log_{10} \left(\frac{\rho c}{2\pi} \right) \quad \text{Yhtälö 5}$$

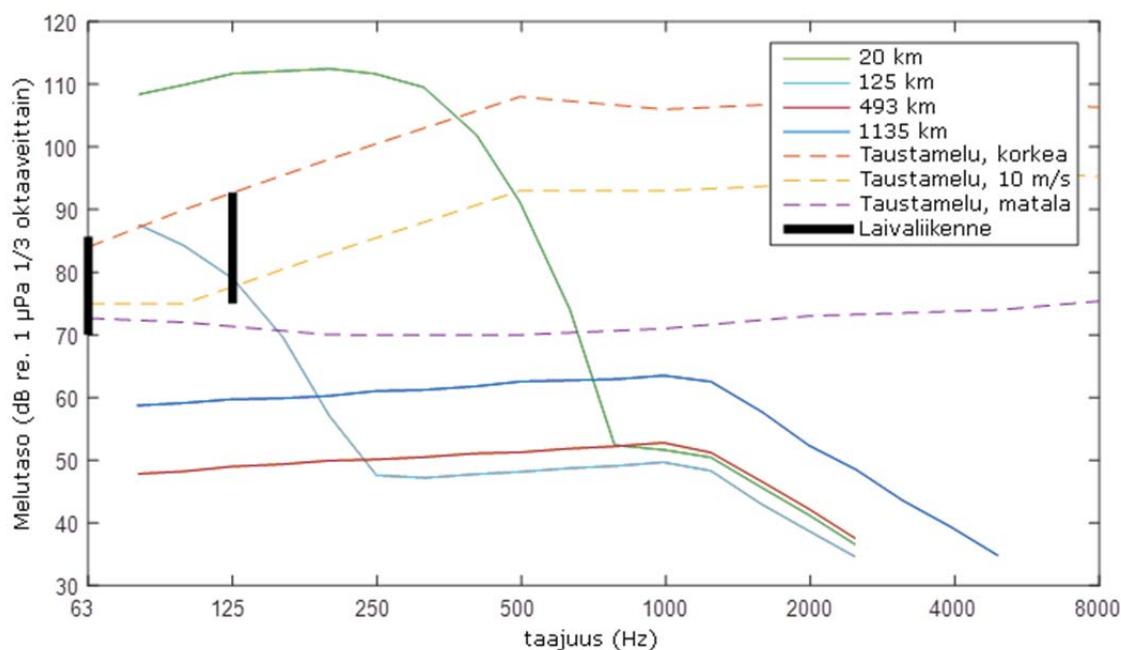
Jos oletetaan, että $\rho c = 1,5 \times 10^6 \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$, korjauskerroin on 54 dB, mikä lisättiin Nord Streamin mallinnettuihin tasoihin (Nord Stream 2009), jolloin saatiin äänenpainetaso.

Mallinnuksen lisäksi todellisia melutasoja mitattiin kolmessa paikassa Suomenlahdella lähellä Nord Stream -putkilinjaa käytön aikaisen melun havaitsemiseksi (Lindfors et al. 2016). Kaikissa kolmessa paikassa laivaliikenteen aiheuttama melu oli voimakasta, joten putkilinjan aiheuttamaa melua ei havaittu. Kuvassa 5-1 esitetään mallinnetut melutasot ja lähellä NSP2:n reittiä tallennetut melutasot. Kuvaan on lisätty myös Suomenlahdella matalassa vedessä mitatut tuulen aiheuttaman melun spektrit (Poikonen 2010).

Melutasot ovat korkeimmillaan lähellä kompressoria (päämelunlähde). Kilometrikohdassa 20 melu ylittää ympäristön melutason suunnilleen 500 hertsiä alemmilla taajuuksilla. Kuvassa 5-1 esitetään kolme eri ympäristön meluspektriä (Poikonen 2010). Alin käyrä on alin mitattu taso täysin tyynellä säällä, keskimäinen käyrä vastaa suunnilleen keskimääräistä tuulen nopeutta 10 ms/s ja ylin käyrä on suurin mitattu melutaso tuulen nopeuden ollessa yli 14 m/s (Poikonen 2010). Kirjohylkeen (ainut hyljelaji, josta on saatavilla luotettavia alhaisten taajuuksien kuulokäyriä) kuuloalueen kynnyksäraja on noin 60 dB re. 1 μPa hiljaisissa olosuhteissa (Kastelein et al. 2009). Tämä tarkoittaa sitä, että lähellä putkilinjaa kilometrikohdassa 20 melutason voidaan odottaa olevan yli 40 dB ympäristön melua suurempaa hiljaisissa olosuhteissa. Ennustetun havaitsemisetaisyyden ekstrapolointi tämän perusteella on vaikeaa, sillä siihen vaikuttavat merkittävästi etenemisvaimennusominaisuudet, joihin syvyysuhteet puolestaan vaikuttavat merkittävästi. Koska putkilinja kuitenkin on lieriömäinen äänenlähde, etenemisvaimennuksen voi odottaa olevan enemmän lieriömäinen kuin pyöreä (Urlick 1983), joten putkilinjan aiheuttaman melun voi odottaa olevan havaittavissa ympäristön melua suurempana useiden kilometrien päässä putkilinjasta. Havaitsemisetaisyys pienenee, kun ympäristön melu kasvaa, mutta jopa tuulen ollessa kovaa (yli 14 m/s) melun pitäisi olla havaittavissa lähellä putkilinjaa kilometrikohdassa 20.

Kauempaa kompressorista, kuten kilometrikohdassa 125 (joka on sekin vielä Venäjän vesialueilla), melu on vähemmän kuuluvaa ja epätodennäköisemmin havaittavissa yli kymmenen metrin päässä putkilinjasta jopa hiljaisissa olosuhteissa.

Melutasojen odotetaan Suomen vesialueilla (kilometrikohdissa 493 ja 1135) olevan selvästi luonnollista ympäristön melua pienempiä, ja koska putkilinjan reitti kulkee lähellä tärkeää laivareittiä Suomenlahdella, ympäristön melun tällä alueella odotetaan olevan enimmäkseen alusten aiheuttamaa (kuten Lindfors et al. tekemät mittaukset indikoivat). Näin ollen putkilinjan aiheuttaman melun ei odoteta olevan kuultavissa Suomen vesialueilla edes hyvin lähellä putkilinjaa.



Kuva 5-1 Mallinnettu Nord Stream -putkilinjasta säteilevän melun voimakkuus neljässä eri kilometrikohdassa (20 km, 125 km, 493 km ja 1135 km) Venäjällä sijaitsevasta kompressoriasemasta katsoen (kilometrikohdat eivät ole suoraan verrattavissa Nord Stream 2-hankkeeseen, koska sen reitti on erilainen). Lisäksi kuvaan on lisätty mustilla palkeilla ilmoitetut mitatut taustamelutasot (arvioitua peittoalueet L_{95} – L_5) kahdella terssikaistalla, 63 Hz ja 125 Hz. Mallinnetut melutasot ovat peräisin julkaisusta Nord Stream (2009), laivaliikennemittaukset julkaisusta Lindfors et al. (2016) ja ympäristön melun mittaukset julkaisusta Poikonen (2010).

5.2 Elinympäristön muuttuminen

Merenpohjaan laskettavat putkilinjat muodostavat uutta kovaa kasvualustaa, ja muuttavat siten elinympäristöä. Tällä saattaa olla myös epäsuoria pitkäaikaisia vaikutuksia, sillä se tarjoaa suojaa kaloille tai siihen voi syntyä levähdyskuntia tai kiinnittyä päällyseliöstöä, jolloin siitä syntyy keinotekoinen riutta (Petersen and Malm 2006). Koville pinnalle kiinnittyvät eliöyhteisöt lisäävät kaloille saatavilla olevan ravinnon määrää. Tämä tarkoittaa sitä, että lajijakauma putkilinjan ympärillä voi muuttua ja yksilömäärä kasvaa. Lajista riippuen muutos saattaa lisätä merinisäkkäille saatavilla olevan ravinnon määrää. Esimerkiksi Mikkelsen et al. (2013) ovat tutkineet keinotekoisien kiviriutan rakentamisen vaikutusta pyöriäisiin. He havaitsivat, että kaikuluotaustoiminta lisääntyi merkittävästi rakentamisen jälkeen – todennäköisesti siksi, että saatavilla oli enemmän saaliseläimiä. Tällaiset riutarakenteet houkuttelevat todennäköisesti kaloja

riippumatta siitä, elääkö niissä kasveja tai eläimiä vai ei, sillä kalat käyttävät kovia pintoja suoja- ja piilopaikkoina. Tämä voi lisätä kalojen määrää paikallisesti. Se, vaikuttaako tämä alueen merinisäkkäisiin, riippuu kuitenkin ympäristötekijöistä, kuten syvyydestä, merenpohjan tyypistä ja kalalajeista.

5.3 Odottamattomat tapahtumat

5.3.1 Mahdollinen kaasuvuoto

Putkilinjan käytön aikana on monia pieniä riskejä, jotka saattavat aiheuttaa putkilinjan vaurion ja vedenalaisen kaasuvuodon. Näitä ovat esimerkiksi korroosio, vaaralliset luonnonilmiöt ja laivaliikenteeseen liittyvät ulkoiset vaikutukset, kuten vedettävät ja pudotettavat ankkurit.

Jos kaasua pääsee vuotamaan, kaikki kaasupatsaan tai sitä seuraavan kaasupilven sisällä olevat merinisäkkäät voivat kuolla jos ne ovat kaasupilven sisällä tai ne voivat paeta vaikutusalueelta, jolloin vuoto vaikuttaa niiden käyttäytymiseen (Nord Stream 2008).

6. Arviointimenetelmät

NSP2-hankkeen Suomen YVA sisältää kuvauksen käytetyistä menetelmistä ja suositukset siitä, miten niitä tulee tulkita eri vaikutuskohteiden yhteydessä (Rambøll 2016b). Näitä menetelmiä käytettiin myös Venäjän vesialueilla tapahtuvien vaikutusten arvioinnissa. Tässä luvussa kuvataan merinisäkkäisiin liittyviä menetelmiä.

Ympäristövaikutusten arvioinnin päätavoite on arvioida vaikutusten merkittävyyttä. Se tehdään yhdistämällä vaikutuskohteen herkkyys ja muutoksen suuruus (Taulukko 6-1). Useimmat arviot noudattavat taulukossa 6-1 kuvattavaa menetelmää, mutta joissakin tapauksissa käytetään myös asiantuntija-arviota. Tällaiset tapaukset selitetään tarkkaan tekstissä. Odottamattomien tapahtumien yleinen merkittävyys yhdistetään lisäksi vaikutuksen todennäköisyyteen, jotta voidaan arvioida merkittävyyttä kokonaisuudessaan. Arviointimenetelmä on samanlainen sekä Suomen että Venäjän vesialueilla.

Arviointi kattaa sekä rakentamis- että käyttövaiheet. Rakentamivaiheen vaikutukset arvioidaan ensin ilman mitään lieventämiskeinoja ja sen jälkeen NSP2 hankkeen käyttämien lieventämiskeinojen kanssa. Vaikutusten arviointimenetelmä on yhtäläinen Suomen ja Venäjän vesissä.

Taulukko 6-1 Vaikutuksen merkittävyyden arvioinnissa käytettävä menetelmä (lähde: Rambøll 2016a). Negatiiviset vaikutukset ovat vasemmalla ja positiiviset oikealla.

Vaikutuksen merkittävyys		Muutoksen suuruus						
		Suuri	Keski-suuri	Pieni	Merkityksetön	Pieni	Keski-suuri	Suuri
Vaikutuskohteen herkkyys	Pieni	Kohtalainen	Vähäinen	Vähäinen	Merkityksetön	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen
	Keski-suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Merkityksetön	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri
	Suuri	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen	Merkityksetön	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri

6.1 Merinisäkkäiden herkkyys

Suomen YVA:ssa kuvataan herkkyyttä seuraavasti: ”Vaikutuksille altistuvan kohteen (kuten eliö, paikka, alue) herkkyys kuvaa sen herkkyyttä mahdollisille hankkeen tai sen oheistoimien aiheuttamille vaikutuksille” ja ”Herkkyyden määrittämisessä käytetään useita kriteereitä, kuten kykyä vastustaa muutoksia, mukautuvuutta, harvinaisuutta, monimuotoisuutta, arvoa muille vaikutuksen kohteille, luonnollisuutta, haavoittuvuutta ja sitä, onko kyseinen vaikutuksen kohde läsnä tai olemassa hankkeen toiminnan aikana”. Lisäksi YVA:ssa todetaan: ”Herkkyyden määrittämisessä tulee käyttää hyväksi säädöksiä ja sosiaalisia arvoja”.

Arvioitaessa merinisäkkäiden herkkyyttä erilaisille vaikutuksille pääpaino on ollut biologiassa (fysiologiset vaikutukset), populaation tilassa (pienenevä/vakaa/kasvava), runsaudessa, erityisen

herkissä ajanjaksoissa (esim. lisääntymis- tai karvanlähtöaika), suojelutasossa (kansallinen ja kansainvälinen) ja levinneisyydessä (eläinten läsnäolo vaikutuksen tapahtumisajankohtana). Merinisäkkäiden herkkyyden arviointimenetelmän yhteenveto on taulukossa 6-2.

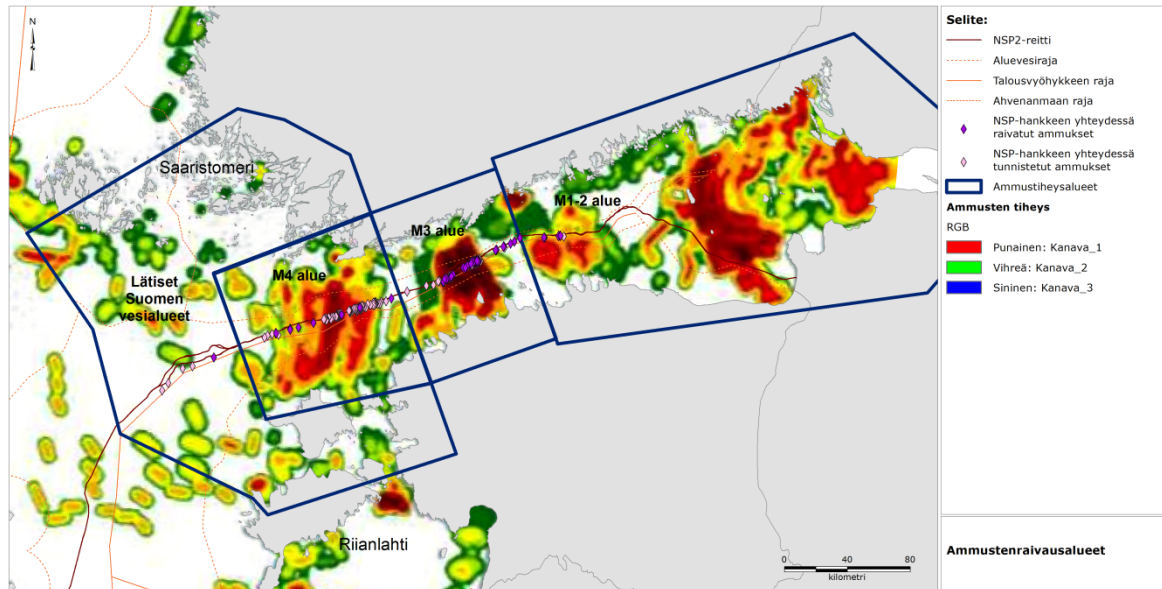
Populaation tilaa, määrää, levinneisyyttä ja suojeluasemaa koskevat tiedot saatiin nykytilan raportista (Teilmann et al. 2017).

Herkkyyttä ja muutoksen suuruutta tulee tarkastella erikseen. Joidenkin herkkyyteen liittyvien lähtötietojen kohdalla tämä on kuitenkin mahdotonta. Jotta eläinten läsnäoloa vaikutuksen tapahtumisajankohtana (varsinkin ammusten raivauksen yhteydessä) voidaan tarkastella, tarvitaan tietoa vaikutuksen laajuudesta (vaikutusalueesta). Vaikutuksen laajuutta tulisi tarkastella yleisemmällä tasolla kuin esimerkiksi melua ja sedimentin leviämistä koskevassa mallinnuksessa. Tästä syystä NSP2:n reitin Suomen osuus jaettiin, tarkasteltaessa vaikutuksia itämerennorppaan, neljään alueeseen populaation tilan ja levinneisyyden mukaan. Erityistä huomiota kiinnitettiin ammusten tiheyteen merenpohjassa sekä NSP:n rakentamisaikana tunnistettuihin ja raivattuihin ammuksiin. Jokainen näistä neljästä tarkastelualueesta, läntistä aluetta lukuun ottamatta, sisältää vähintään yhden kohdan, jossa on mallinnettu ammusten raivauksesta syntyvälle melulle altistumista (kohdat M1–M4). Nämä neljä aluetta olivat 1) Suomenlahden sisemmät osat (alue M1-2), 2) Suomenlahden keskiosa (alue M3), 3) Suomenlahden uloimmat osat (alue M4) ja 4) Suomen läntiset vedet (katso kuva 6-1). Kullakin neljällä alueella löydettyjen ja räjäytettyjen ammusten määrät luetellaan taulukossa 6-3.

Taulukko 6-2 Arviointiluokat ja menetelmä merinisäkkäpopulaatioiden herkkyyttä arvioitaessa. Kaikki Itämeren merinisäkkäät ovat kansainvälisesti ja kansallisesti suojeltuja, joten tämä asia on samanlainen kaikissa herkkyyssuokissa.

Pieni	<p>Populaatio on vakaa, ja sen runsaus on kasvussa.</p> <p>Vaikutusalueella ei ole kansallisesti tai alueellisesti tärkeitä alueita (joita eläimet käyttäisivät lisääntymiseen, ruokailuun tai muuttoon).</p> <p>Merinisäkkäiden tiheys on alhainen.</p> <p>Merinisäkkäslajit eivät ole herkkiä ympäristön muutoksille eli vaikutus ei vaikuta tai vaikuttaa vain väliaikaisesti niiden biologiaan (fysiologiaan tai käyttäytymiseen).</p>
Keskisuuri	<p>Populaatio on vakaa.</p> <p>Vaikutusalueella on osia kansallisesti tai alueellisesti tärkeitä alueista (joita eläimet käyttävät lisääntymiseen, ruokailuun tai muuttoon).</p> <p>Merinisäkkäitä esiintyy yleisesti (= keskisuuri tiheys).</p> <p>Vaikutus vaikuttaa kohtalaisesti merinisäkkäiden biologiaan.</p>
Suuri	<p>Populaatio on pienenemässä ja/tai yksilöitä on vähän.</p> <p>Vaikutusalueella on kansallisesti tai alueellisesti tärkeitä alueita (joita eläimet käyttävät lisääntymiseen, ruokailuun tai muuttoon).</p> <p>Vaikutusalueella on paljon merinisäkkäitä.</p> <p>Merinisäkkäslajit ovat erittäin herkkiä ympäristön muutoksille eli vaikutuksella</p>

on merkittävä haitallinen vaikutus niiden biologiaan (fysiologiaan tai käyttäytymiseen).

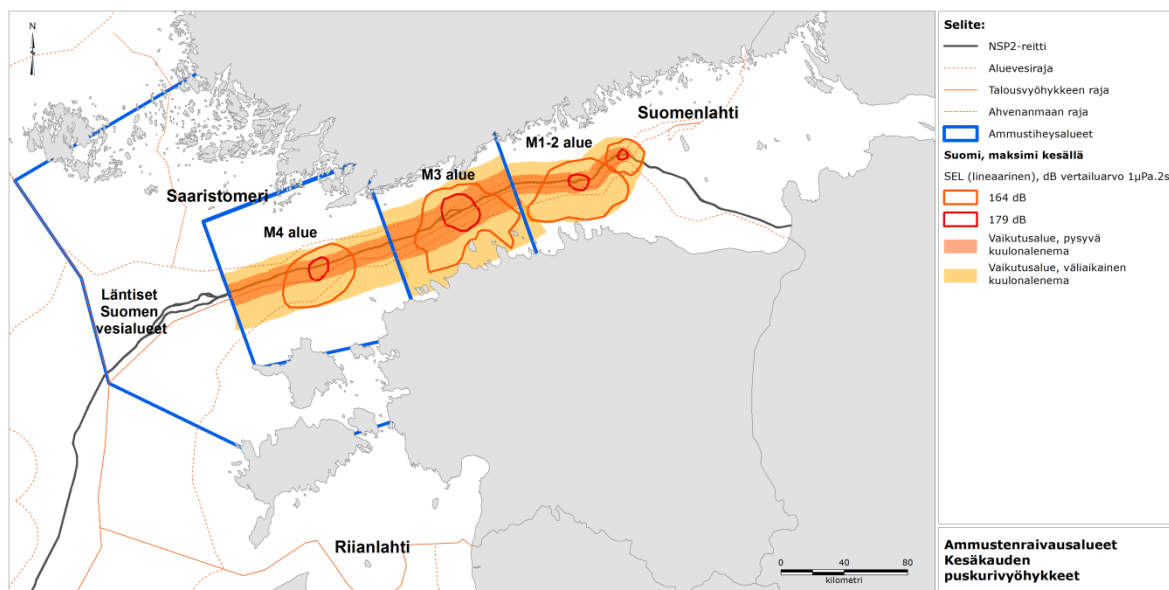


Kuva 6-1 Herkkyyden arviointialueet Suomen osalla NSP2:n reitistä: 1) alue M1-2 (Suomenlahden sisemät osat), 2) alue M3 (Suomenlahden keskiosa), 3) alue M4 (Suomenlahden uloimmat osat) ja 4) Suomen läntiset vedet. Alueet on jaoteltu ammusten tiheyden ja NSP:n yhteydessä raivattujen ammusten perusteella sekä tunnistettujen, mutta raivaamatta jätettyjen (UXO, Unexploded Ordnance) ammusten tiheyden perusteella.

Ammusten raivauksen suhteen aluetta 4, Suomen läntiset vedet, pidetään alueena, jossa vaikutus on pieni, kunnes on selvitetty tarkemmin, onko NSP2:n reitillä ammuksia ja selvitysten perusteella on tehty ammusten raivauksia koskevat melumallit. On kuitenkin selvää, että muilla kolmella alueella raivataan ammuksia, joten kunkin alueen herkkyys päätettiin arvioida NSP2:n reitillä olevien vaikutusvyöhykkeiden perusteella. Vyöhykkeet laskettiin räjähdysten mahdollisesti aiheuttaman tilapäisen kuulonaleneman (temporary threshold shift, TTS) ja pysyvän kuulonaleneman (permanent threshold shift, PTS) laajimpien mahdollisten vaikutusvyöhykkeiden perusteella Suomen vesialueilla sijaitseville alueille M1–M4 (Rambøll 2016a ja taulukko 8-1) (Kuva 6-2). Herkkyysarvioinnissa vyöhykkeistä käytetään nimitystä ”vaikutusalue”.

Taulukko 6-3 NSP-hankkeen aikana tunnistettujen ja raivattujen ammusten määrä neljällä eri alueella, jotka esitetään kuvassa 6-1.

Ammus	Ulkopuoli	M4	M3	M2-1
Raivattu	1	7	42	6
Tunnistettu	5	139	181	7



Kuva 6-2 Vyöhykkeet perustuvat räjähdysten TTS- ja PTS-alueiden suurimpaan mahdolliseen laajuuteen neljällä Suomen vesialueella sijaitsevalla alueella M1–M4 (Rambøll 2016a ja taulukko 8-1).

Venäjän vesialueilla kolmen ammuksen raivauksen esimerkkialueen mallinnetut vyöhykkeet menevät merkittävästi päällekkäin. Yhdessä ne kattavat suurimman osan mahdollisesta vaikutusalueesta. Näin ollen ammuksen raivauksesta aiheutuvien vaikutusten mallien välille ei ollut tarvetta luoda Venäjän vesialueilla erillisiä vyöhykkeitä mahdollisten vaikutusalueiden tunnistamiseksi.

Herkkyys tulee, aina kun mahdollista, arvioida kvantitatiivisesti eli vaikutukselle altistuvien eläinten määrän perusteella. Suomen vesialueiden hylkeiden levinneisyyttä ja määrää koskevat tiedot on saatu lentolaskennoista ja lähettimillä varustettujen yksilöiden seurannasta, kun taas pyöriäisiä koskevat tiedot on saatu passiivisen äänitarkkailun ja satunnaisten havaintojen perusteella. Hylkeiden osalta molemmat käytetyt menetelmät ovat potentiaalisesti erittäin hyödyllisiä, jos tietoja on riittävästi kuvaamaan yksilöiden määrää sekä levinneisyyttä paikallisesti ja ajallisesti. Näin ei tilanne tutkimusalueen osalta kuitenkaan ole (Suomen, Venäjän ja Viron vesialueilla), sillä tutkimustiedot eivät kata kaikkia alueita ja vuodenaikoja. Sekä harmaahylkeen että itämerennorpan osalta tarvittaisiin enemmän seurantatietoa, jotta aineisto olisi riittävän edustava. Tämä ongelma voitaisiin poistaa tekemällä lajien levinneisyysmalli tai elinympäristöjen soveltuvuusmalli olemassa olevien kaukomittaustietojen perusteella. Se voisi olla hyödyllinen tulevaisuudessa arvioinneissa. Tämänhetkiset harmaahyljettä ja itämerennorppaa koskevat tiedot eivät kuitenkaan riitä muutoksen suuruuden arvioimiseen, joten muutoksen suuruutta on arvioitu kvalitatiivisesti käytettävissä olevien lähtötietojen ja asiantuntijalausuntojen perusteella. Pyöriäisiä koskevien passiivisesta äänitarkkailusta saatujen tietojen avulla on luotu levinneisyyskartta, joka kattaa koko Itämeren (SAMBAH 2016). Tämä malli on otettu satunnaisten havaintojen lisäksi huomioon herkkyuden arvioinnissa.

6.2 Muutoksen suuruus

Suomen ympäristövaikutusten arvioinnissa käytettyä menetelmää on käytetty Suomen, Venäjän ja Viron vesialueiden arvioinnissa. Käytetty vaikutuksen suuruusluokka, ”muutoksen suuruus” mittaa hankkeen aiheuttaman muutoksen voimakkuutta, suuntaa (suora/epäsuora), alueellista laajuutta ja

kesto”. Lisäksi ”Yleensä tietyn vaikutuksen alueellinen laajuus voi vaihdella paikallisesta alueelliseen, kansalliseen tai rajat ylittävään. Vaikutuksen kesto voi olla väliaikainen, lyhytaikainen tai pitkäaikainen. Vaikutuksen alueellinen laajuus vaihtelee paikallisesta vaikutuksesta, jossa vaikutus vaikuttaa vain suoraan putkilinjan yläpuolella tai sen läheisyydessä oleviin vesialueisiin, laajaan, jossa vaikutus vaikuttaa useiden neliökilometrien suuruisella alueella. Lopuksi jokaisen tutkitun vaikutuksen suuruusluokkaa arvioidaan luokkien *suuri*, *keskisuuri*, *pieni* ja *merkityksetön* perusteella.” Muutoksen suuruuden arvioinnissa käytettävä menetelmä kuvataan yleisesti taulukossa 6-4.

Taulukko 6-4 Arviointiluokat ja menetelmä arvioitaessa muutoksen suuruutta merinisäkkäille.

Merkityksetön	Ei havaittavissa olevia vaikutuksia merinisäkkäisiin.
Pieni	Vaikutukset ovat voimakkuudeltaan vähäisiä, alueellinen laajuus on pieni ja/tai vaikutuksen kesto on lyhyt (tunteja). Vaikutukset ovat palautuvia eivätkä aiheuta mitään pysyviä muutoksia.
Keskisuuri	Kohtalaisia vaikutuksia merinisäkkäisiin. Vaikutusaika vaihtelee päivistä viikkoihin. Alueellinen laajuus on rajallinen. Jotkut vaikutukset voivat olla pysyviä.
Suuri	Merkittäviä ja pitkään kestäviä (kuukausia) tai pysyviä vaikutuksia merinisäkkäisiin (esim. suuri voimakkuus). Alueellinen laajuus on suuri. Suurin osa vaikutuksista on pysyviä.

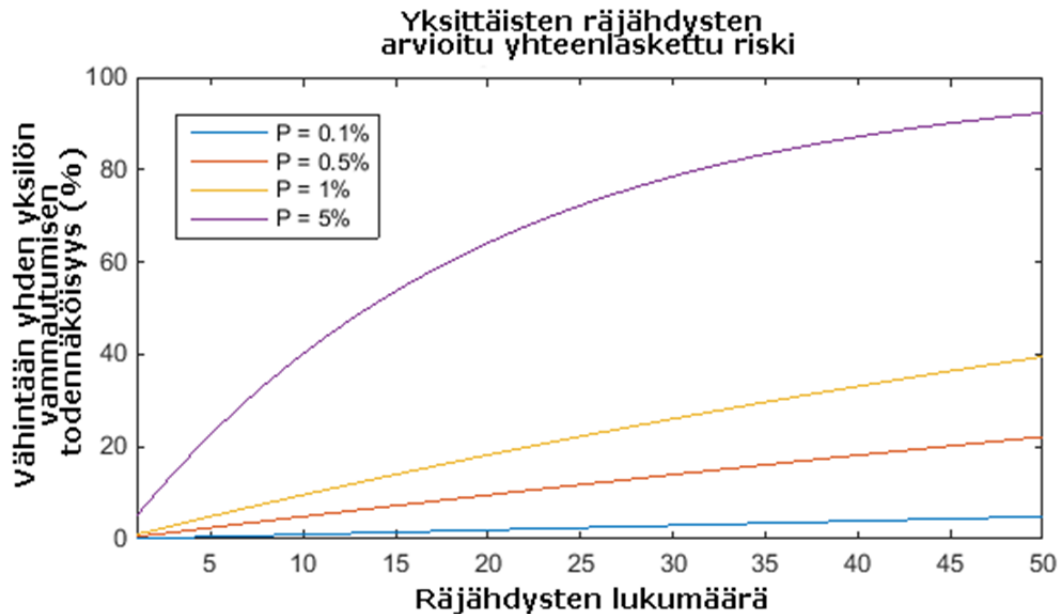
6.3 Arviointitasot

Kolmen merinisäkläslajin kohdalla ammusten raivauksen vaikutukset on päätetty arvioida kahdella tasolla:

1. Merkitys populaatiotasolla hylkeiden levinneisyyteen ja määrään
2. Merkitys yksilötasolla: vaikka yksittäisten hylkeiden vammautuminen tai kuoleminen ei ehkä vaikuta populaatioon ja ympäristöön merkittävästi, suurten nisäkkäiden vammautuminen tai kuolema voi johtaa merkittäviin eettisiin ongelmiin.

Jatkuvasta räjähdyksille altistumisesta johtuvat kumulatiiviset vaikutukset arvioidaan sekä yksilötasolla (kiinnittäen erityistä huomiota tilapäiseen ja pysyvään kuulonalenemaan ja käyttäytymisen muutoksiin) että populaatiotasolla. Kumulatiivisia vaikutuksia populaatiotasolla syntyy, koska aina uuden räjähdyn yhteydessä on olemassa riski, että useammat eläimet vammautuvat melun vuoksi. Vaikka yhden räjähdyn vaikutus populaatioon olisikin arvioitu vähäiseksi, kumulatiiviset riskit tulevat jossain vaiheessa niin suuriksi, että vaikutus on määritettävä suuremmaksi kuin merkityksetön. Tämän suhteen määrittäminen on erittäin vaikeaa, koska riskeistä ja eläinten käyttäytymisestä tarvitaan erittäin tarkkoja tietoja. Ilmiö esitetään kaikkein yksinkertaisimmassa muodossaan kuvassa 6-3, jossa esitetään yhden tai useamman

eläimen vammautumisen kumulatiivinen todennäköisyys ottaen huomioon yksittäisen räjähdysten todennäköisyys (p) ja olettaen, että riski ei muutu räjähdysten välillä. Todellisuudessa riski voi suurentua (jos räjähdys houkuttelee paikalle eläimiä kauempaa, mikä lisää seuraaville räjähdyksille altistuvien eläinten määrää) tai pienentyä (koska räjähdyksellä voi olla karkottava vaikutus eli yhdelle räjähdykselle altistuneet eläimet voivat pysyä poissa alueelta).



Kuva 6-3 Kumulatiivinen riski, että vähintään yksi eläin vammautuu toistuvien räjähdysten vuoksi, jos yksittäisen räjähdysten riski (P) pysyy vakiona ja altistumisia voidaan pitää erillisinä tapahtumina. Tässä tapauksessa $P(N) = 1 - (1 - P)^N$.

7. Merinisäkkäiden herkkyys

Melulla, sedimentin leviämällä, veden sameudella, laivaliikenteellä ja elinympäristön muutoksilla voi olla joko negatiivinen tai positiivinen vaikutus merinisäkkäiden käyttöön. Edellä mainitut tekijät voivat joko karkottaa eläimiä pois vaikutusalueelta tai houkuttaa niitä sinne, taikka haitata eläinten normaalia käyttäytymistä, kuten ravinnonetsintää tai sosiaalista käyttäytymistä. Esimerkiksi veneestä käsin tehdyissä pyöriäshavainnoinneissa on todettu, että pyöriäiset sukeltavat tai uivat pois, kun vene on alle 50 metrin etäisyydellä (SCANSII 2008). Lisäksi on todennäköistä, että merinisäkkäät siirtyvät pois alueelta kuultuaan epätavallisen tai kovan äänen tai huomattuaan näkyvyyden heikkenen eli veden muuttuneen sameammaksi sedimentin leviämisen vuoksi. Näiden lisäksi melulla ja sedimentin leviämällä on myös muita erityisiä vaikutuksia.

Tässä luvussa arvioidaan pyöriäisten, harmaahylkeiden ja itämerennorppien herkkyyttä luvussa 6.1 kuvatulla menetelmällä. Ellei toisin mainita, herkkyysarviot ovat samanlaiset Suomen, Viron ja Venäjän vesialueille.

7.1 Vedenalainen melu

Vedenalainen melu on hyvin tunnettu meriekosysteemiin eli myös merinisäkkäisiin vaikuttava tekijä (esim. National Research Council 2005, Tyack 2009). Tämä vaikutus voi syntyä useiden eri prosessien kautta, ja yleensä sen yhteydessä otetaan huomioon kolme keskeistä asiaa:

- fyysiset vammat (esim. painevammat) ja kuulon heikkeneminen (ml. PTS/TTS)
- eläinten käyttäytymisen häiriintyminen
- eläimille tärkeiden äänien peittyminen muihin ääniin.

Yllä mainittujen kolmen asian lisäksi eläimet reagoivat meluun yleisemmin fysiologisella tasolla. Tällaisia vaikutuksia ovat esimerkiksi voimakkaiden äänien aiheuttama veren stressihormonitason kohoaminen (Romano et al. 2004) ja mahdollisesti myös krooninen stressi, jos altistuminen äänille on pitkäaikaista. Koska koetuloksia on kuitenkin vain vähän, fysiologiset vaikutukset jätetään yleensä pois vaikutusarvioinneista. Myös neljäs vaikutustyyppi otetaan huomioon: kuuluvuusvyöhyke (Richardson et al. 1995) eli yksinkertaisesti se alue, jossa melu on kuultavissa ympäristön melua kovempaa. Pelkästään melun kuuluminen ei kuitenkaan itsessään tarkoita, että sillä olisi mitään vaikutusta, joten sitä ei tarkastella enempää tässä yhteydessä.

Vaikutusten vakavuus muuttuu vähitellen tilapäisestä kuulonalenemasta (TTS, katso 7.1.2) pysyvään kuulonalenemaan (PTS, katso 7.1.2) ja edelleen äkillisiin meluvammoihin ja kudosvaurioihin (kuva 7-1). Jotkut lähteet, kuten von Benda-Beckmann et al. (2015), ovat arvioineet näitä siirtymärajoja yleisellä äänialtistustasoa (SEL, sound exposure level) kuvaavalla akselilla. Äkilliset meluvammat näyttävät korreloivan paremmin äänipulssien kanssa kuin SEL (Yelverton et al. 1973). Tätä suoraa ryhmittelyä samalle akselille pidetään erittäin vaikeana kvantitatiivisesta näkökulmasta katsottuna, joten sitä ei ole edes yritetty. Näin ollen huomioon on otettu vain kolme tasoa, jotka on muunnettu vaikutusalueiksi: TTS-alueen alku, PTS-alueen alku ja kudosvaurioiden syntyminen. On tärkeää ottaa huomioon, että vaikutukset ovat asteittaisia eivätkä ne ole erillisiä ja että kynnsarvot ovat tilastollisia. Siten altistustasoilla, jotka ovat hyvin

lähellä esimerkiksi tilapäisen kuulonaleneman kynnyksarvoa, on olemassa kasvanut riski, että joillekin yksilöille kehittyä vähäisessä määrin kuulonalenemaa ja meluallistuksen noustessa, tilapäisen kuulonaleneman riski ja vakavuusaste kasvaa.



Kuva 7-1 Vakavuusasteita kuvaava kaavio. Siirtymien tarkka paikka x-akselilla riippuu merkittävästi äänen tyypistä.

7.1.1 Painevammat (ammusten raivauksen aiheuttamat)

Lähellä räjähdyspaikkaa räjähdysaikaansaama paineaalto voi aiheuttaa kudonvaurioita. Kudonvaurioita syntyy, koska eritiheyksisten kudosten kiihtyvyys on erilaista, ja se voi kirjaimellisesti repiä kudoksia. Tämä voi aiheuttaa mitä tahansa vähäisestä verenvuodosta aina kuolemaan saakka. Kudonvaurioiden riskiä arvioidaan *äänipulssien* kautta. Äänipulssien mittayksikkö on Pa·s (katso alaviite¹), joka on periaatteessa paineaallon positiivisen painepulssin aikaintegraali. Yelverton et al. (1973) ovat määritelleet altistumisrajat tehtyään useita kokeita elävillä lampailla ja koirilla järvessä. Koska kaikkein tärkein tekijä eri eläimiin kohdistuvia vaikutuksia skaalattaessa näyttää olevan keuhkojen tilavuus, kynnyksarvojen katsotaan olevan sovellettavissa pieniin merinisäkkäisiin, kuten hylkeisiin ja pyöriäisiin. Yelverton et al. (1973) määrittivät taulukossa 7-1 mainitut neljä raja-arvoa.

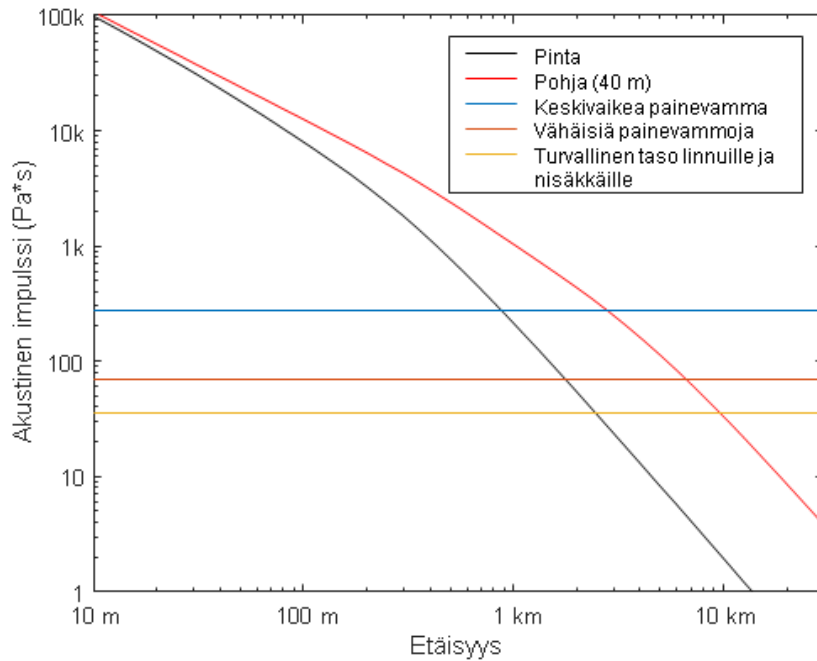
¹ On huomattava, että tämä mittayksikkö on eri yksikkö kuin äänenpaineen mittayksikkö (Pa) ja äänenaltistustason (SEL) mittayksikkö (Pa²s). Näiden yksiköiden välillä ei ole yksinkertaista yhteyttä, joten niiden muuntaminen helposti ei ole mahdollista eikä niiden suoraan vertaaminen ole sallittua. Tämä tarkoittaa myös, että räjähdysvamman alueen koko pitää mallintaa erikseen TTS-/PTS-alueesta luvussa 7.1.2 kuvatulla tavalla. Esimerkki tällaisesta mallinnuksesta on luvussa 9.1.1.

Taulukko 7-1 Nisäkkäiden painevammojen kynnyksarvot. Lähde: Yelverton et al. (1973). On huomioitava, että pyöriäisillä ei muiden valaiden ja delfiinien tapaan ole toimivaa tärykalvoa.

Akustinen impulssi	Kuvaus
280 Pa · s	Ei kuolemantapauksia, mutta kohtalaisia painevammoja, kuten tärykalvon repeämisiä, ilmenee usein. Eläinten katsotaan pystyvän toipumaan vammoista itsekseen.
140 Pa · s	Vähäisiä painevammoja, kuten tärykalvon repeämisiä, ilmenee erittäin usein.
70 Pa · s	Merkityksettömän pieniä painevammoja ilmenee harvoin. Ei tärykalvon repeämisiä.
35 Pa · s	Turvallinen taso.

Tuoreessa kirjallisuuskatsauksessa, johon on koostettu lukuisia ihmiseen kohdistuneita lääketieteellisiä tapauksia painevammoihin liittyen (Lance et al. 2015), on selvitetty turvarajoja sukeltajille. Tämä tutkimus sisälsi riittävästi tapauksia, joiden perusteella voitiin tehdä riskilaskelmia (475 yksilön altistus toisessa maailmansodassa, joista useat tapaukset olivat kuolettavia). Näistä tapauksista johdetut raja-arvot olivat 30 Pa·s (10 % mahdollisuus vammaan, josta toipuminen on mahdollista) ja 240 Pa·s (kuoleman aiheuttava vamma). Lievempiä vaurioita aiheuttava raja-arvo vastaa hyvin Yelvertonin et al. (1973) vastaavia arvoja, mutta raja-arvo kuolleisuutta aiheuttaville vammoille on huomattavasti alhaisempi kuin Yelvertonin et al. (1973) tutkimusten mukaan, koska se on verrannollinen kohtalaisiin vammoihin, joista eläinten katsotaan toipuvan itsenäisesti. Se, missä määrin ihmisiin liittyvä aineisto (Lance et al. 2015) ja koirista ja lampaista saatu aineisto (Yelverton et al. 1973) ovat verrattavissa ja mikä aineistoista on parhaiten sovellettavissa merinisäkkäisiin, ei ole tiedossa.

Kuvassa 7-2 on esimerkki arvioidusta painevammoja aiheuttavasta vyöhykkeestä, kun 300 kg:n miina räjäytetään 40 metrin syvyydessä. Kuva osoittaa, että vyöhyke voi ulottua usean kilometrin päähän räjähdyspaikasta.



Kuva 7-2. Esimerkki arvioidusta äänipulssista ja sen levinneisyysalueesta, kun merenpohjassa 40 metrin syvyydessä räjäytetään 300 kg:n panos (miina + räjäytyspanos). Musta viiva osoittaa eläimiä vedenpinnalla ja punainen viiva eläimiä lähellä merenpohjaa. Kolme vaakasuuntaista viivaa osoittavat vammautumiskynnyksiä, jotka on määrittänyt Yelverton et al. (1973). Pahimmaksi mahdolliseksi skenaarioksi oletetaan tilanne, jossa koko panos räjähtää yhdessä räjäytyspanoksen kanssa ja räjähdys on suorassa yhteydessä avoveteen (kokonaan merenpohjan päällä). Ennusteet ja vammautumiskynnykset, katso Yelverton et al. (1973) (taulukko 7-1).

Räjähdys vaikuttaa pahemmin lähellä merenpohjaa oleviin kuin lähellä pintaa oleviin eläimiin, joten vaikutusalueen suuruus riippuu syvyydestä, jossa eläimet ovat. Vaikutusalueella olevien eläinten määrä, N_{total} , voidaan arvioida eläinten taajuudesta vesivolyymissä jokaisessa n -syvyyskerroksessa, joista jokainen on pystysuunnassa d metriä.

$$N_{total} = \sum_n D_i d \pi r_i^2 \quad \text{Yhtälö 1}$$

jossa D_i on eläinten taajuus vesivolyymissä ja r_i on vaikutusalue, molemmat syvyyskerroksessa i . Jos eläinten odotetaan olevan tasaisesti jakautuneina syvyysuunnassa, N_{total} on

$$N_{total} = \pi \frac{D}{n} \sum_n r_i^2 \quad \text{Yhtälö 2}$$

jossa D on tavanomaisempi eläinten taajuus ilmaistuna eläiminä vedenpinnan neliometriä kohden. Uudelleenjärjestelyiden avulla voidaan määrittää vaikutusalueen ekvivalenttinen säde r_{eq}

$$r_{eq} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_n r_i^2} \Leftrightarrow N_{total} = D \pi r_{eq}^2 \quad \text{Yhtälö 3}$$

Tämä ekvivalenttinen säde tarkoittaa sädettä, jolla vaikutus on syvyyden vakio ja melu vaikuttaa samaan määrään eläimiä kuin realistisemmassa skenaariossa, jossa vaikutusten määrä suurenee syvyyden mukana. Esimerkissä kuvassa 7-2 ekvivalenttinen säde on 5 km. Koska suurin osa

räjähdyksistä on todennäköisesti merkittävästi pienempiä kuin 300 kg (Rambøll 2016d), räjähdysvamman alueen katsotaan kattavan pysyvän meluvamman kuulonaleneman (permanent threshold shift, PTS) alueen. Nämä kaksi vaikutustyyppiä arvioidaan kuitenkin erikseen.

Räjähdyksen todelliset vaikutukset riippuvat merkittävästi vaikutusalueilla räjähdysketkellä olevien eläinten määrästä.

Merinisäkäs, joka altistuu kohtalaisille painevammoille tulee selviämään vammoista itse, eikä pitkäaikaisia vaikutuksia ole odotettavissa. On kuitenkin mahdollista, että vauriot laskevat eläimen kuntoisuutta tietyksi ajaksi tai jopa aiheuttavat häiriön lisääntymisessä (keskenmeno) lisääntymiskaudella. Tämän seurauksesta kohtalaiset painevammat voivat vaikuttaa hyvin pieniin uhanalaisiin populaatioihin kuten pyöriäiseen tai itämerennorpan Suomenlahden osapopulaatioon.

Molempien hyljelajien herkkyys painevammoihin arvioidaan **suureksi** yksilötasolla, koska on olemassa kuolemaan johtavien vammojen riski ja koska hylkeitä on alueella hyvin suurella todennäköisyydellä. Populaatiotasolla herkkyys painevammoille on samaa tasoa kuin PTS-herkkyys – katso luku 7.1.4.

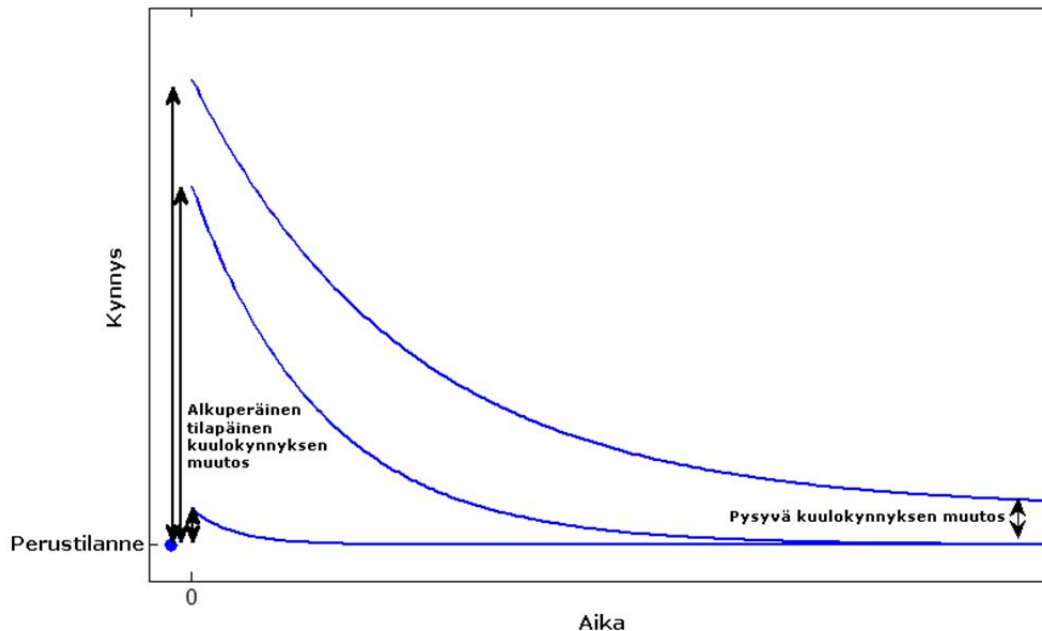
Pyöriäisten herkkyys painevammoille sekä populaatio- että yksilötasolla arvioidaan **pieneksi**, koska niitä on hyvin vähän Suomen, Viron ja Venäjän vesialueilla.

7.1.2 Kuulokynnyksen muutos (TTS/PTS)

On yleisesti hyväksyttyä, että merinisäkkäillä kuulojärjestelmä on äänen aiheuttamille vammoille kaikkein herkin elin eli kuulojärjestelmä vaurioituu alhaisemmalla äänitasolla kuin muut kudokset (katso esim. Southall et al. 2007). Lisäksi melun aiheuttama kuulokynnyksen muutosta voidaan pitää varovaisuusperiaatteen mukaisena ennusteena laajemmille kuulojärjestelmän vaurioille. Melun aiheuttama kuulokynnyksen muutos tarkoittaa väliaikaista kuuloherkyyden muutosta meluallistuksen jälkeen (jollaisen ihmiset kokevat usein esimerkiksi rock-konsertin jälkeen). Väliaikainen kuulonalenema (temporary threshold shift, TTS) häviää ajan mittaan. Sen paranemiseen kuuluva aika riippuu vaikutuksen vakavuudesta. Vähäinen väliaikainen kuulonalenema häviää muutamissa minuuteissa, mutta erittäin laajan väliaikaisen kuulonaleneman paranemiseen voi mennä tunteja tai jopa päiviä. TTS:n muutos ajan mittaan esitetään kuvassa 7-3. TTS:n määrää heti meluallistuksen päättymisen jälkeen kutsutaan alku-TTS:ksi (initial TTS). Se osoittaa, miten paljon kuulokynnys on muuttunut, ja sitä mitataan desibeleinä (dB). Mitä suurempi alku-TTS, sitä pidempi toipumisaika.

Suuremmilla äänenaltistustasoilla kuulokynnys ei koskaan palaa täysin ennalleen, vaan jäljelle jää pieni tai suurempi pysyvä kuulonalenema (permanent threshold shift, PTS); katso kuva 7-3. Tämä pysyvä kuulonalenema johtuu sisäkorvan aistinsolujen vaurioitumisesta (Kujawa and Liberman 2009). 50 dB tai suurempaa alku-TTS:ää pidetään yleensä merkittävänä PTS-riskinä (Ketten 2012). Myös vähäisemmät TTS:t voivat usein toistuessaan saada aikaan PTS:n (Kujawa and Liberman 2009). Tämä on myös ihmisten kohdalla hyvin tunnettu tosiasia. Tätä kumulatiivista vaikutusta ei kuitenkaan ole otettu huomioon tässä arvioinnissa, koska merinisäkkäistä ei ole olemassa mitään koetuloksia, jotka auttaisivat tämän vaikutuksen suuruuden määrittämisessä.

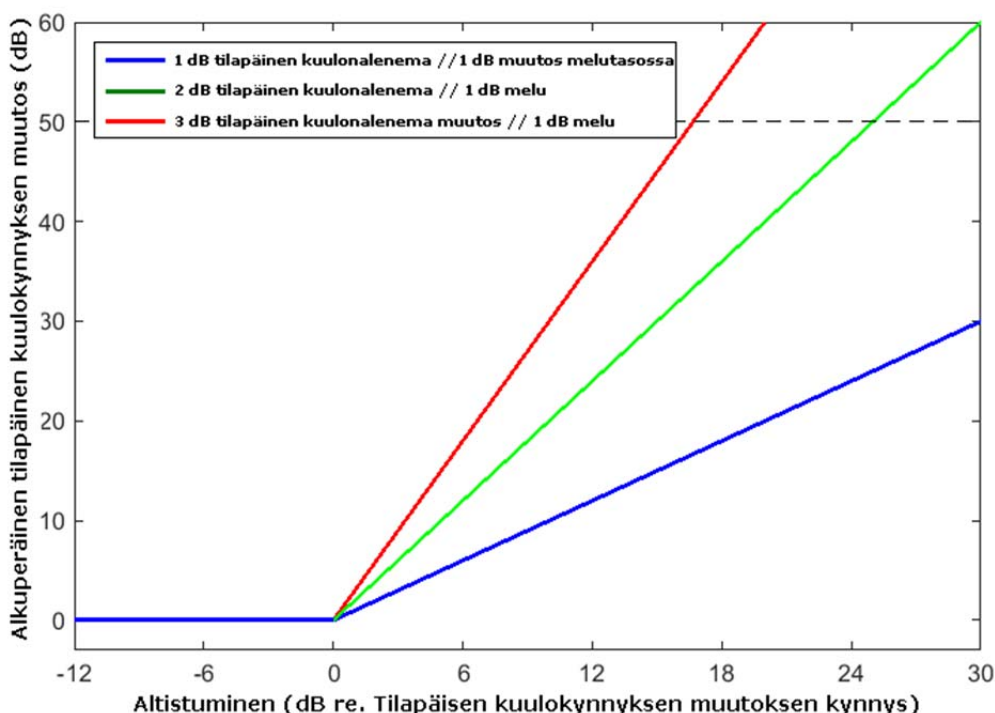
Jotta altistusmallin tuloksia voitaisiin vertailla eläimiin kohdistuvien vaikutusten määrittämiseksi, tarvitaan TTS- ja PTS-kynnysarvot, joihin tuloksia verrataan. Tällaisten arvojen määrittäminen on ollut suuri saavutus, johon on osallistunut useita tahoja katso Southall et al. 2007, Finneran 2015). Tällä hetkellä ei voida sanoa olevan mitään yleisesti hyväksyttyjä TTS- ja PTS-kynnysarvoja. Asia kuitenkin yksinkertaistuu hieman, jos keskitytään vain yhdentyypiseen ääneen, kuten äänitykin ääneen tai paalutustöistä syntyvään ääneen, ja vain lajeihin, joista on saatavilla tarpeeksi tietoa. Esimerkiksi paalutustöistä syntyvän matalataajuuksisen melun kirjohylkeille ja pyöriäisille aiheuttaman TTS:n tutkimiseen on käytetty suhteellisen paljon aikaa, sillä nämä lajit ovat tärkeitä lajeja monissa vaikutusarvioinneissa. TTS keskittyy yleensä samoihin taajuuksiin kuin TTS:n aiheuttama melu tai tätä taajuutta hieman korkeampiin taajuuksiin. Näin ollen matalataajuuksisen melun aiheuttama TTS vaikuttaa kuuloon yleensä vain alhaisilla taajuuksilla (Kastelein et al. 2013b).



Kuva 7-3 Kaavio TTS:n paranemisesta ajan mittaan. Aika-akselin nolla on se hetki, kun TTS:n aiheuttama kuuloa heikentävä tai väsyttävä melu (fatiguing noise) – päättyi. Kuulokynnys palaa vähitellen perustasolle, paitsi jos alku-TTS oli erittäin suuri, jolloin jäljelle saattaa jäädä pienempi kynnyksen nousu eli pysyvä kuulon alenema (PTS). Lähde: Skjellerup et al. (2015). Koska kyseessä on kaaviokuva, akseleilla ei ole mitään asteikkoja. Aika-akseli on yleensä tunneista päiviin ja kuulokynnyksen nousua mitataan kymmeninä desibeleinä.

Koska PTS-kynnysarvoja ei voi eettisistä syistä mitata kokeellisesti, sovitettu tapa arvioida PTS-kynnysarvot on niiden ekstrapolointi TTS-kynnysarvoista sille meluarvolle, jonka ennustetaan aiheuttavan 50 dB:n TTS:n eli merkittävän PTS-riskin. Tämä ekstrapolointi ei kuitenkaan ole vähäpätöistä, sillä sen tekee monimutkaisemmaksi se tosiasia, että altistuksen ja alku-TTS:n välinen suhde ei ole suoraan verrannollinen (see e.g review by Finneran 2015). Yksi desibeli lisää melua TTS:n aiheuttavan kynnyksarvon yläpuolella voi aiheuttaa enemmän kuin yhden desibelin verran lisää TTS:ää; katso kuva 7-4. TTS:n kasvukäyrän jyrkkyys vaihtelee kokeesta toiseen, ja pyöriäisillä on havaittu jopa neljän desibelin käyriä yhtä lisämeludesibeliä kohden (Lucke et al. 2009).

Kaksi TTS:ään ja PTS:ään liittyvää tekijää ovat erityisen tärkeitä. Ensimmäinen tekijä on TTS:ää tai PTS:ää aiheuttavan melun taajuusspektri, josta seuraa kysymys, miten erityyppisten meluspektriin erot voidaan ottaa huomioon taajuuspainotuksessa. Toinen tekijä on TTS:n/PTS:n kumulatiivinen luonne. On hyvin tunnettu tosiasia, että altistuksen kestolla ja pulssisuhteella (niillä ajanjaksoilla ajoittaisen altistuksen kuten paalutuksen aikana, jolloin melua ilmenee) on suuri merkitys TTS:n/PTS:n määrään, mutta tätä suhdetta ennustamaan ei ole kehitetty mitään yksinkertaista mallia.



Kuva 7-4 Kaavakuva alku-TTS:n kasvusta melu-altistuksen kasvaessa. Kaaviossa on kolme erillistä käyrää. Tässä tulee huomata, että todelliset käyrät eivät välttämättä ole lineaarisia. Katkoviiva osoittaa PTS:n aiheuttavaa kynnyksarvoa, jonka oletetaan olevan 50 dB:n alku-TTS. Lähde: Skjellerup et al. (2015).

Taajuuden merkitys

TTS- ja PTS-riskejä arvioitaessa on merkittävää epävarmuutta siitä, miten tutkimuksissa pitäisi ottaa huomioon se, että eläimet eivät kuule yhtä hyvin kaikilla taajuuksilla. Southall et al. (2007) ovat ehdottaneet, että taajuuksia pitäisi painottaa melko laajalla painotusfunktiolla (M-painotus), joka poistaa energiaa vain hyvin alhaisilla ja hyvin korkeilla taajuuksilla, jotka ovat selvästi eläinten parhaan kuuloalueen ulkopuolella. Eri merinisäksryhmille on kehitetty erilaisia painotusfunktioita. Toiset tutkijat ovat ehdottaneet rajoitetumpaa painotusta käänteistä kuulokäyrää (e.g. Terhune 2013, Tougaard et al. 2015) muistuttavan painotussuodatinfunktion avulla tai muita keskitason painotustapoja, jotka korostavat suurempia taajuuksia pienempien, vähemmän helposti kuuluvien taajuuksien asemesta (Finneran and Schlundt 2013). Niin kauan kuin tämä kysymys on ratkaisematta, on epäselvää, miten taajuuspainotus pitäisi tehdä, ja tuloksia taajuusalueelta toiselle ekstrapoloitaessa pitää olla erityisen varovainen (Tougaard et al. 2015).

Jäljempänä käytetty lähestymistapa on tämän vuoksi rajoitettu ekstrapolointiin taajuuksien välillä käyttäen painottamattomia tasoja samalta taajuusalueelta kuin arvioidut melut (räjähdys ja kiviaineksen kasaaminen). Tämä lähestymistapa vähentää virheellisestä signaalien painotuksesta johtuvien virheiden mahdollisuutta (Tougaard et al. 2015).

Vakioenergiahypoteesi

Merinisäkkäiden TTS:n aiheuttamiseen vaadittavien äänitasojen määrittämiseen on käytetty paljon aikaa. Aluksi tutkimuksia tehtiin pullonokkadelfiineillä, maitovalaililla ja merileijonilla (katso Southall et al. 2007), mutta äskettäin on saatu myös suuri määrä tuloksia muistakin lajeista, kuten kirjohylkeistä ja pyöriäisistä (katso Finneran 2015). Southall et al. (2007) aluksi antamat suositukset sisälsivät epävarmuuden siitä, mikä yksittäinen tekijä äänessä korreloi parhaiten aiheutetun TTS:n määrän kanssa, mikä johti kahden kriteerin käyttöön: toinen ilmaistiin hetkellisenä huippupaineena ja toinen äänienergiana (paineen integraali potenssiin kaksi ajan mittaan; katso jäljempänä). Tougaard et al. (2015) ja Finneran (2015) arvioissa tätä epävarmuutta ei enää ole, joten on yleisesti hyväksyttyä, että jos kaikki muut parametrit ovat samat, TTS:n määrä korreloi paremmin äänienergian kuin äänen huippupaineen kanssa. Äänienergia ilmaistaan useimmiten äänenaltistustasona (sound exposure level, SEL), joka on:

$$SEL = 10 \log \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \quad \text{Yhtälö 3}$$

jossa $p(t)$ on ajan T kestävän signaalin hetkellinen paine hetkenä t ja p_0 on referenssipaine ($1 \mu\text{Pa}$ vedessä). Näin ollen SEL-mittayksikkö on dB re. $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$. On mahdollista osoittaa, että tämä mittayksikkö on todellakin energian mittayksikkö, joka on verrannollinen arvoon Jm^{-2} veden akustisesta impedanssista riippuvalla vakiolla.

Integraatioajan T tulisi olla sama kuin kuulon väsymiseen johtavan melun kesto tiettyyn rajaan saakka. Tästä rajasta on erimielisyyttä. Ihmisten kuulonmittauksessa käytetään yleensä 24 tuntia yhdessä sen järkevän oletuksen kanssa, että ihmiset altistuvat usein kovalle melulle työpäivän aikana ja lepäävät sitten yön hiljaisessa paikassa. Tämä oletus ei päde yhtä hyvin merinisäkkäisiin, mutta Southall et al. (2007) käyttivät silti 24 tunnin enimmäisrajaa painottaen, että se oli todennäköisesti erittäin konservatiivinen (eli se johti todennäköisesti ylisuojelemiseen). Jos altistuksen tunnettu kesto on alle 24 tuntia, tulee tietysti käyttää todellista kestoja, kuten jäljempänä tehtiin kiviaineksen kasaamisesta syntyvän melun yhteydessä (integroitu SEL kahden tunnin aikana).

7.1.3 Pyöriäisten TTS ja PTS

Pyöriäisten TTS:stä on käytettävissä useita tutkimuksia. Yksi tutkimus, Lucke et al. (2009), liittyy räjähdysiin. Lucke et al. (2009) mittasivat yksittäisille pienen, 20 kuutiotuuman äänitykin pulsseille alistumisen aiheuttamaa TTS:ää, kun saatu SEL oli $164 \text{ dB re. } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$. Tämä kynnysarvo on merkittävästi pienempi kuin muut toistuvien pulssien (Kastelein et al. 2015 mitattu TTS, jonka on aikaansaanut 1 tunnin mittainen paalutuksesta aiheutuva pulssi) tai pidempien äänien (Kastelein et al. 2012, Kastelein et al. 2013b, Kastelein et al. 2014) mitatut TTS-arvot. Ero johtuu todennäköisesti Lucke et al. (2009) tutkimuksessa käytetyn äänitykin impulssimaisesta luonteesta. Eri havainnot tukevat sitä, että yksittäisten pulssien, ajoittaisen melun ja jatkuvan

melun kynnysarvoja ei voi verrata suoraan toisiinsa, joten se yksinkertainen oletus, että kokonaismelun SEL määrittäisi aiheutetun TTS:n (yllä kuvattu *vakioenergiahypoteesi*) ei päde kaikkien äänien kohdalla. Esimerkki erilaisista eri pulssien, toistuvien pulssien ja jatkuvan melun kynnysarvoista löytyy viitteestä e.g. Finneran et al. (2010). Äskettäin saatu näyttö siitä, että delfiinien kuuloherkkyys heikkenee nopeasti niiden altistuttua varoitussignaalin aiheuttamalle kovalle melulle (Nachtigall and Supin 2014) tarkoittaa myös sitä, että sisäkorvan altistuminen yksittäiselle lyhytaikaiselle melupulssille voi olla merkittävästi suurempaa kuin pidempiaikaiselle melulle tai toistuville pulsseille altistuminen. Koska räjähdysten aiheuttama lyhytaikainen melu koostuu yksittäisistä pulsseista, on järkevää käyttää ainoaa yksittäisen pulssin aiheuttamalle ärsykkeelle laskettua kynnysarvoa, joka on 164 dB re. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ viitteestä Lucke et al. (2009), ja jota myös von Benda-Beckmann et al. (2015) käyttivät arvioidessaan ammusten raivauksen vaikutuksia pyöriäisiin eteläisellä Pohjamerellä.

Jatkuvalla melulla, kuten kiviaineksen kasauksesta aiheutuvalla melulla, on tarkoituksenmukaisempaa johtaa TTS-kynnysarvo niistä monista tutkimuksista, joissa käytetään erikestoista kuuloa väsyttävää melua (Kastelein et al. 2012, Kastelein et al. 2013b, Kastelein et al. 2014). Finneran (2015) on tiivistänyt nämä tutkimukset yhteen kynnysarvoon, joka on 188 dB re. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$.

Southall et al. (2007) ovat ehdottaneet PTS:n aiheuttavaa kynnysarvoa korkeataajuuksista äänialuetta käyttäville valaille ja delfiineille, joihin myös pyöriäiset kuuluvat. Tämä kynnysarvo perustui kuitenkin vain koetuloksiin keskitaajuutta käyttävistä valaista ja delfiineistä (pullonokkadelfiineistä ja maitovalaista), eikä sitä enää pidetä edustavana. Vain yksi tutkimus liittyy suoranaisesti PTS:ään. Se tehtiin pyöriäisen sisarlajille, rosopyöriäiselle (*Neophocaena phocaenoides*). Popov et al. (2011) onnistuivat aiheuttamaan erittäin suuria TTS-tasoja (45 dB), jotka ovat todennäköisesti lähellä PTS:n aiheuttamiseen tarvittavaa tasoa, käyttämällä melua, joka keskittyi oktaavikaistalle 45 Hz, jolloin saatu SEL oli 183 dB re. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Tämän signaalin taajuus oli kuitenkin paljon suurempi kuin räjähdyksistä ja kiviaineksen kasaamisesta syntyvän melun pääenergian taajuus ja kesti kauemmin (3 min) kuin räjähdyspulssi (millisekunteja). Lisäksi koe tehtiin eri lajilla (vaikkakin se on pyöriäiselle läheistä sukua). Näin ollen on kyseenalaista, voidaanko nämä tulokset siirtää impulssimaiseen meluun tai kiviaineksen kasaamisesta syntyvään meluun. Kuten viitteessä Southall et al. (2007), PTS-kynnysarvo ekstrapoloitiin tässä sen sijaan TTS-kynnysarvoista lisäämällä niihin 15 dB, joka vastaa arvoa 179 dB re. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ räjähdyksille ja arvoa 203 dB re. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ kiviaineksen kasauksesta syntyvälle melulle.

Tässä arvioinnissa tärkeillä alueilla on hyvin vähän pyöriäisiä – Suomenlahdella (Suomen ja Viron vesialueilla) tiheys on $<0,0004$ yksilöä neliökilometriä kohden². Kun tämä yhdistetään viime vuosien (2011–2015) satunnaisiin havaintoihin, todetaan, että pyöriäisiä voi olla vaikutusalueilla vuoden ympäri, mutta niitä on siellä hyvin vähän.

Yllä mainittujen tietojen perusteella pyöriäisten PTS- ja TTS-herkkyys arvioidaan **pieneksi** sekä yksilö- että populaatiotasolla, koska niitä on hyvin vähän vaikutusalueella.

² Tätä tiheyttä voidaan pitää vain karkeana arviona ja se voi olla useita suuruusluokkia pielessä, koska se perustuu sellaisen mallin ekstrapolointiin, joka perustuu lähinnä tietoihin Itämeren keskiosista eli siinä ei ole mukana yhtään pyöriäishavaintoa Suomenlahdella. Jo yksittäinen havainto muuttaisi todennäköisesti tiheysarviota merkittävästi.

7.1.4 Hylkeiden TTS ja PTS

Southall et al. (2007) ovat arvioineet hylkeiden TTS- ja PTS-kynnysarvoja yleensä, mutta nämä arviot perustuivat pullonokkadelfiineistä, maitovalaista ja Kalifornian merileijonista saatuihin tietoihin. Vuodesta 2007 saakka mittauksia kirjohylkeistä on ollut saatavilla, ja niitä käytetään tässä itämerennorppien ja harmaahylkeiden kuulon kynnysarvojen arvioimiseen.

Kastak et al. (2008) saivat koevirheen takia aikaan PTS:n, kun kirjohylje altistui 60 sekunnin ajan 4,1 kHz:n äänelle, jolloin kokonaisäänentilustaso (SEL) oli 202 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Tämä tarkoittaa, että todellinen mittaustieto on saatavilla. Toisessa kokeessa (eri laitoksessa ja eri eläimelle) saatiin aikaan erittäin vahva TTS (44 dB), kun eläin altistui vahingossa 60 minuutin ajan 4 kHz:n oktaavikaistan melulle, jolloin SEL oli 199 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (Kastelein et al. 2013a). TTS-tason katsotaan olleen hyvin lähellä PTS:n aiheuttamiseen tarvittavaa tasoa. Yhdistämällä nämä kaksi koetta, kirjohylkeiden jatkuvan melun (kuten kiviaineksen kasaus) PTS-kynnysarvoksi on määritetty 200 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$.

Useissa kokeissa kirjohylkeiden TTS on määritetty erityyppisillä lyhyempi- ja pidempikestoisilla meluilla. Yhteenveto näistä on viitteessä Finneran (2015), ja niissä keskimääräinen kynnysarvoarvio oli 188 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$, mitä pidetään sopivana kynnysarvona kiviaineksen kasauksen aiheuttamalle melulle.

Kirjohylkeille ei ole tehty yhtään kokeita yksittäisillä meluimpulsseilla. Kiviaineksen kasauksen arvioidut kynnysarvot ovat kuitenkin hyvin samankaltaisia kuin pyöriäisten kynnysarvot. Näin ollen hylkeiden yksittäisille meluimpulsseille voidaan käyttää samoja TTS- ja PTS-kynnysarvoja kuin pyöriäisille, eli TTS 164 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ja PTS 179 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$.

Harmaahylkeistä tai itämerennorpista, taikka mistään muista samankokoisista varsinaisista hylkeistä ei ole saatavilla mitään tuloksia. Kalifornian merileijonia koskevien tulosten (Finneran et al. 2003) ei katsota soveltuvan yhtä hyvin harmaahylkeille ja itämerennorpille kuin kirjohylkeistä saatujen koetulosten. Näin ollen kirjohylkeiden tulokset tulee katsoa sopiviksi myös harmaahylkeille ja itämerennorpille, kunnes todellista tutkimustietoa myös näistä lajeista tulee saataville.

Molempien hyljelajien TTS-herkkyyden arvioidaan olevan **pienä** sekä yksilö- että populaatiotasolla, koska vaikutukset ovat luonteeltaan palautuvia ja väliaikaisia.

Vaikutusalueella olevien harmaahylkeiden PTS-herkkyyden arvioidaan olevan **suurta** yksilötasolla, koska vaikutukset voivat olla haitallisia ja on erittäin todennäköistä, että jokin yksilö on lähellä ammusten raivausalueita. Populaatiotasolla herkkyyden arvioidaan olevan **pienä**, koska riippumatta siitä, että vaikutukset voivat olla haitallisia useille yksilöille, populaatio kokonaisuudessaan on kasvussa ja sen tila on hyvä.

Itämerennorppien PTS-herkkyyden arvioidaan olevan **suurta** yksilötasolla, koska vaikutukset voivat olla haitallisia ja on erittäin todennäköistä, että jokin yksilö on paikalla. Itämerennorppien PTS-herkkyyden katsotaan olevan **suurta** populaatiotasolla kaikilla alueilla, joissa Suomenlahden itämerennorppien osapopulaatio elää (eli kaikilla vaikutusalueilla Venäjällä sekä M1-2-alueella Suomessa). Suomen M4-alueella herkkyyden populaatiotasolla arvioidaan olevan **pienä**, koska Saaristomerellä ja Riianlahdella on enemmän itämerennorppia (Suomenlahteen verrattuna) ja putkilinja on kauempana näiden populaatioiden tärkeimmistä alueista. Suomen M3-alueella herkkyyden populaatiotasolla arvioidaan olevan **keskisuurta**, koska vaikka alueella voi olla

vähemmän eläimiä kuin M4- ja M1-2-alueilla, on todennäköistä, että paikalla olevat eläimet ovat uhanalaisesta Suomenlahden osapopulaatiosta.

7.1.5 TTS- ja PTS-kynnysarvojen yhteenveto

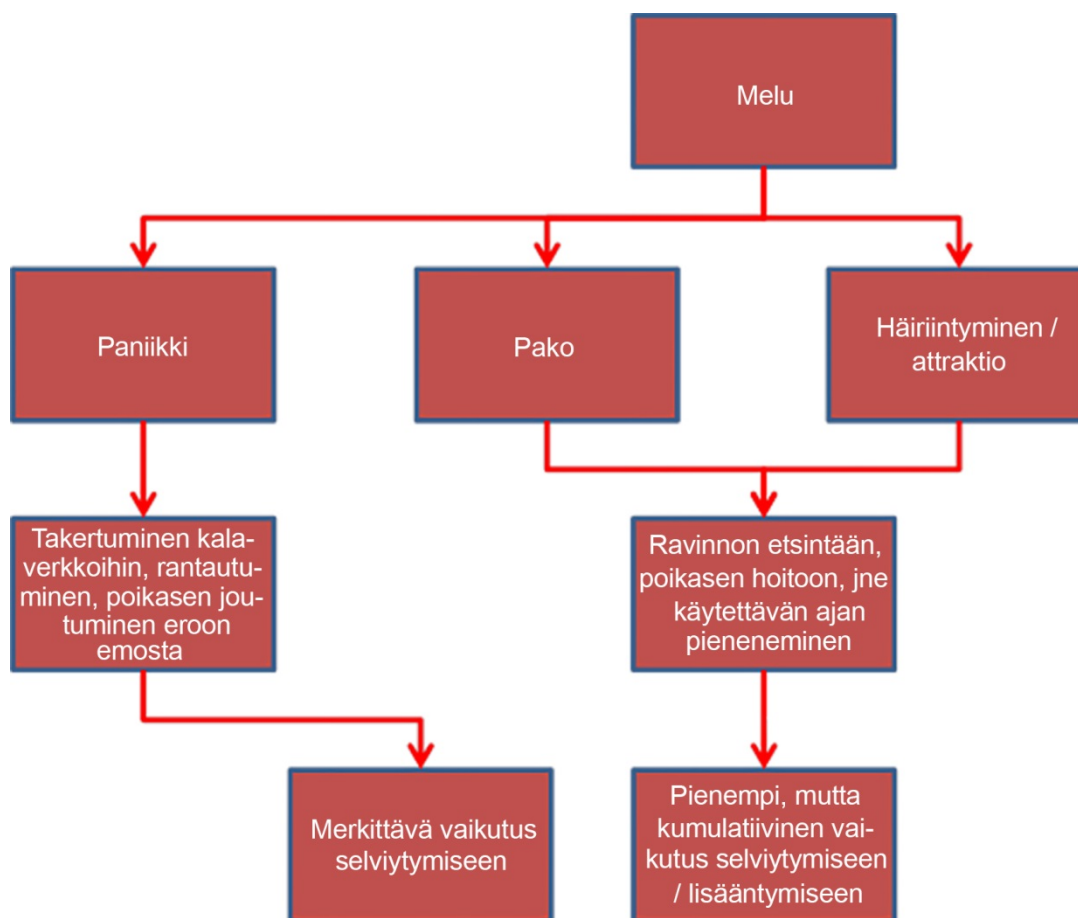
Räjähdyksille altistuneiden merinisäkkäiden riski kuulokynnyksen muutokseen (tilapäiseen kuulonalenemaan, TTS, ja pysyvään kuulonalenemaan, PTS) on suuri, koska kynnysarvot ovat verraten pieniä, joten voimakkailla äänillä altistuksen yhteydessä on suuri TTS:n ja PTS:n vaara. Taulukossa 7-2 on yhteenveto arvioiduista TTS:n ja PTS:n aiheuttamiseen tarvittavista kynnysarvoista yksittäisille räjähdyksille, ja jatkuvalle kiviaineksen kasauksesta syntyvälle melulle.

Taulukko 7-2 Arvioidut TTS:n ja PTS:n aiheuttamiseen tarvittavat kynnysarvot yksittäisille räjähdyksille ja jatkuvalle kiviaineksen kasauksesta syntyvälle melulle. Tekstissä on perustelut kynnysarvoille ja viitteitä kynnysarvojen perustana oleviin kokeisiin.

Laji	Räjähdykset		Kiviaineksen kasaus	
	TTS	PTS	TTS	PTS
Pyöriäinen	164 dB SEL	179 dB SEL	188 dB SEL	203 dB SEL
Hylkeet	164 dB SEL	179 dB SEL	188 dB SEL	200 dB SEL

7.1.6 Melun aiheuttama käyttäytymisen häiriintyminen

Merinisäkkäiden kuulon pysyvät tai väliaikaiset muutokset eivät välttämättä ole kaikkein haitallisimpia melun aiheuttamia vaikutuksia. TTS-kynnysarvon alapuolella pysyvät melutasot voivat muuttaa eläinten käyttäytymistä, mikä voi vaikuttaa yksittäisten eläinten selviytymiseen ja lisääntymiseen onnistumiseen pidemmällä aikavälillä. Ja siten lopulta vaikuttaa populaation tilaan, jos tarpeeksi suuri osa populaatiosta altistuu melulle tarpeeksi pitkiä aikoja (NRC 2003); katso kuva 7-5. Vaikutukset voivat olla suoria voimakkaiden reaktioiden aiheuttamia vaikutuksia, kuten paniikki tai pako (negatiivinen fonotaksi). Tämän takia yksilöillä on suurempi kuoleman riski, koska ne voivat esimerkiksi jäädä kiinni kalaverkkoihin, mitä on arveltu tapahtuneen pyöriäisille armeijan kaikuluotausharjoitusten takia (Wright et al. 2013), tai emoistaan vielä riippuvaiset poikaset voivat joutua eroon emoistaan. Vähemmän vakavat vaikutukset eli eläinten joutuminen harhaan elinalueeltaan tai niiden ravinnonhaku- tai parittelukäyttäytymisen muuttuminen melun vuoksi ovat kuitenkin yleisempiä. Hylkeitä pidetään yleisesti vähemmän herkkinä melun aiheuttamalle harhautumiselle (see e.g. Blackwell et al. 2004), mutta tätä väittämää tukemaan ei ole käytettävissä paljonkaan koetuloksia.



Kuva 7-5 Kaaviokuva niistä mekanismeista, joiden vuoksi melun aiheuttamat käyttäytymisen muutokset voivat saada aikaan merinisäkkäiden selviytymiseen ja lisääntymiseen lyhyt- tai pitkäaikaisesti vaikuttavia muutoksia. Skjellerup et al. (2015) mukaan.

Riippumattomat tiedot tutkittavan populaation suojelutilasta (esimerkiksi populaation tarkkailusta ennen vaikutuksia) osoittavat, että hyväksyttävän häiriöiden tason voi määrittää tietyille lajille sekä tietyille populaatiolle sovitujen hoitotavoitteiden puitteissa. Tutkittavan populaation tilasta riippuen pientä määrää kuolemantapauksia voidaan pitää myös hyväksyttävänä arvioitavalle toiminnalle. Tällä hetkellä on kuitenkin käytettävissä vain rajallisesti tietoa siitä, miten suorat, lyhytaikaiset käyttäytymisen muutokset muuntuvat populaatiotasolla vaikutuksiksi merinisäkkäiden tapauksessa ja siitä, milloin vaikutukset populaatiotasolla eivät ole mahdollisia (NRC 2003). Tästä syystä tällä hetkellä ei ole mahdollista päätellä populaation suojelutilan mukaisiin hoitotavoitteisiin perustuvia altistumisrajoja, joten arvio voi perustua vain melun aiheuttamiin suoriin häiriöihin.

Esimerkkejä sellaisen melun lähteistä, joka voi aiheuttaa häiriötä ja eläinten käyttäytymisen muutoksia, kuten NSP2-putkilinjan alueen välttämistä, ovat lisääntynyt laivaliikenne (rakennus- ja huoltoalusten liikkumisen vuoksi), kiviaineksen kasauksen ja Venäjällä tehtävästä ponttiseinän paalutuksesta syntyvä melu.

Herkkyyys melun aiheuttamille käyttäytymisen muutoksille tai häiriintymiselle arvioidaan **keskisuureksi** hylkeille ja **pieneksi** pyöriäisille, koska pyöriäisiä on tutkimusalueella vähän.

Kaasuputkilinjan käytön aikana melu on hyvin vähäistä ja merinisäkkäille mahdollisesti kuultavissa vain lähellä Venäjällä sijaitsevaa kompressoriasemaa ja hyvin lähellä putkilinjaa, joten herkkyys tähän meluun on **pientä**.

7.1.7 Äänten peittyminen

Äänten peittyminen tarkoittaa sitä ilmiötä, että melu voi vaikuttaa haitallisesti eläinten kykyyn havaita ja tunnistaa muita ääniä. Ollakseen peittävä, melun pitää olla kuuluvaa, ja sen pitää tapahtua suunnilleen samaan aikaan (muutaman kymmenen millisekunnin sisällä) ja suunnilleen samalla taajuusalueella kuin peittyvä ääni. Koska räjähdysten aiheuttama melu on yksittäisiä ääniä, sillä ei ole juurikaan mahdollisuutta peittää muita ääniä, joten tätä vaikutusta ei arvioida. Pidempiaikaisten äänten, kuten kiviaineksen kasauksesta syntyvän äänen ja alusten synnyttämän äänen, kohdalla mahdollisuus peittää alemmista taajuuksista ääniä on selvästi olemassa. Koska nykyinen tieto olosuhteista, joissa peittymistä tapahtuu, perustuu pelkästään testiolosuhteisiin eikä ole tietoa siitä, miten peittyminen vaikuttaa yksilöiden lyhyt- ja pitkäaikaiseen selviytymiseen, peittymistä ei ole mahdollista arvioida muuta kuin toteamalla, että kuuluvuusalueita voi käyttää hyvin varovaisena indikaattorina mahdollisesta peittymisalueesta. Uudehko arvio löytyy viitteestä Erbe et al. (2016).

Herkkyys kiviaineksen kasauksen aiheuttamalle peittymiselle arvioidaan **keskisuureksi** hylkeille ja **pieneksi** pyöriäisille, koska niitä on tutkimusalueella vähän.

7.2 Sedimentin leviäminen

7.2.1 Näkyvyyden heikkeneminen

Pyöriäiset käyttävät kaikuluotausta ympäristönsä tutkimiseen ja saaliin paikallistamiseen. Tutkimuksissa, joissa pyöriäisiin on asennettu ääni-/satelliittilähettimiä on todettu, että ne metsästävät usein yöllä ja liikkuvat alueilla, jossa on täysin pimeää joko yksin tai yhdessä poikasen kanssa (Teilmann et al. 2007, Wisniewska et al. 2016). Näin ollen pyöriäisten herkkyys sedimenttipilvien aiheuttamalle näkyvyyden heikkenemiselle arvioidaan **pieneksi**.

Muissa tutkimuksissa on tarkasteltu sedimenttipilvien vaikutusta hylkeisiin, jotka eivät käytä kaikuluotausta saaliin paikallistamiseen tai suunnistamiseen. Jos ne käyttävät näköaistiaan saaliin paikallistamiseen, lisääntynyt veden sameus voi vaikuttaa niiden saalistuskykyyn. Weiffen et al. (2006) ovat testanneet kirjohylkeiden näkökyvyn terävyyttä sameassa vedessä vankeudessa ja havainneet, että näkökyky heikkeni huomattavasti sameuden lisääntyessä. He raportoivat kuitenkin myös sokeista, mutta hyvin ravituista hylkeistä luonnossa, joten huono näkökyky sameassa vedessä luonnollisissa olosuhteissa viittaa siihen, että hylkeet pystyvät etsimään ravintoa myös huonossa valaistuksessa.

Myös McConnell et al. (1999) tekivät samankaltaisia oletuksia käyttäessään satelliitteja hyödyntäviä tiedonkeruulaitteita (satellite relay data logger, SRDL) kuvatessaan harmaahylkeiden ravinnonhakualueita ja matkojen kestoa Pohjanmerellä. Tutkimuksessa oli mukana yksi sokea hylje eikä sen ravinnonhakukäyttäytymisessä havaittu merkittäviä eroja. Nämä tulokset viittaavat siihen, että näkökyky ei ole elintärkeä hylkeiden selviytymiselle tai ravinnonhakukyvylle.

Hylkeiden herkkyys sedimentin leviämisen aiheuttamalle näkyvyyden heikentymiselle arvioidaan **pieneksi**.

7.2.2 Sedimentin leviämisen aiheuttamat käyttäytymismuutokset

Veden sameutumista aiheuttava toiminta ja laivaliikenne voivat vaikuttaa Suomen vesialueilla esiintyvien kolmen Itämeren merinisäkkäslajin käyttäytymiseen. Käyttäytymismuutoksia on kuitenkin vaikea arvioida, koska ne voivat tapahtua pitkien etäisyyksien päässä ja koska tutkimuksia vaikutuksesta populaatiotasolla on tehty vain vähän (NRC 2003). Mahdolliset vaikutukset eläinten käyttäytymiseen vaihtelevat erittäin vahvoista reaktioista, kuten paniikista tai pakenemisesta, maltillisempiin reaktioihin, joiden avulla eläimet totuttelevat häiriöön. Ne esimerkiksi liikkuvat hitaasti pois päin häiriöstä tai keskeyttävät senhetkisen toimintansa. Lisäksi eläinten reaktiot voivat vaihdella merkittävästi esim. vuodenajan, iän ja sukupuolen mukaan sekä käyttäytymismuutoksia aiheuttavien vaikutusten intensiteetin, esiintymistiheyden ja keston mukaan.

Populaatiotasolla Suomen, Viron ja Venäjän vesialueilla esiintyvät kolme merinisäkkäslajia voivat siis olla herkkiä pysyville tai pitkäaikaisille laajoille muutoksille tai häiriöille elinympäristössään, jos suuri osuus populaatiosta joutuu siirtymään huonompilaatuisille alueille tai alueille, joissa ne voivat joutua kilpailemaan saman lajin yksilöiden tai toisten lajien kanssa. Toisaalta vaikutukset niihin voivat olla melko pieniä, eli lyhytaikaista alueen välttämistä, vaikkakin joitakin fysiologisia vaikutuksia on osoitettu tapahtuvan (katso luku 7.1.6). Hylkeiden herkkyys sedimentin leviämislle arvioidaan **keskisuureksi**. Pyöriäisten herkkyys arvioidaan **pieneksi**, koska niitä on alueella vähän.

7.2.3 Saasteiden aiheuttamat terveysvaikutukset

Merinisäkkäät ovat ravintoketjun ylimpiä petoeläimiä, ja mahdollisella haitta-aineiden vapautumisella hankkeen toiminnan aikana voi olla vaikutusta niihin. Erityisesti jos haitta-aineita on niin paljon, että ne kertyvät ja vaikutukset voimistuvat ravintoketjussa. Merinisäkkäillä on luontaisesti paljon rasvakudosta elimistönsä. Ympäristön epäpuhtaudet, kuten pysyvät orgaaniset ympäristömyrkyt (persistent organic pollutant, POP) ja raskasmetallit, kertyvät luonnostaan rasvakudokseen, mikä aiheuttaa suuremman yksilö- ja populaatiotason toksisuuden vaaran (Vos et al. 2003). Korkeiden haitta-ainepitoisuuksien on osoitettu johtavan immuunijärjestelmän heikkenemiseen, tauteihin, lisääntymiskyvyn muutoksiin, kehitysvaikutuksiin ja umpieritysrauhasten häiriöihin (katso Vos et al. 2003 kirjallisuusselvitys haitta-aineista ja merinisäkkäistä). Vaikutukset riippuvat haitta-aineiden määrästä ja tyypistä sekä altistusajan pituudesta (sukupolvissa sekä yksilöissä).

Näiden vaikutusten tutkiminen on kuitenkin haasteellista, koska merinisäkkäisiin kertyy paljon haitta-aineita riippumatta siitä, tapahtuuko niiden elinympäristössä sedimentin leviämistä vai ei. Putkilinjan rakentamisen yhteydessä leviävistä sedimenteistä vapautuneiden haitta-aineiden vaikutusten osoittaminen merieläimissä on mahdotonta. Hylkeenrasvan toksiinitasoa ennen merenpohjan muokkaamista, sen aikana ja sen jälkeen ei tiedetä, koska merinisäkkäät liikkuvat paljon ja altistuvat epäpuhtauksille koko elinalueellaan ja vaikutukset näkyvät todennäköisesti vasta pitkän ajan kuluttua siitä, kun sedimentin leviäminen on päättynyt (Todd et al. 2015).

Hylkeiden herkkyys epäpuhtauksille yleisesti (ilman tietoja altistuksen kestosta, tyypistä ja tasosta) arvioidaan **suureksi**. Pyöriäisten herkkyuden arvioidaan olevan **pieniä**, koska niitä on tutkimusalueella vähän.

7.3 Odottamattomat tapahtumat – öljyvuoto

Öljyvuotojen vaikutuksia merinisäkkäisiin on mitattu ja tutkittu suurten öljypäästöjen yhteydessä. Tällaisia päästöjä ovat olleet esimerkiksi Deepwater Horizon -aluksen onnettomuus Meksikonlahden pohjoisosassa, jolloin mereen pääsi 690 000 tonnia öljyä, ja Exxon Valdez -aluksen onnettomuus Prince William Soundissa Alaskassa, jolloin kokonaispäästö oli 36 000–124 000 tonnia. Nämä ovat äärimmäisiä esimerkkejä. Yleensä alusten törmäyksistä aiheutuvat päästöt ovat pienempiä. Esimerkiksi Dalton ja Jin (2010) totesivat tutkittuaan alusten öljypäästöjä, että Yhdysvalloissa vuosien 2002 ja 2006 välisenä aikana päästöt säiliö- tai rahtilaivoista olivat enintään miljoona tonnia.

Valaat ja delfiinit näyttävät havaitsevan öljyn, mutta eivät välttämättä välttele sitä luonnossa (Dalton ja Jin 2010). Näin ollen ne voivat altistua öljylle suoran kosketuksen vuoksi pinnassa ja vesipatsaassa tai saada sitä vahingossa elimistönsä syödessään tai saastuneen saaliin mukana (Schwacke et al. 2014). Lisäksi ne voivat hengittää tulenarkoja raakaöljyn ainesosia. Hylkeisiin pätevät samat uhat, ja lisäksi öljy voi peittää niiden turkin ja heikentää niiden kykyä säädellä ruumiinlämpöään.

Minkä tahansa yllä mainitun altistusreitin kautta öljy vaikuttaa merinisäkkäisiin, on öljystä todettu aiheuttavan terveyshaittoja, jotka heikentävät merkittävästi valaiden ja delfiinien lisääntymisen onnistumista ja aiheuttavat korkeampaa kuolleisuutta (Lane et al. 2015), heikentävät niiden fyysistä kuntoa sekä lisäävät keuhkosairauksien määrää ja aiheuttavat epänormaalin alhaisen adrenaliinitason; nämä kaikki johtopäätökset vaikutuksista ovat yhteensopivia aikaisempien raakaöljyn toksisuustutkimusten kanssa (Schwacke et al. 2014).

Näin ollen tutkimusalueella olevien hylkeiden herkkyys öljyvuodoille arvioidaan **suureksi** ja pyöriäisten herkkyys arvioidaan **pieneksi**, koska niitä on alueella vähän.

7.4 Elinympäristön muuttuminen

Merenpohjalla olevat putket muuttavat elinympäristöä. Rakennusvaiheessa useimmat pohjakasvit ja -eläimet häiriintyvät ja todennäköisesti tuhoutuvat putkilinjan välittömässä läheisyydessä, ja liikkumaan kykenevät eläimet siirtyvät pois alueelta. Kun putkilinja on toiminnassa, putkilinja ja sen tukirakenteet muodostavat kiinteän alustan ja saattavat parantaa pohjaeläimistön ja -kasviston monimuotoisuutta ja sitä kautta kalojen monimuotoisuutta ja määrää. Erityisesti alueilla, joissa merenpohja on pehmeä eivätkä kovien pohjien pohjaeläimet pysty elämään siinä. Lisäksi uudet riuttarakenteet houkuttelevat todennäköisesti kaloja, sillä kalat käyttävät kovia pintoja suoja- ja piilopaikkoina. Tämä voi lisätä kalojen määrää paikallisesti. Kalat ovat Itämeren merinisäkkäiden tärkeimpiä saaliseläimiä, joten jos mainitut kalankannan muutokset ovat merkittäviä, muutokset voivat lisätä merinisäkkäiden saatavilla olevien saaliseläimien määrää. Näin ollen hylkeiden herkkyys elinympäristön muutoksille arvioidaan **keskisuureksi**. Pyöriäisten herkkyys elinympäristön muutoksille arvioidaan **pieneksi**, koska niitä on alueella vähän.

7.5 Odottamattomat tapahtumat – kaasuvuoto

NSP:n arvioinnin aikana kaasuvuodon todennäköisyyden putkilinjan käytön aikana laskettiin olevan keskimäärin kerran 293 500:ssa vuodessa. Jos kaasua kuitenkin pääsee vuotamaan, mikä on epätodennäköistä, kaikki kaasupatsaan tai sitä seuraavan kaasupilven sisällä olevat kalat, merinisäkkäät ja linnut joko kuolevat tai pakenevat vaikutusalueelta (Nord Stream 2008). Koska

mahdolliseen kaasuvuotoon todennäköisesti kuitenkin liittyisi melua, merinisäkkäät ehtisivät todennäköisesti välttämään kaasupilven. Näin ollen herkkyys melun aiheuttamille käyttäytymisen muutoksille tai häiriintymiselle arvioidaan **keskisuureksi** hylkeille ja **pieneksi** pyöriäisille, koska niitä on tutkimusalueella vähän.

7.6 Herkkyys vuodenaikojen mukaan

Itämeren hylkeet ovat kaikkein haavoittuvimmillaan karvanlähtö-, lisääntymis- ja imetyskausiensa aikana. Myös pyöriäiset ovat haavoittuvimmillaan lisääntymiskauden aikana, mutta lisäksi poikaset ovat riippuvaisia emostaan vähintään 10 kuukauden ajan ja saattavat olla haavoittuvia koko ensimmäisen elinvuotensa ajan, varsinkin heti emonsa luota lähdettyään.

Taulukossa 7-3 on yhteenveto lajien herkkyydestä vuoden eri aikoina tässä arvioinnissa käytetyn pienen, keskisuuren ja suuren herkkyyden arviointimenetelmän mukaan. Lisätietoja on nykytilan raportissa (Teilmann et al. 2017). **Todellinen herkkyys tietylle toiminnalle perustuu eläinten herkkyyteen itse toiminnan suhteen ja eläinten vuodenaajan mukaiseen herkkyyteen.**

Taulukko 7-3 Merinisäkkäiden herkkyys Suomen, Venäjän ja Viron vesialueilla vuoden aikana. Herkkyyttä on arvioitu ottamatta huomioon eläinten todellista määrää, joten arviot edustavat vaikutusalueilla eri vuodenaikoina mahdollisesti olevia yksilöitä – vaikka kyseessä olisikin eläinlaji, jota havaitaan alueella harvoin.

Laji	Tam	Hel	Ma	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou
Pyöriäinen	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri
Harmaahylje	Keskis.	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Keskis.	Keskis.	Keskis.	Keskis.	Keskis.	Keskis.
Itämerennorppa	Keskis.	Suuri	Suuri	Suuri	Suuri	Keskis.	Keskis.	Keskis.	Keskis.	Keskis.	Keskis.	Keskis.

8. Muutoksen suuruus

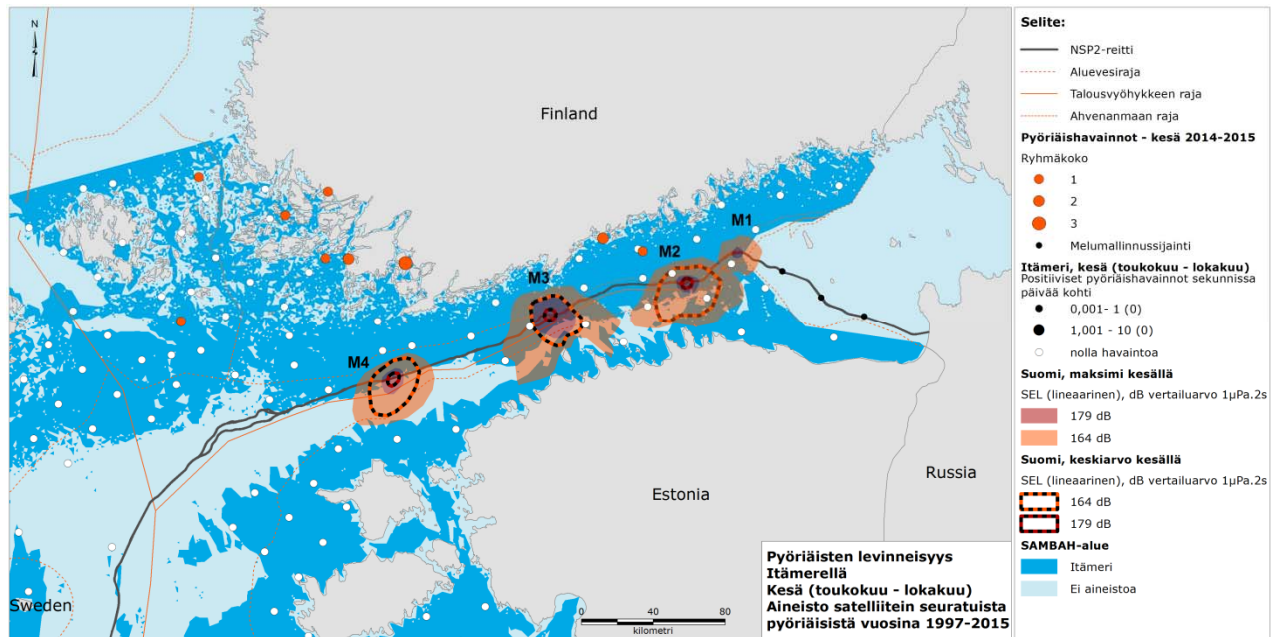
Kunkin vaikutuksen suuruuden määrittäminen on tärkeää, jotta voidaan arvioida vaikutuksen merkittävyyttä merinisäkkäiden kannalta. Joitakin vaikutuksia, kuten ammusten raivauksesta ja kiviaineksen kasauksesta syntyvän melun ja sedimentin leviämisen laajuutta, voidaan arvioida mallintamisen avulla, mutta joidenkin vaikutusten arviointiin tarvitaan kenttätutkimuksia tai asiantuntija-arvioita. Tässä luvussa kerrotaan vedenalaisen melun ja sedimentin leviämisen mallinnustuloksista sekä niiden vaikutuksesta Itämeren merinisäkkäisiin ja arvioidaan muutosten suuruutta.

8.1 Vedenalainen melu

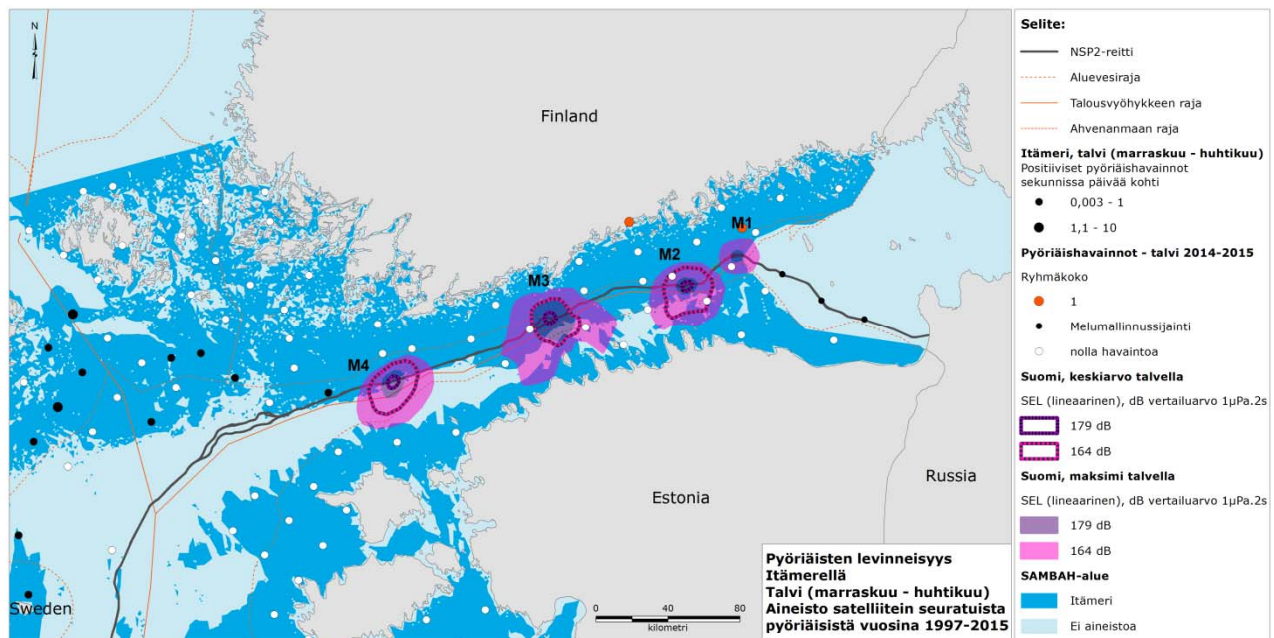
Vedenalaisen melun kulkeutumista mallinnettiin melun vaikutusalueiden laajuuden arvioimiseksi. Yksityiskohdat selviävät raporteista ”Underwater noise modelling, Finland”, asiakirjanumero W-PE-EIA-PFI-REP-805-030600EN (Rambøll 2016d) ja ”Underwater noise modelling, Russia”, asiakirjanumero W-PE-EIA-OFR-REP-805-0706UNEN-02 (Rambøll 2016a).

8.1.1 Ammusten raivaus – TTS/PTS, Suomi

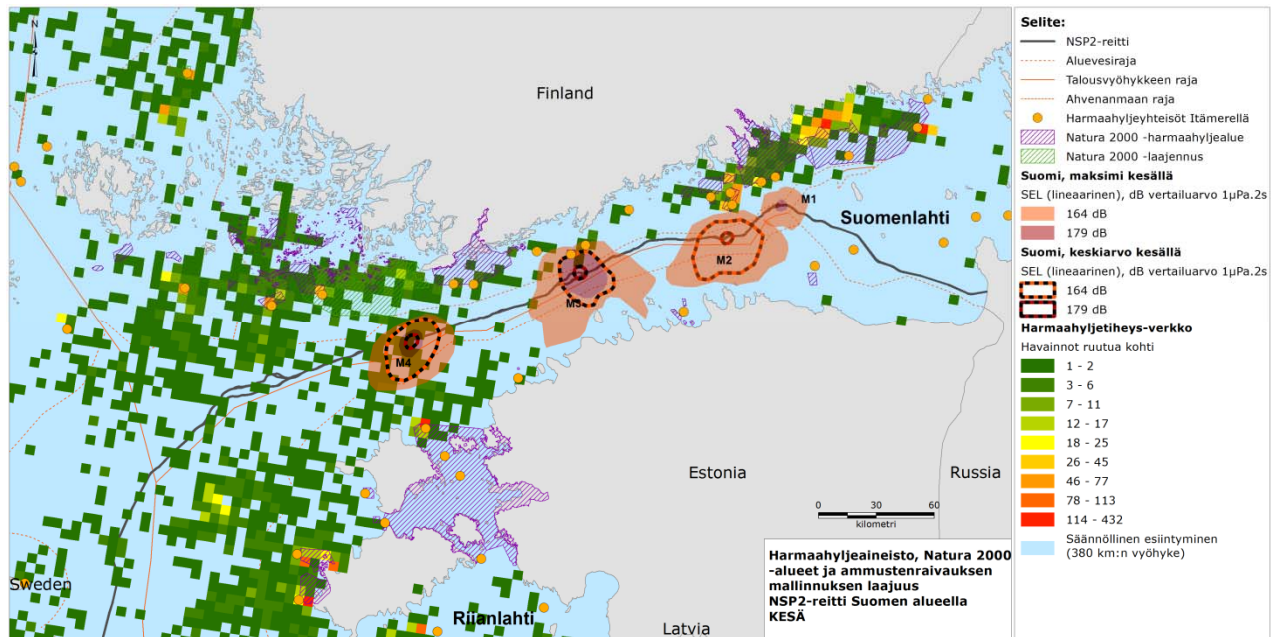
Räjähdyksistä syntyvän melun leviämisen laajuus neljässä paikassa (M1–M4) ilmenee raportista ”Underwater noise modelling, Finland”, asiakirjanumero W-PE-EIA-PFI-REP-805-030600EN (Rambøll 2016d). Tässä raportissa esitetään kaikki tulokset. Karttoihin (Kuvat 8-1 – 8-6) on merkitty ne alueet, joilla eläinten voidaan odottaa kärsivän tilapäisestä kuulonalenemasta (TTS) ja pysyvästä kuulon alenemasta (PTS). Nämä alueet määritettiin mallintamalla melun kulkeutumista todellisten, Nord Stream -putkilinjan rakennusvaiheen aikana mitattujen ammusten raivauksen äänitasojen perusteella käyttämällä luvussa 7.1 mainittuja kynnysarvokriteerejä. Jokaisen paikan kohdalla käytettiin kahta skenaariota: Nord Stream -putkilinjan rakennusvaiheen aikana syntynyt suurin melutaso jokaisella neljällä alueella (merkitty tekstillä ”Max” kuvissa 8-1 – 8-6) ja jokaiselle neljälle alueelle tyypillisen räjähtämättömän ammuksen todellisten äänenpainetasojen keskiarvo (merkitty tekstillä ”Ave” kuvissa 8-1 – 8-6). Hydrografiset olosuhteet Itämerellä vaihtelevat suuresti kesän ja talven välillä, ja se vaikuttaa myös melun kulkeutumiseen. Siksi melun kulkeutumisesta tehtiin kaksi erillistä mallia (kesä ja talvi) jokaiselle kolmelle lajille. Kuvaajien käyrät edustavat pahinta mahdollista tilannetta, sillä ne rajaavat suurimman mahdollisen alueen, jolla äänenaltistustaso *missä tahansa* kohdassa vesipatsasta ylittää kyseisen kynnysarvon (TTS- tai PTS-kynnysarvon).



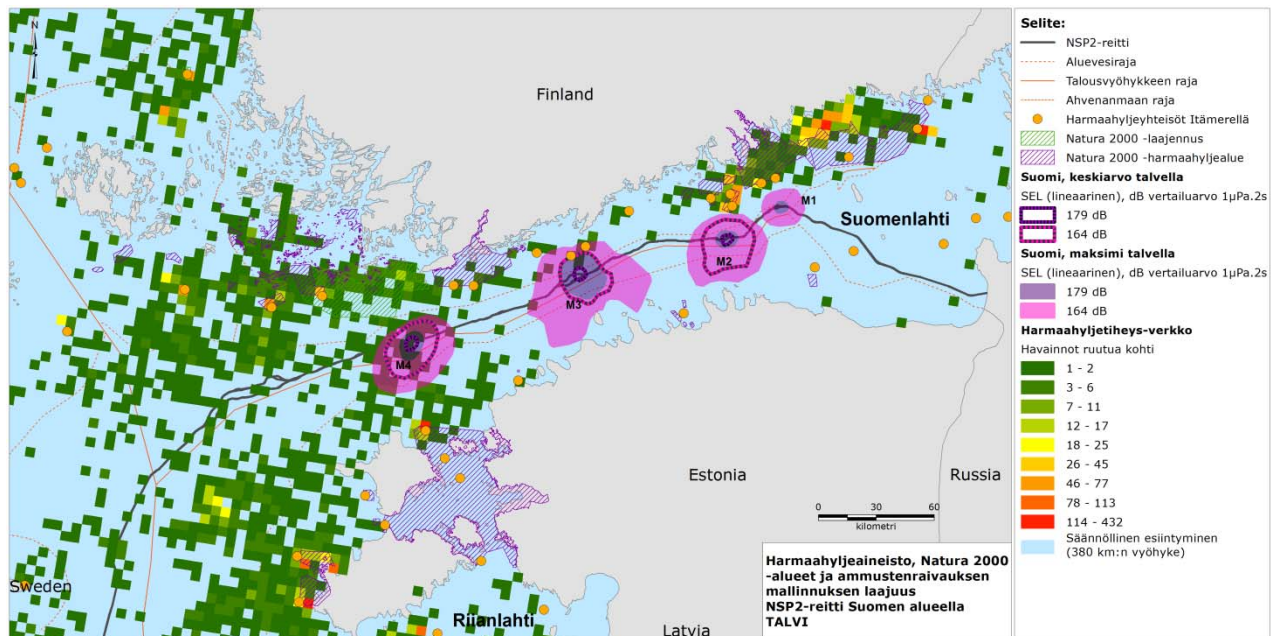
Kuva 8-1 Pyöriäishavainnot (havaittuja pyöriäisten ääniä sekunteina vuorokautta kohden) kesällä (toukokuusta lokakuuhun) SAMBAH-projektissa 2011–2013, satunnaiset pyöriäisten näköhavainnot Suomen vesialueilla 2014–2015 ja ammusten raivauksen mallinnettu laajuus kesällä Suomen vesialueilla.



Kuva 8-2 Pyöriäishavainnot (havaittuja pyöriäisten ääniä sekunteina vuorokautta kohden) talvella (marraskuusta huhtikuuhun) SAMBAH-projektissa 2011–2013, satunnaiset pyöriäisten näköhavainnot Suomen vesialueilla talvella 2014–2015 ja ammusten raivauksen mallinnettu laajuus talvella Suomen vesialueilla.

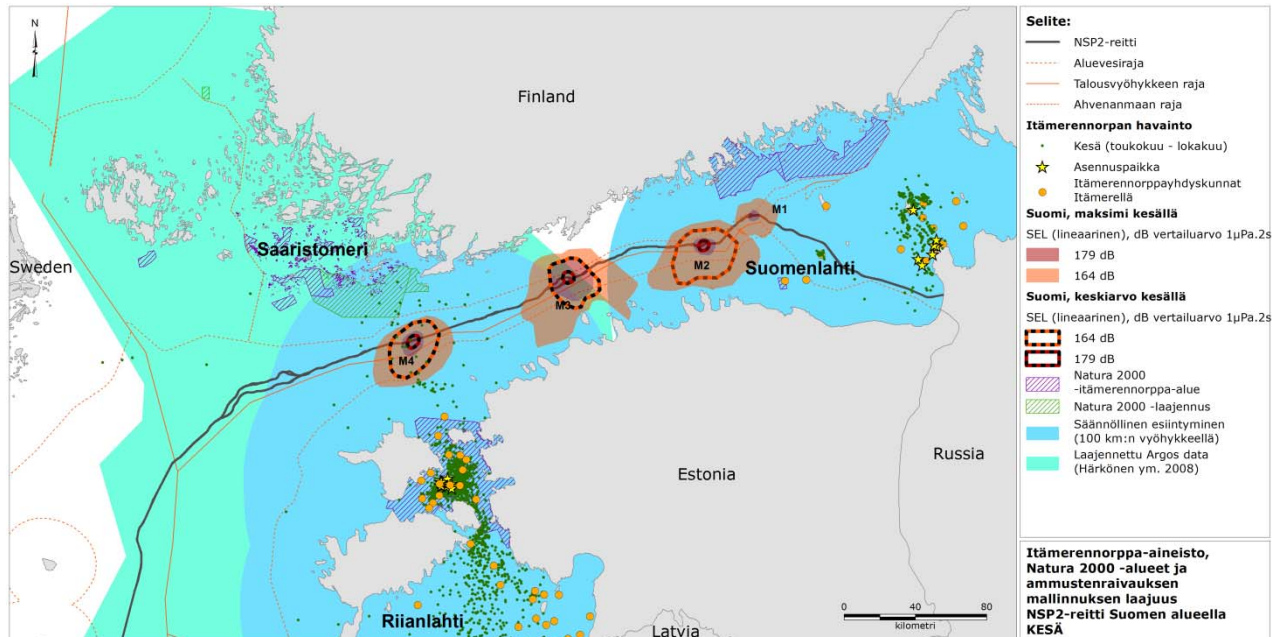


Kuva 8-3 Harmaahylkeiden esiintymistiheys, joka perustuu lähettimellä varustettujen yksilöiden liikkeisiin (näyttää 38:n GPS-seurannassa olleen harmaahylkeen sijaintipaikat ruudukon solua kohden; tietolähde: HELCOM BALSAM Seal). Kuvassa on lisäksi yhdyskuntien sijaintipaikat, Natura 2000 -alueet harmaahylkeille ja mallinnettu ammusten raivauksen laajuus kesällä (toukokuusta lokakuuhun). Kuviossa näytetään vain Suomen ja Viron Natura 2000 -alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan reitistä. Tässä on huomioitava, että levinneisyysruudukossa ei näytetä koko populaation levinneisyyttä ja se painottuu paikkoihin, joissa hylkeitä on merkitty. Näin ollen sitä voi käyttää vain lisätietona hylkeistä Itämerellä.

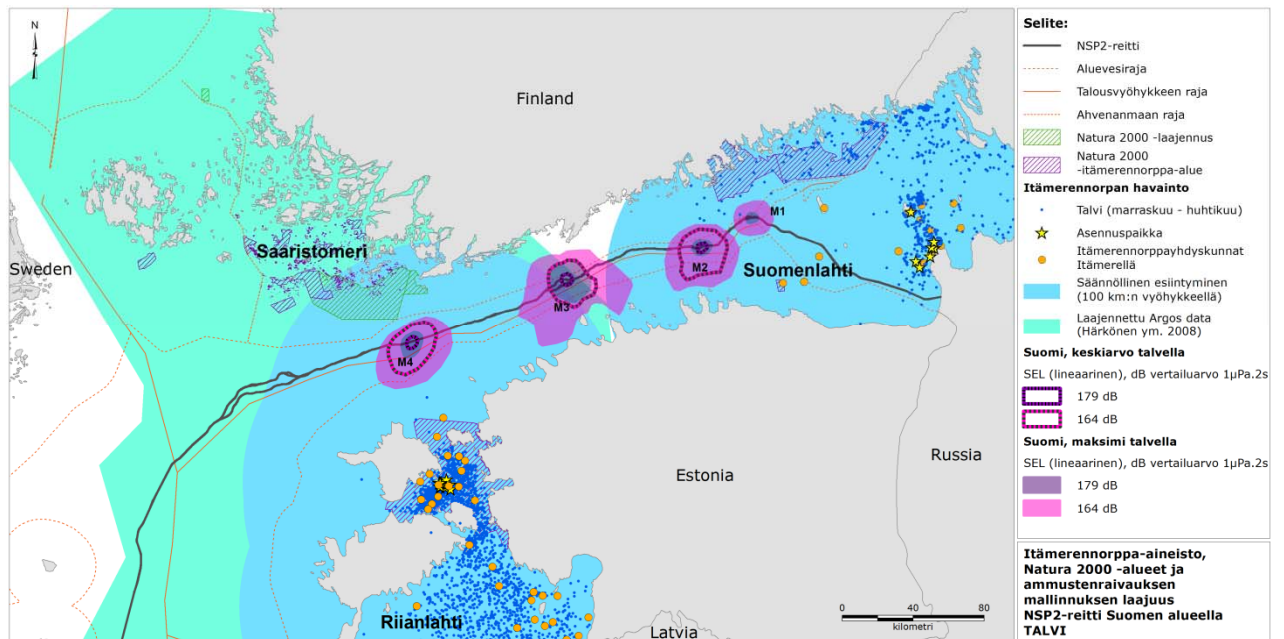


Kuva 8-4 Harmaahylkeiden esiintymistiheys, joka perustuu lähettimellä varustettujen yksilöiden liikkeisiin (näyttää 38:n GPS-seurannassa olleen hylkeen sijaintipaikat ruudukon solua kohden; tietolähde: HELCOM BALSAM Seal), Kuvassa on lisäksi yhdyskuntien sijaintipaikat, Natura 2000 -alueet harmaahylkeille ja mallinnettu ammusten raivauksen laajuus talvella (marraskuusta huhtikuuhun). Kuviossa näytetään vain Suomen ja Viron Natura 2000 -alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan reitistä. Tässä on huomioitava,

että levinneisyysruudukossa ei näytetä koko populaation levinneisyyttä ja se painottuu paikkoihin, joissa hylkeitä on merkitty. Näin ollen sitä voi käyttää vain lisätietona hylkeistä Itämerellä.



Kuva 8-5 Lähettimillä varustettujen Itämerennorppien seurantatiedot (37 jäljitettyä yksilöä, lähde: Eestimaa Looduse Fond, Pro Mare), yhdyskuntien sijaintipaikat, Natura 2000 -alueet itämerennorpile ja mallinnettu ammusten raivauksen laajuus kesällä (toukokuusta lokakuuhun). Kuviossa näytetään vain Suomen ja Viron Natura 2000 -alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan referenssireitistä. Tässä on huomioitava, että levinneisyysruudukossa ei näytetä koko populaation levinneisyyttä ja se painottuu paikkoihin, joissa hylkeitä on merkitty. Näin ollen sitä voi käyttää vain lisätietona hylkeistä Itämerellä.



Kuva 8-6 Lähettimillä varustettujen Itämerennorppien seurantatiedot (37 jäljitettyä yksilöä, lähde: Eestimaa Looduse Fond, Pro Mare), yhdyskuntien sijaintipaikat, Natura 2000 -alueet itämerennorpile ja mallinnettu ammusten raivauksen laajuus talvella (marraskuusta huhtikuuhun). Kuviossa näytetään vain Suomen ja Viron Natura 2000 -alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan referenssireitistä. Tässä on huomioitava, että levinneisyysruudukossa ei näytetä koko populaation levinneisyyttä ja se painottuu paikkoihin, joissa hylkeitä on merkitty. Näin ollen sitä voi käyttää vain lisätietona hylkeistä Itämerellä.

Viron Natura 2000 -alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan referenssireitistä. Tässä on huomioitava, että levinneisyysruudukossa ei näytetä koko populaation levinneisyyttä ja se painottuu paikkoihin, joissa hylkeitä on merkitty. Näin ollen sitä voi käyttää vain lisätietona hylkeistä Itämerellä.

TTS- ja PTS-alueet ovat eri lajeilla samankaltaisia, koska räjähdyksille määritetyt PTS- ja TTS-kynnysarvot ovat samat (taulukko 7-2). Vain kesän ja talven välillä on pieniä eroja, joten eroja ei oteta huomioon arvioinnissa. Arvioidut suurimmat vaikutusalueet ja keskimääräiset vaikutusalueet kuvataan taulukossa 8-1. On selvää, että TTS- ja PTS-vaikutusalueet ovat merkittävän laajoja sekä hylkeillä että pyöriäisillä, ja että ne ulottuvat sekä Suomen että Venäjän vesialueille. Vaikutusten laajuus (kun sitä arvioidaan luvun 6 kuvassa 6-2 olevien vyöhykkeiden kanssa) kattaa suurimman osan Suomenlahtea, ja useissa paikoissa vaikutukset ylittävät valtioiden rajat.

Ammusten raivauksen vaikutukset ovat joko väliaikaisia ja palautuvia (TTS) tai pysyviä ja palautumattomia (PTS). Pysyvyys ja palautumattomuus viittaa vain yksittäiseen pysyvälle kuulon alenemalle (PTS) altistuneeseen yksilöön eli vaikutus katoaa populaatiosta, kun vaikutukselle altistuneet yksilöt aikanaan kuolevat. Näin ollen populaatiolle vaikutus on pitkäaikainen mutta palautuva.

Kaikille lajeille TTS-/välttämisaalueella (164 dB) kesto on lyhytaikainen ja muutoksen suuruus on **pieni**.

PTS-alueella (179 dB) ammusten raivauksen vaikutus on palautumaton ja kattaa melko suuren alueen (enimmillään 15 km NSP2-putkilinjan reitiltä). Lisäksi vaikutus on rajat ylittävä (eli se ei rajoitu Suomen vesille) ja on kestoltaan pitkäaikainen, johtuen kuulovaurioiden pysyvyydestä. Kuten edellä on todettu (luku 7.1.2), ei tiedetä missä määrin vähäisempi tai vakavampi pysyvä kuulonalenema vaikuttaa eläinten kuntoisuuteen, lisääntymiseen ja kommunikointiin. On kuitenkin todennäköistä, että eläimet saisivat niin vakavia kuulonalenemia, että niillä olisi vaikutusta eläimen selviytymiseen.

Muutoksen suuruus PTS:n osalta on **keskisuuri** kaikilla alueilla ja kaikille merinisäksälajeille sekä yksilö- että populaatiotasolla, koska maantieteellinen laajuus on suuri, ja koska vaikutus on luonteeltaan palautumaton ja kumulatiivinen, ja sen intensiteetti on suuri.

Taulukko 8-1 *Räjähdyksen TTS- ja PTS-alueiden suurimmat mahdolliset laajuudet neljällä Suomen vesi-alueilla sijaitsevalla alueella M1–M4 (Rambøll 2016d). Taulukossa mainitaan sekä maksimi- että minimiarvot (jotka perustuvat suurimpaan ja keskimääräiseen äänenpaineeseen Nord Stream -putkilinjan rakennusvaiheessa).*

Eläinryhmä	Vaikutus	Kynnysetäisyydet (km)							
		M1 (max)	M1 (keskiarvo)	M2 (max)	M2 (keskiarvo)	M3 (max)	M3 (keskiarvo)	M4 (max)	M4 (keskiarvo)
Hylkeet	PTS	3,5	3,5	8	3,5	15	3,5	9	3,5
	TTS	15	15	38	26	44	19	32	22
Pyöriäiset	PTS	3,5	3,5	8	3,5	15	3,5	9	3,5
	TTS	15	15	38	26	44	19	32	22

8.1.2 Ammusten raivaus – painevammat, Suomi

Räjähdyksistä aiheutuvat painevammat voivat aiheuttaa kuolettavia vammoja (todennäköisimmin huomattavia repeämiä keuhkoissa ja suolistossa) räjäytyspaikan läheisyydessä. Riippuen räjähteen koosta ja siitä mikä kynnysarvo katsotaan kaikkein relevanteimmaksi merinisäkkäille, voi kuolettavia vammoja esiintyä joidenkin satojen metrien päässä räjäytyspaikasta. Kun sovelletaan Yelverton et al. (1973) kynnysarvoja kooltaan suurelle räjähdykselle, saadaan arvioksi kohtalaisen vakaville (joista eläin selviytyy itsekseen) vammoille enimmillään 900 m etäisyys eläimen ollessa pinnalla ja enimmillään 2.8 km eläimille, jotka ovat lähellä merenpohjaa. Kuolettaville vammoille vaihteluväli on pienempi (Yelverton et al. 1973 ei ole esittänyt kynnysarvoa kuolettaville vammoille). Jos sen sijaan suurelle räjähdykselle sovelletaan Lance et al. (2015) ehdottamia kynnysarvoja sukeltajille (kuva 7-2), kuolettavia vammoja voi aiheutua noin 1 km etäisyydellä räjäytyspaikasta eläimen ollessa pinnalla ja noin 3 km etäisyydellä eläimen ollessa lähellä merenpohjaa.

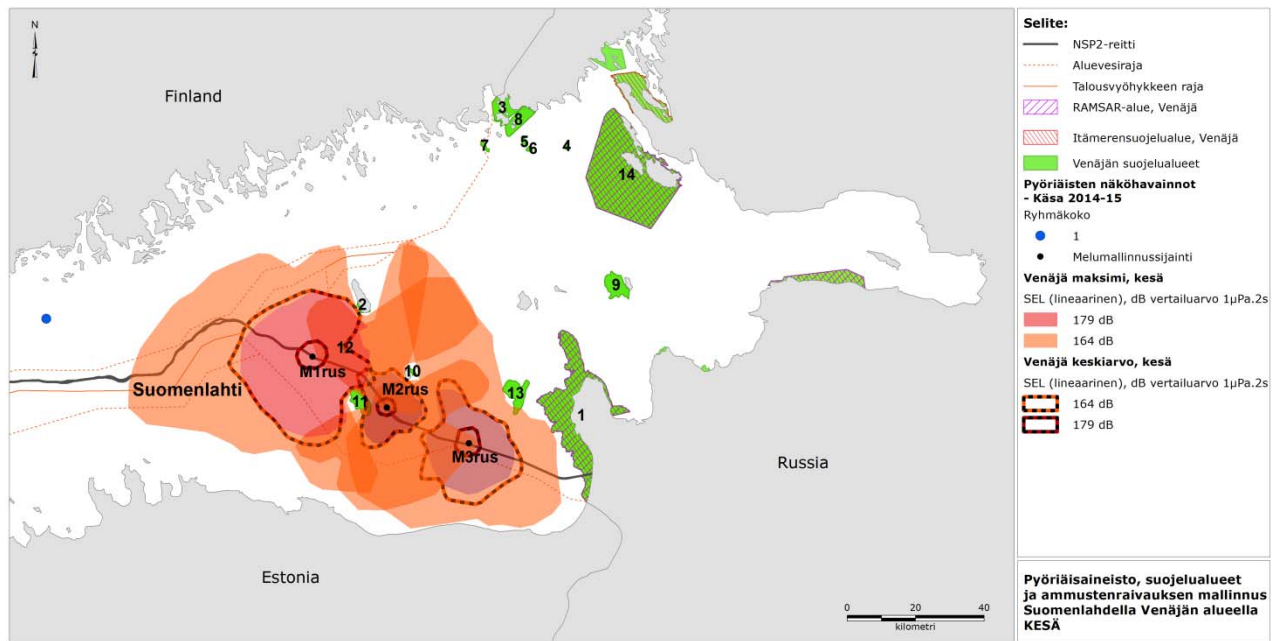
Muutoksen suuruus painevammojen osalta arvioidaan **suureksi** kaikille merinisäkkäslajeille sekä yksilö- että populaatiotasolla, johtuen vaikutuksen palautumattomuudesta ja suuresta intensiteetistä.

8.1.3 Ammusten raivaus – TTS/PTS, Venäjä

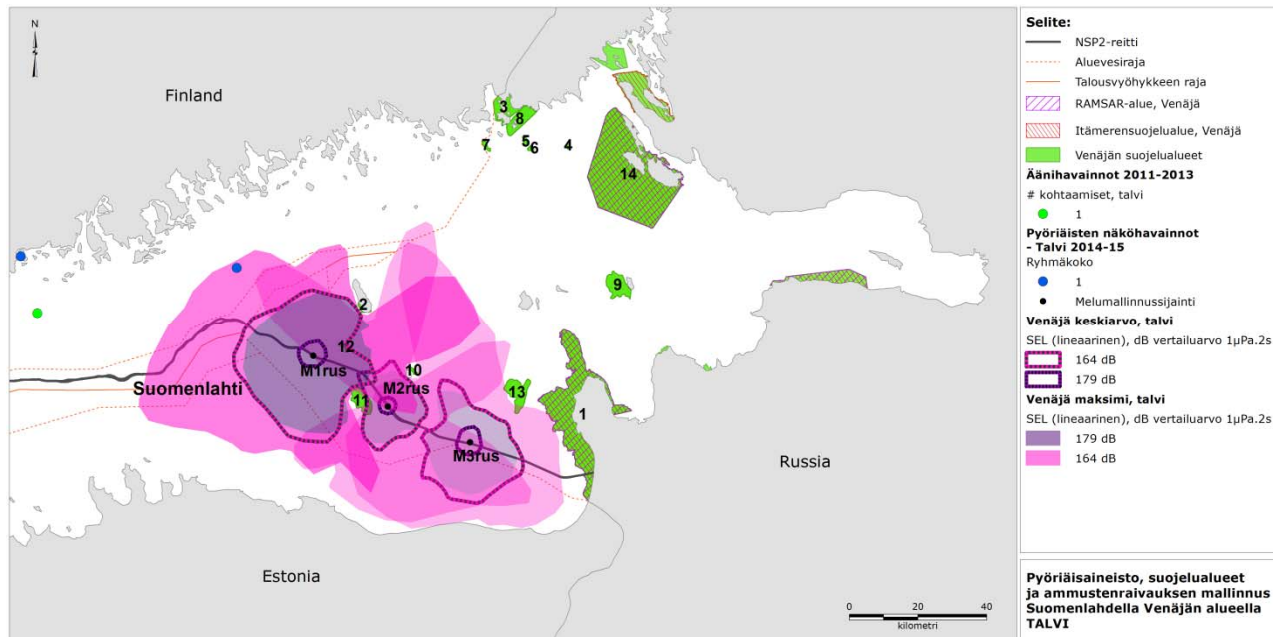
Räjähdyksistä syntyvän melun laajuus kolmessa paikassa ($M1_{\text{Rus}}-M3_{\text{Rus}}$) ilmenee raportista ”Underwater noise modelling, Russia”, asiakirjanumero W-PE-EIA-OFR-REP-805-0706UNEN-02 (Rambøll 2016d). Tässä raportissa kerrotaan kaikki tulokset. Karttoihin (Kuvat 8-7 – 8-12 on merkitty ne alueet, joilla eläinten voidaan odottaa kärsivän tilapäisestä kuulonalenemasta (TTS) ja pysyvästä kuulonalenemasta (PTS). Nämä alueet määritettiin mallintamalla melun kulkeutumista todellisten, Nord Stream -putkilinjan rakennusvaiheen aikana mitattujen ammusten raivauksen äänitasojen perusteella käyttämällä luvussa 7.1 (Taulukko 7-2) mainittuja kynnysarvokriteerejä. Jokaisen paikan kohdalla käytettiin kahta skenaariota: Nord Stream -putkilinjan rakennusvaiheen aikana syntynyt suurin melutaso jokaisella kolmella alueella (merkitty tekstillä ”Max” kuvissa 8-7 – 8-12) ja jokaiselle neljälle alueelle tyypillisen räjähtämättömän ammuksen todellisten äänenpainetasojen keskiarvo (merkitty tekstillä ”Ave” kuvissa 8-7 – 8-12). Koska hydrografiset olosuhteet Itämerellä vaihtelevat suuresti kesällä ja talvella, mikä vaikuttaa melun kulkeutumiseen, tehtiin kaksi erillistä mallia (kesästä ja talvesta) jokaiselle kolmelle nisäkkäslajille. Kuvaajien käyrät edustavat pahinta mahdollista tilannetta, sillä ne rajaavat suurimman mahdollisen alueen, jolla äänenaltistus *missä tahansa* kohdassa vesipatsasta ylittää kynnysarvon.

Taulukko 8-2 Räjähdyksen TTS- ja PTS-alueiden suurimmat mahdolliset laajuudet neljällä Venäjän vesialueilla sijaitsevalla alueella M1_{Rus}–M3_{Rus} (Rambøll 2016a). Taulukossa mainitaan sekä maksimi- että minimiarvot (jotka perustuvat suurimpaan ja keskimääräiseen äänenpaineeseen Nord Stream -putkilinjan rakennusvaiheessa).

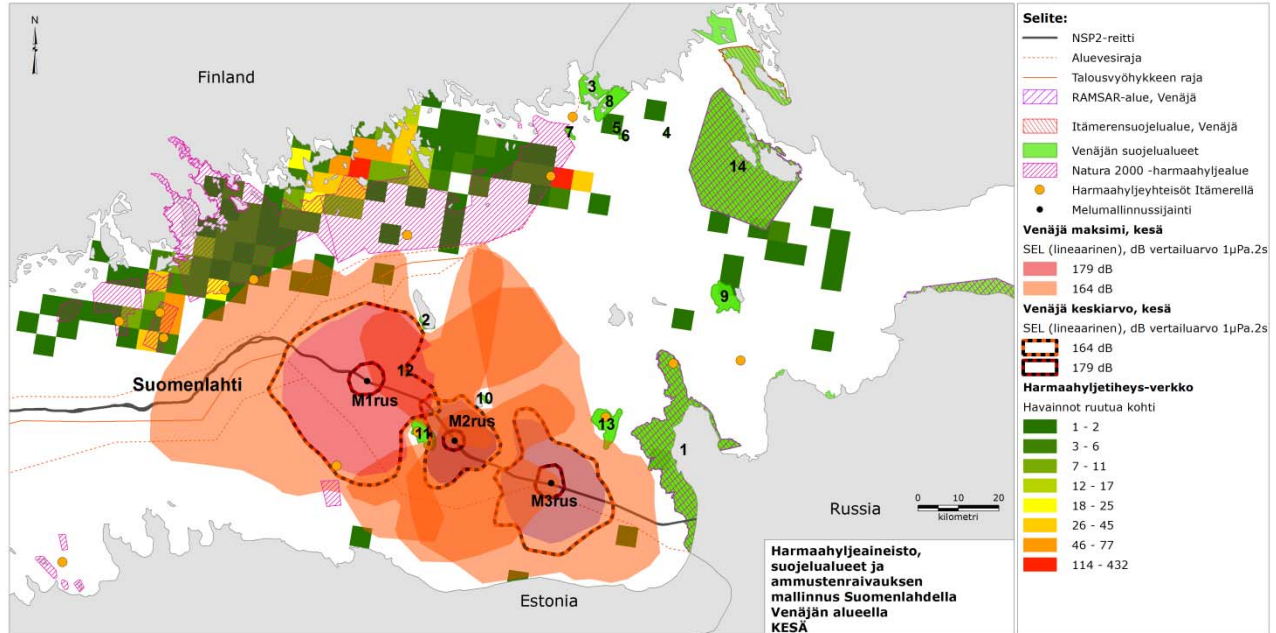
Eläinryhmä	Vaikutus	Kynnysetäisyydet (km)					
		M1 _{Rus} (max)	M1 (keskiarvo)	M2 _{Rus} (max)	M2 (keskiarvo)	M3 _{Rus} (max)	M3 (keskiarvo)
Hylkeet	PTS	23	5	11	3	18	5
	TTS	56	26	55	13	60	20
Pyöriäiset	PTS	23	5	11	3	18	5
	TTS	56	26	55	13	60	20



Kuva 8-7 Satunnaiset pyöriäishavainnot kesällä (toukokuusta lokakuuhun) 2014–2015 Venäjän aluevesien suojelualueilla ja ammusten raivauksen mallinnettu laajuus kesällä Venäjän vesialueilla. Numerot viittaavat luonnonsuojelualueiden nimiin: 1) Kurkolanniemi, 2) Suursaari, 3) Paatonsaari, 4) Hallyn kalliot, 5) Kiuskeri, 6) Kiuskeri, 7) Kinnarit, 8) Pitkäpaasi, 9) Seiskari, 10) Tytärsaari, 11) Säyvö, 12) Viirit, 13) Virgundin kalliot, 14) Tiurinsaari.

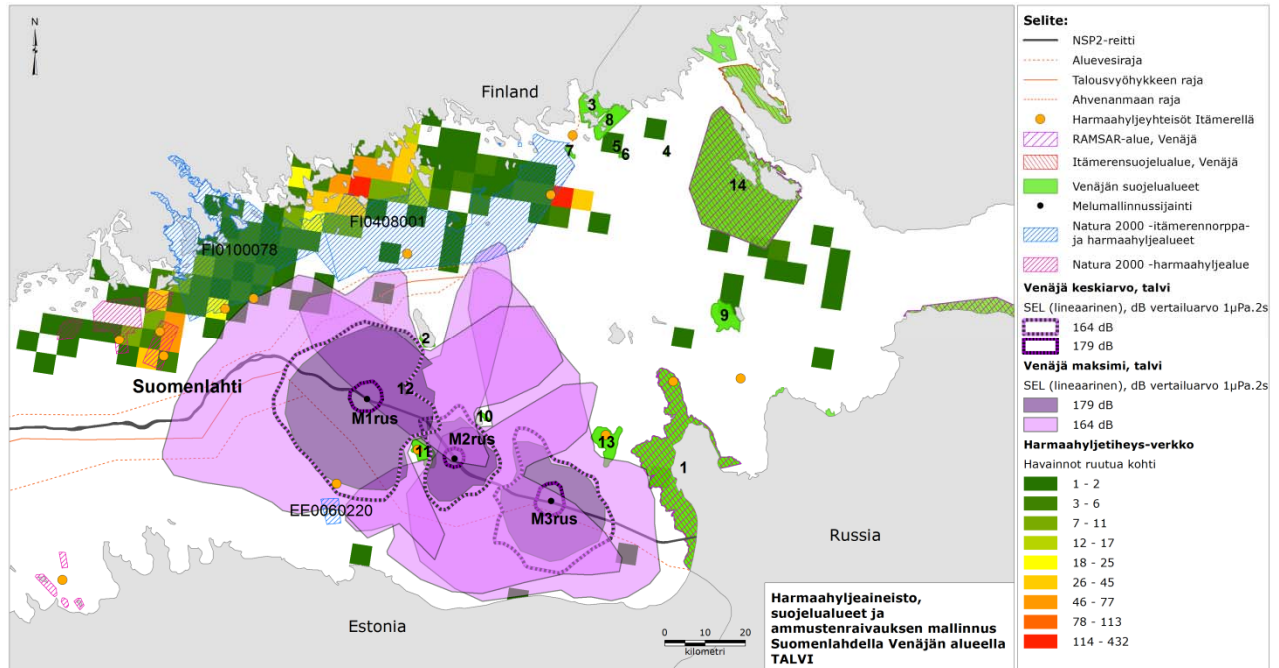


Kuva 8-8 Satunnaiset pyöriäishavainnot Suomen vesialueilla 2014–2015 ja äänihavainnot (SAMBHAH) talvella (marraskuusta huhtikuuhun), suojellut merialueet Venäjän vesialueilla ja ammusten raivauksen mallinnettu laajuus talvella Venäjän vesialueilla. Numerot viittaavat luonnonsuojelualueiden nimiin: 1) Kurkolanniemi, 2) Suursaari, 3) Paationsaari, 4) Hallyn kalliot, 5) Kiuskeri, 6) Kiuskeri, 7) Kinnarit, 8) Pitkäpaasi, 9) Seiskari, 10) Tytärsaari, 11) Säyvö, 12) Viirit, 13) Virgundin kalliot, 14) Tiurinsaari.



Kuva 8-9 Harmaahylkeiden esiintymistiheys, joka perustuu lähettimellä varustettujen yksilöiden liikkeisiin (näyttää 38:n GPS-seurannassa olleen harmaahylkeen sijainnin ruudukon solua kohden; tietolähde: HEL-COM BALSAM Seal), yhdyskuntien sijaintipaikat, Natura 2000 -alueet harmaahylkeille, suojellut merialueet Venäjän vesialueilla ja mallinnettu ammusten raivauksen laajuus kesällä (toukokuusta lokakuuhun). Tässä on huomioitava, että levinneisyysruudukossa ei näytetä koko populaation levinneisyyttä ja se painottuu paikkoihin, joissa hylkeitä on merkitty. Näin ollen sitä voi käyttää vain lisätietona hylkeistä Itämerellä. Kuviossa näytetään vain Suomen ja Viron Natura 2000 -alueet sekä Venäjän MPA-alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan reitistä. Numerot viittaavat luonnonsuojelualueiden nimiin: 1) Kurkolanniemi, 2) Suur-

saari, 3) Paationsaari, 4) Hallyn kalliot, 5) Kiuskeri, 6) Kiuskeri, 7) Kinnarit, 8) Pitkäpaasi, 9) Seiskari, 10) Tytärsaari, 11) Säyvä, 12) Viirit, 13) Virgundin kalliot, 14) Tiurinsaari.



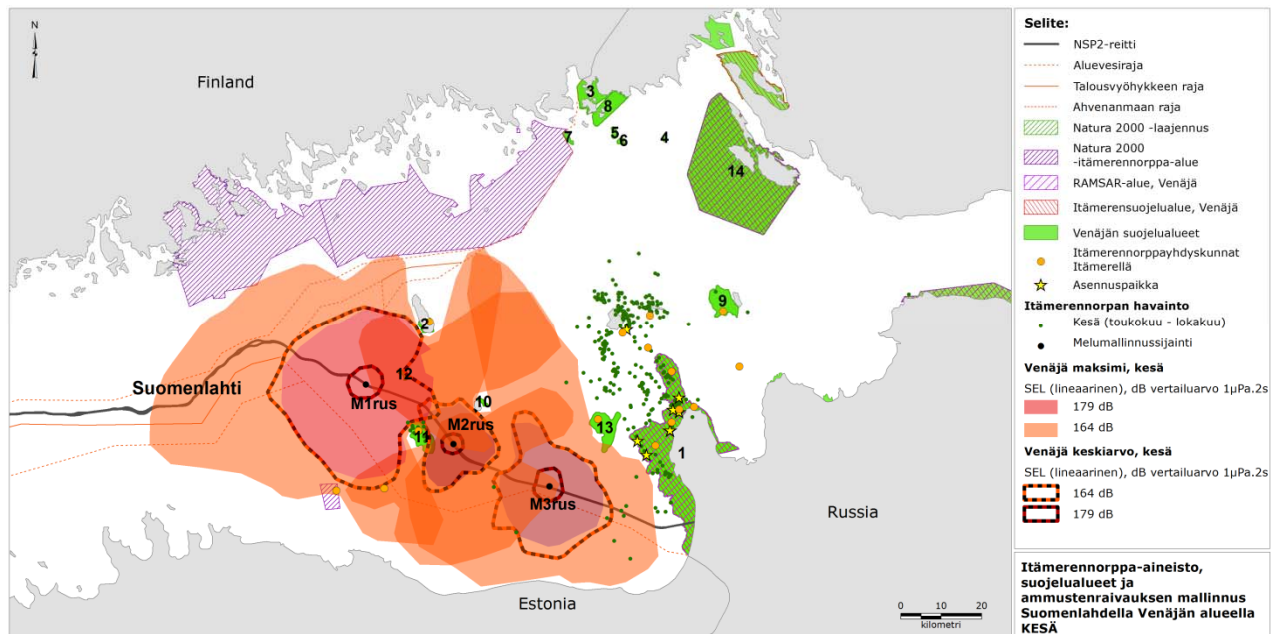
Kuva 8-10 Harmaahylkeiden esiintymistiheys, joka perustuu lähettimellä varustettujen yksilöiden liikkeisiin (näyttää 38:n GPS-seurannassa olleen harmaahylkeen sijainnin ruudukon solua kohden; tietolähde: HEL-COM BALSAM Seal), yhdyskuntien sijaintipaikat, Natura 2000 -alueet harmaahylkeille, suojellut merialueet Venäjän vesialueilla ja mallinnettu ammusten raivauksen laajuus talvella (marraskuusta huhtikuuhun). Tässä on huomioitava, että levinneisyysruudukossa ei näytetä koko populaation levinneisyyttä ja se painottuu paikkoihin, joissa hylkeitä on merkitty. Näin ollen sitä voi käyttää vain lisätietona hylkeistä Itämerellä. Kuviossa näytetään vain Suomen ja Viron Natura 2000 -alueet sekä Venäjän MPA-alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan reitistä. Numerot viittaavat luonnonsuojelualueiden nimiin: 1) Kurkolanniemi, 2) Suursaari, 3) Paationsaari, 4) Hallyn kalliot, 5) Kiuskeri, 6) Kiuskeri, 7) Kinnarit, 8) Pitkäpaasi, 9) Seiskari, 10) Tytärsaari, 11) Säyvä, 12) Viirit, 13) Virgundin kalliot, 14) Tiurinsaari.

TTS- ja PTS-vyöhykkeet, taulukko

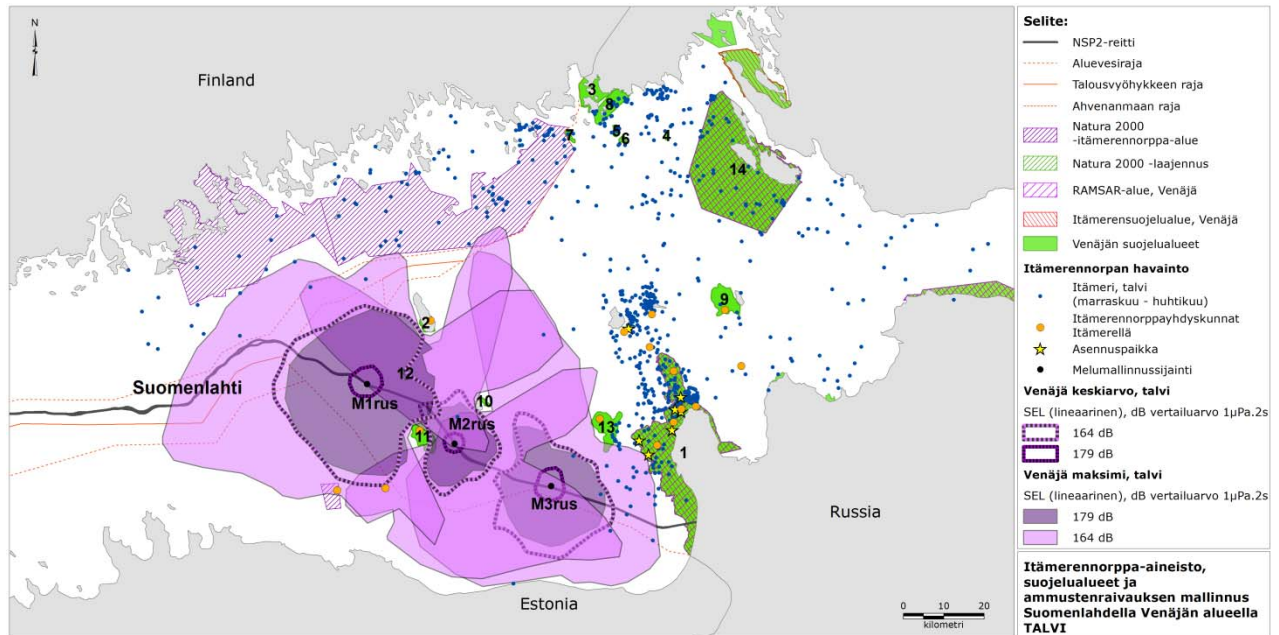
Taulukko 8-2, ovat eri lajeilla samankaltaisia, koska räjähdyksille määritetyt PTS- ja TTS-kynnysarvot ovat samat (taulukko 7-2). Vain kesän ja talven välillä on pieniä eroja, joten eroja ei oteta huomioon arvioinnissa. On selvää, että TTS- ja PTS-vaikutusalueet ovat merkittävän laajoja ja että ne ulottuvat sekä Viron että Suomen aluevesille. Alueet kattavat suuria osia Suomenlahdesta ja ylittävät valtioiden rajat useissa paikoissa (PTS:n kohdalla vain Viron vesialueille).

Vaikutukset ovat joko väliaikaisia ja palautuvia (TTS) tai pysyviä ja palautumattomia (PTS). Pysyvyys ja palautumattomuus viittaa vain yksittäiseen pysyväle kuulonalenemalle (PTS) altistuneeseen yksilöön eli vaikutus katoaa populaatiosta, kun vaikutukselle altistuneet yksilöt aikanaan kuolevat. Näin ollen populaatiolle vaikutus on pitkäaikainen mutta palautuva.

Kaikille lajeille TTS-/välttämisa-alueella (164 dB) kesto on lyhytaikainen ja muutoksen suuruus on **pieni**.



Kuva 8-11 Lähettimillä varustettujen Itämerennorppien seurantatiedot (toukokuusta lokakuuhun; lähde: Eestimaa Looduse Fond, Pro Mare), yhdyskuntien sijaintipaikat, Natura 2000 -alueet ja muut suojelualueet itämerennorppille ja mallinnettu ammusten raivauksen laajuus kesällä Venäjän vesialueilla. Kuviossa näytetään vain Suomen ja Viron Natura 2000 -alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan referenssireitistä. Numerot viittaavat luonnonsuojelualueiden nimiin: 1) Kurkolanniemi, 2) Suursaari, 3) Paationsaari, 4) Hallyn kalliot, 5) Kiuskeri, 6) Kiuskeri, 7) Kinnarit, 8) Pitkäpaasi, 9) Seiskari, 10) Tytäsaari, 11) Säyvö, 12) Viirit, 13) Virgundin kalliot, 14) Tiurinsaari.



Kuva 8-12 Lähettimillä varustettujen Itämerennorppien seurantatiedot (marraskuusta huhtikuuhun: lähde: Eestimaa Looduse Fond, Pro Mare), yhdyskuntien sijaintipaikat, Natura 2000 -alueet ja muut suojelualueet itämerennorppille ja mallinnettu ammusten raivauksen laajuus talvella Venäjän vesialueilla. Kuviossa näytetään vain Suomen ja Viron Natura 2000 -alueet 100 kilometrin säteellä NSP2-putkilinjan referenssireitistä. Numerot viittaavat luonnonsuojelualueiden nimiin: 1) Kurkolanniemi, 2) Suursaari, 3) Paationsaari, 4) Hallyn kalliot, 5) Kiuskeri, 6) Kiuskeri, 7) Kinnarit, 8) Pitkäpaasi, 9) Seiskari, 10) Tytärsaari, 11) Säyvö, 12) Viirit, 13) Virgundin kalliot, 14) Tiurinsaari.

PTS -alueella (179 dB) ammusten raivauksen vaikutus on palautumaton ja kattaa melko suuren alueen (enimmillään 23 km NSP2-putkilinjan reitiltä). Lisäksi vaikutus on rajat ylittävä (eli ei rajoitu Venäjän vesialueille) ja on kestoaltaan pitkäaikainen, johtuen kuulovaurioiden pysyvyydestä. Kuten edellä on todettu (luku 7.1.2), ei tiedetä missä määrin vähäisempi tai vakavampi pysyvä kuulonalenema vaikuttaa eläinten kuntoisuuteen, lisääntymiseen ja kommunikointiin. On kuitenkin todennäköistä, että eläimet saisivat niin vakavia kuulonalenemia, että niillä olisi vaikutusta eläimen selviytymiseen.

PTS:n muutoksen suuruus on **keskisuuri** kaikilla alueilla Venäjän vesialueilla kaikille merinisäkkäslajeille sekä yksilö- että populaatiotasolla, koska maantieteellinen alue on suuri, vaikutus on luonteeltaan palautumaton ja kumulatiivinen, ja sen intensiteetti on suuri.

8.1.4 Ammusten raivaus – painevammat, Venäjä

Räjähdyksistä aiheutuvat painevammat voivat aiheuttaa kuolettavia vammoja (todennäköisimmin huomattavia repeämiä keuhkoissa ja suolistossa) räjäytyspaikan läheisyydessä. Riippuen räjähteen koosta ja siitä mikä kynnysarvo katsotaan kaikkein relevanteimmaksi merinisäkkäille, voi kuolettavia vammoja esiintyä joidenkin satojen metrien päässä räjäytyspaikasta. Kun sovelletaan Yelverton et al. (1973) kynnysarvoja kooltaan suurelle räjähdykselle, saadaan arvioksi kohtalaisen vakaville (joista eläimen oletetaan selviävän itsekseen) vammoille enimmillään 900 m etäisyys eläimen ollessa pinnalla ja enimmillään 2.8 km eläimille, jotka ovat lähellä merenpohjaa. Kuolettaville vammoille vaihteluväli on pienempi (Yelverton et al. 1973 ei ole esittänyt kynnysarvoa kuolettaville vammoille). Jos sen sijaan suurelle räjähdykselle sovelletaan Lance et al. (2015) ehdottamia kynnysarvoja sukeltajille (kuva 7-2), kuolettavia vammoja voi aiheutua noin

1 km etäisyydellä räjäytyspaikasta eläimen ollessa pinnalla ja noin 3 km etäisyydellä eläimen ollessa lähellä merenpohjaa.

Muutoksen suuruus painevammojen osalta arvioidaan **suureksi** kaikille merinisäksälajeille sekä yksilö- että populaatiotasolla, johtuen vaikutuksen palautumattomuudesta ja suuresta intensiteetistä.

8.1.5 Kiviaineksen kasaaminen – TTS/PTS

Mallinnetut kiviaineksen kasauksen aiheuttamat melutasot olivat alhaisia. Kumulatiivinen äänenaltistustaso (SEL) arvioitiin kahdessa eri paikassa Nord Stream 2 -putkilinjan reitin varrella: Suomen talousvyöhykkeen itärajalalla (RP1) ja Suomenlahden suulla (RP2). Tarkat paikat ilmenevät raportin (Rambøll 2016d) kuvasta 3-1. TTS- ja PTS-alueiden arvioitu laajuus sen erittäin konservatiivisen arvion perusteella, että eläimet pysyisivät paikoillaan samalla etäisyydellä kiviaineksen kasaamispaikasta kahden tunnin ajan on esitetty taulukossa 8-3. Mallinnetut melutasot eivät olleet tarpeeksi suuria aiheuttaakseen pysyvää kuulonalenemaa, vaikka altistuva eläin olisi aivan kiviaineksen kasauspaikan vieressä, mutta hylje tai pyöriäinen voisi hypoteettisesti saada tilapäisen kuulonaleneman, jos se pysyisi 80 metrin etäisyydellä kiviaineksen kasaamista suorittavasta aluksesta kahden tunnin ajan tai kauemmin.

Taulukko 8-3 Kiviaineksen kasauksesta syntyvien TTS- ja PTS-alueiden enimmäislaajuus kahdessa paikassa RP1 ja RP2 Suomen vesialueilla (Rambøll 2016d) ja yhdessä paikassa R1_{Rus} Venäjän vesialueilla (Rambøll 2016a).

Merinisäksäryhmä	Vaikutus	RP1	RP2	RP1 _{Rus}
		Kynnysetäisyydet, max	Kynnysetäisyydet, max	Kynnysetäisyydet, max
Hylkeet	PTS	0 m	0 m	0 m
	TTS	80 m	80 m	80 m
Pyöriäiset	PTS	0 m	0 m	0 m
	TTS	80 m	80 m	80 m

Kiviaineksen kasauksesta ja muista aluksiin perustuvasta toiminnasta syntyvien vaikutusten laajuudet ovat hyvin pieniä. Vaikutukset ovat väliaikaisia ja palautuvia, ja pysyviä kuulonalenemia pidetään epätodennäköisinä. Muutoksen suuruus arvioidaan **pieneksi** kaikille merinisäksälajeille.

8.1.6 Ruoppauksesta, ponttiseinän juntaamisesta ja putkilinjasta syntyvä melu, PTS/TTS – Venäjä

Kuten kiviaineksen kasauksesta syntyvän melun kohdalla ja vaikka otetaankin huomioon ponttiseinän juntaamisesta syntyvää melua koskevat varovaiset oletukset, vaikutukset on pelkästään paikallisia (Taulukko 8-4), väliaikaisia ja intensiteetiltään pieniä (PTS epätodennäköistä). Muutoksen suuruus on näin ollen **pieni**.

Taulukko 8-4 Ruoppauksen, ponttiseinän juntaamisen ja putkilinjan melun TTS- ja PTS-alueiden enimmäislaajuus neljässä eri paikassa Venäjän vesialueilla (Rambøll 2016a).

Merinisäkkäsryhmä	Vaikutus	DR1	CD1	PO1
		Ruoppaus ¹	Ponttiseinän lyöminen ¹	Putkilinjan melu ²
		Kynnysetäisyydet	Kynnysetäisyydet	Kynnysetäisyydet
Hylkeet	PTS	0 m	0 m	0 m
	TTS	50 m	20 m	0 m
Pyöriäiset	PTS	0 m	0 m	0 m
	TTS	50 m	20 m	0 m

1) Perustuu 2 tunnin kumulatiiviseen äänenaltistustasoon (SEL)

2) Perustuu 24 tunnin kumulatiiviseen äänenaltistustasoon (SEL)

8.2 Sedimentin leviäminen

Sedimentin leviämisen suuruutta kuvataan raporteissa ”Modelling of sediment spill in Finland”, asiakirjanumero W-PE-EIA-PFI-REP-805-030400EN (Rambøll 2016c) ja ”Modelling of sediment spill in Russia”, asiakirjanumero W-PE-EIA-PRU-REP-805-070500EN (Rambøll 2016e). Alla on lyhyt yhteenveto näiden raporttien sisällöstä.

Suomi

Kaikkein laajimmalle levinneet suspendoituneet sedimentit vesimassassa ilmenevät ammusten raivauksen aikana ja eniten alimmassa 10 metrissä vettä merenpohjan yläpuolella, missä pitoisuudet voivat ylittää arvon 15 mg/l enintään 27,8 neliökilometrin alueella enintään 10 tunnin ajan ja enintään arvon 10 mg/l enintään 46 neliökilometrin alueella enintään 13 tunnin ajan. Pitoisuudet eivät koskaan ylitä arvoa 107 mg/l. Ammusten raivauksen jälkeinen sedimentaatio ei ylitä arvoa 179 g/m² missään paikassa.

Kiviaineksen kasausta koskevassa skenaariossa alue, jolla veteen sekoittuneen sedimentin pitoisuudet ylittävät arvon 10 mg/l, rajoittuu noin kuuteen neliökilometriin enintään 18 tunnin ajaksi. Pitoisuudet eivät koskaan ylitä arvoa 61 mg/l talviolosuhteissa ja arvoa 22 mg/l kesäolosuhteissa. Sedimentaatio ei ylitä arvoa 400 g/m² missään paikassa kiviaineksen kasauksen jälkeen ja se rajoittuu putkilinjan läheisyyteen.

Sedimenttipilvi voi levitä laajalle alueelle, joten sedimentin leviämisalue on melko suuri. Vaikutus ovat kuitenkin kestoaltaan väliaikainen ja palautuva, joten muutoksen suuruudeksi arvioidaan **pieni**.

Venäjä

Veteen sekoittunut sedimentti leviää kaikkein laajimmalle vesimassassa ruoppauksen (mikrotunneloinnin) aikana lähellä Venäjän rannikkoa, missä enintään 55360 tonnia suspendoitunutta sedimenttiä vapautuu vesipatsaaseen ja voi levitä enintään 371 neliökilometrin alueelle > 10 mg/l pitoisuutena enintään 374 tunnin (noin 20 vuorokauden) ajaksi sekä 328 neliökilometrin alueelle > 5 mg/l pitoisuutena enintään 407 tunniksi (noin 17 vuorokaudeksi). Tämä on selvästi laajempaa kuin ammusten raivauksen aiheuttama sedimentin leviäminen (19 neliökilometrin alueelle pitoisuuden ollessa > 10 mg/l 9 tunnin ajan) ja vaikutusalueella sijaitsee itämerennorpan tärkeä suojeltu lisääntymisalue (Kurkolanniemi).

Sedimenttipilvi voi levitä laajalle alueelle, joten sedimentin leviämisalue on melko suuri. Vaikutus on kuitenkin kestoltaan väliaikainen, vaikkakin selvästi pidempiaikainen kuin sedimentin leviäminen kauempana rannikolta. Vaikutus on palautuva, ja sen suuruusluokka on **pieni**.

8.3 Elinympäristön muuttuminen

Putkilinjan fyysinen läsnäolo muuttaa olemassa olevaa elinympäristöä ja siten alueella eläviä eläin- ja kasvilajeja.

Rakennusvaiheessa kaikki NSP2-putkilinjan reitillä ja kiviaineksen kasausalueilla olevat pohjaeläimet ja -kasvit tuhoutuvat, mutta käyttövaiheessa putkilinjan kova materiaali voi lisätä pohjaeläinten ja -kasvien monimuotoisuutta syvyydestä riippuen. Kaloja ja päällyseliöstöä tarkkailtiin NSP-putkilinjan reitillä yhden vuoden ajan ennen rakentamista ja neljä vuotta rakentamisen jälkeen Ruotsin vesialueilla (Nord Stream 2014). Tällöin todettiin, että liikkumattomien päällyseliöiden yhteisöjen määrä lisääntyi vähitellen ajan kanssa ja niitä näytti syntyvän eniten matalammille alueille (23–27 m) kuin syvemmille alueille (35–64 m, joka on samaa syvyysluokkaa kuin NSP2-putkilinjan reitti Suomen vesialueilla). Lisäksi tarkkailutulokset osoittivat, että pohjakalayhteisöissä kaikilla tutkituilla syvemmillä alueille oli selvästi eniten turskaa (< 38 cm) ja että putkilinja saattaa toimia turskan kasvualueena syksyisin. Tämänkokoiset turskat ovat potentiaalisia merinisäkkäiden saaliseläimiä, mutta lisäksi todettiin, että putkilinjan vaikutukset pohjakalalajeihin olivat pieniä ja luonteeltaan paikallisia. NSP2-putkilinjan elinympäristöä muuttavat vaikutukset Suomen ja Venäjän vesialueilla ovat erilaisia kuin Ruotsin vesialueilla, koska syvyys ja lajit ovat erilaisia. Vaikutukset ovat pitkäaikaisia ja pysyviä, mutta ne kattavat pienen alueen ja ovat intensiteetiltään pieniä. Näin ollen muutoksen suuruudeksi arvioidaan **merkityksetön** kaikille merinisäkkälajeille Suomen vesialueilla ja lisäksi myös pyöriäisille Venäjän vesialueilla. Muutoksen suuruus hylkeille Venäjän vesialueilla on kuitenkin **pieni**, koska matalammat vesialueet lähellä rantaa aikaansaavat sen, että vaikutuksille on alttiina enemmän kasveja ja eläimiä.

8.4 Haitta-aineiden aiheuttamat terveysvaikutukset

Ajan mittaan sedimentteihin kertyy myrkyllisiä- ja haitallisia aineita, kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja. Sedimenttien käsittely saattaa vapauttaa näitä aineita vesipatsaaseen, mikä voi mahdollisesti muuttaa sedimentin kemiallisia ominaisuuksia ja heikentää veden laatua. Veteen sekoittuneet haitta-aineet voivat joutua meressä elävien organismien saataville, joten ne voivat potentiaalisesti kertyä ravintoketjuun ja päätyä merinisäkkäisiin (Todd et al. 2015). Kiviaineksen kasauksen ja ammusten raivauksen aikaansaama sedimentin sekoittuminen veteen on sekä

ajallisesti että paikallisesti rajallista (Rambøll 2016b). Päähuolenaihe merinisäkkäiden kohdalla on veteen sekoittuneiden haitta-aineiden rikastuminen ravintoketjussa. Ottaen huomioon arvioidut pitoisuudet sekä sekoittumisen ajallinen ja alueellinen rajallisuus (Rambøll 2016c), pitoisuudet eivät kuitenkaan ole tarpeeksi suuria, jotta niillä olisi haitallisia vaikutuksia ympäristöön tai ravintoverkkoihin, kunhan saastuneita sedimenttejä hallitaan tiukasti (Roberts 2012).

Haitallisten aineiden leviäminen on alueelliselta luonteeltaan kansallista ja kestoltaan väliaikaista (tunneista muutamaan vuorokauteen). Näin ollen muutoksen suuruus on **merkityksetön**.

8.5 Öljyvuodot

Ranskan Bretagnessa tapahtuneen Amoco Cadiz -aluksen tai Alaskan Prince William Soundissa tapahtuneen Exxon Valdez -aluksen kaltaisilla suuriin öljypäästöihin johtavilla onnettomuuksilla on merkittävä vaikutus merinisäkkäisiin. Yleensä laivaonnettomuuksissa mereen pääsevän öljyn määrä on kuitenkin paljon pienempi (ja yleensä se koostuu laivan omaan käyttöön tarkoitetusta polttoaineesta). Näin ollen vaikka vaikutukset voivat potentiaalisesti olla rajat ylittäviä ja pitkäaikaisia, arvioidaan muutoksen suuruuden olevan **pieni**, sillä se riski, että NSP2-putkilinjan huoltoalukset joutuisivat törmäysonnettomuuteen on käytännössä merkityksettömän pieni.

8.6 Kaasuvuoto

NSP:n arvioinnin aikana kaasuvuodon todennäköisyys putkilinjan käytön aikana laskettiin olevan keskimäärin kerran 293,500:ssa vuodessa. Jos kaasua kuitenkin pääsee vuotamaan, mikä on epätodennäköistä, kaikki kaasupatsaan tai sitä seuraavan kaasupilven sisällä olevat kalat, merinisäkkäät ja linnut joko kuolevat tai pakenevat vaikutusalueelta (Nord Stream 2008). Koska mahdolliseen kaasuvuotoon todennäköisesti liittyisi melua, merinisäkkäät ehtisivät todennäköisesti välttämään kaasupilven. Vaikutukset olisivat väliaikaisia ja paikallisia. Muutoksen suuruudeksi on arvioitu **pieni**.

9. Arviointi vaikutuksista rakennusaikana ilman lieventämistoimia

Vaikutuksen merkittävyys koostuu herkkydestä ja muutoksen suuruudesta. Kaikkia vaikutuksia arvioitiin näiltä osin luvuissa 7 ja 8. Alla tarkastellaan kaikkien vaikutusten merkittävyyttä kaikille eläinlajeille rakennusvaiheen aikana. Ammusten raivauksen vaikutukset arvioidaan erikseen Suomen ja Venäjän vesialueilla. Kaikkien muiden vaikutusten arvioinnit koskevat kaikkien maiden vesialueita. Tässä kappaleessa arvioimme ammusten raivauksen suurinta vaikutusta ilman lieventämistoimia. Niiden vaikutusten arviointi, jotka mahdollisesti jäävät jäljelle lieventämistojen jälkeenkin, on esitetty kappaleessa 12.

9.1 Vedenalainen melu

9.1.1 Ammusten raivaus, Suomi

Kuten luvussa 6 todetaan, tässä raportissa on päätetty arvioida ammusten raivauksen vaikutuksia kaikkiin merinisäkkäslajeihin kahdella mittarilla:

1. Merkittävyys populaatiotasolla ja sitä kautta merkittävyys hylkeiden levinneisyyteen ja määrään
2. Merkittävyys yksilötasolla: vaikka yksittäisten hylkeiden vammautuminen tai kuoleminen ei ehkä vaikuta populaatioon ja ympäristöön merkittävästi, suurten nisäkkäiden vammautumisella tai kuolemisella voi olla merkittäviä eettisiä vaikutuksia.

Arvioinnissa on keskitytty PTS- (SEL-kynnysarvo 179 dB) ja TTS-alueisiin (SEL-kynnysarvo 164 dB), jotka aiheutuvat suurimmista räjäytyksistä keskimääräisten räjäytysalueiden asemesta. Sillä, tarkastellaanko keskiarvoa vai maksimiarvoa, ei ole mitään käytännön merkitystä, koska meillä ei ole riittävästi aineistoa populaatioiden koosta ja levinneisyydestä, jotta voisimme arvioida sen yksilömäärän, johon vaikutus kohdistuu. Näin ollen johtopäätökset perustuvat asiantuntijan arvioon todennäköisyydestä, että vaikutusalueella on yksi tai useampi eläin, eivätkä ne eroa paljonkaan alueen koon mukaan.

Tässä arvioinnissa painevammojen, pysyvän kuulonaleneman (179 dB SEL-alueajaukset) ja tilapäisen kuulonaleneman / välttämisen (164 dB SEL-alueajaukset) vaikutukset on arvioitu erikseen.

Jokaista lajia arvioidaan erikseen alla.

Pyöriäinen

NSP2-putkilinjan lähistöllä olevilla vesialueilla Suomen vesialueilla on hyvin vähän pyöriäisiä kaikkina vuodenaikoina. PTS-, TTS- ja välttämisherkkyys arvioidaan **pieniksi** sekä yksilö- että populaatiotasolla.

Muutoksen suuruus TTS- ja välttämisaikutuksille on pieni ja merkittävyys siten **vähäinen**.

Muutoksen suuruus painevammojen osalta arvioidaan suureksi, mutta koska herkkyys on pientä, merkittävyyden *pitäisi* olla **kohtalainen**. Koska pyöriäisiä odotetaan kuitenkin olevan alueella

hyvin vähän ja todennäköisyys, että jokin pyöriäinen on paikalla räjähdysten aikana, on erittäin pieni, ja siten merkittävyys katsotaan vähäiseksi sekä populaatio- että yksilötasolla, kun kumulatiivisia vaikutuksia ei oteta huomioon.

Muutoksen suuruus PTS- vaikutusten osalta on **keskisuuri**, herkkyys on **pieni** ja merkittävyys on **vähäinen**.

Usealla räjähdyksellä voi kuitenkin olla kumulatiivisia vaikutuksia pyöriäisiin, jos samat yksilöt sattuvat altistumaan useita kertoja eri räjähdyksille. Koska M4- ja M1-2-alueilta odotetaan raivattavan vain pieniä määriä miinoja ja paikalla odotetaan olevan hyvin vähän pyöriäisiä, todennäköisyys sille, että sama yksilö altistuu useille räjähdyksille, katsotaan erittäin pieneksi. Näin ollen kumulatiiviset vaikutukset eivät muuta yksittäisille pyöriäisille tehtyjä arviointeja.

Sama koskee myös kumulatiivisia vaikutuksia populaatiotasolla M1-2- ja M4-alueilla. Koska todennäköisyys sille, että yksittäiset yksilöt altistuvat vammoja aiheuttaville tasoille, on pieni ja koska odotettavissa oleva räjähdysten määrä on pieni, merkittäviä kumulatiivisia vaikutuksia ei ole, vaan vaikutukset säilyvät **vähäisinä**.

Potentiaaliset kumulatiiviset vaikutukset M3-alueella ovat suurempia, koska sieltä löytyy todennäköisesti suurempi määrä miinoja (42 räjäytystä edellisen NSP-putkilinjan rakennusaikana). Yksittäisen räjähdysten vaikutukset arvioidaan vähäisiksi. Kumulatiivisten vaikutusten riski on kuitenkin suurempi räjähdysten suuremman määrän vuoksi, ja jollakin tasolla (kriittinen räjähdysten määrä) vaikutukset kasvavat vähäisistä kohtalaisiksi. Koska pyöriäisten liikkeistä ei ole tarkkaa tietoa eikä siksi voida määrittää sen todennäköisyyttä, että niitä on M3-alueella, tätä kriittistä räjähdysten määrää ei voida laskea. Lisäksi kriittisen määrän arvioiminen on hankalaa, koska kunkin räjähdysten aiheuttamaa meluallistusta ei tiedetä etukäteen (koska on todennäköistä, että panokset räjähtävät vain osittain). Tästä huolimatta on arvioitu, että räjähdysten määrä M3-alueella on kriittinen ja merkittävyyden M3-alueella arvioidaan olevan **kohtalainen** sekä painevammoille että pölyille kuulonalenemille suuremman kumulatiivisen riskin vuoksi.

Harmaahylje

Harmaahylkeitä esiintyy kaikkialla Suomen vesialueilla. Käytettävissä olevilla tiedoilla ei ole mahdollista arvioida, kuinka monta yksilöä on NSP2-putkilinjan vaikutusalueella. Harmaahylkeiden levähdysalueiden levinneisyyden ja saatavilla olevien seurantatietojen perusteella on kuitenkin todennäköistä, että harmaahylkeitä on paikalla kaikilla vesialueilla olevilla NSP2-putkilinjan rakentamisen kannalta tärkeillä alueilla Suomen vesialueilla, mukaan lukien PTS- ja painevamma-vaikutusalueet M1–M4-alueilla.

Herkkyys tilapäiselle kuulonalenemalle arvioidaan pieneksi ja muutoksen suuruus niin ikään pieneksi. Näin ollen merkittävyyden katsotaan olevan **vähäinen** sekä yksilö- että populaatiotasolla, koska vaikutukset ovat väliaikaisia ja vaikuttavat todennäköisesti vain pieneen osaan populaatiosta.

Herkkyuden ammusten raivauksen aiheuttamalle välttämiseksi ja äänten peittymiseksi katsotaan olevan pieni ja muutoksen suuruuden katsotaan olevan keskisuuri. Merkittävyyden katsotaan olevan **vähäinen**, koska vaikutukset ovat väliaikaisia.

Yksilötaso: Painevammoihin kohdistuvan herkkyuden katsotaan olevan suuri yksilötasolla, koska hylkeitä voi vammautua ja mahdollisesti kuolla. Muutoksen suuruus on niin ikään suuri ja merkittävyyden katsotaan olevan **suuri**.

Herkkyys pysyvälle kuulonalenemalle yksilötasolla on suuri ja muutoksen suuruus on keskisuuri, Merkittävyys on siten arvioitu **kohtalaiseksi**.

Populaatiotasoa: Painevammat voivat olla kuolettavia ja täten vähentää harmaahylkeiden määrää. Itämeren harmaahyljepopulaatio on kuitenkin suuri ja se on ollut kasvussa viimeksi kuluneina vuosikymmeninä. Siksi herkkyuden painevammoille katsotaan olevan pieni populaatiotasolla ja merkittävyyden katsotaan olevan **kohtalainen**.

Herkkyys pysyvälle kuulonalenemalle populaatiotasolla on pieni ja muutoksen suuruus on keskisuuri, merkittävyys on siten arvioitu **vähäiseksi**.

Usealla räjähdyksellä voi olla kumulatiivisia vaikutuksia, jos samat yksilöt sattuvat altistumaan useita kertoja eri räjähdyksille. Näin tapahtuu todennäköisesti joillekin harmaahylkeille, koska niitä on paljon, varsinkin M3-alueella, missä todennäköisesti räjäytetään eniten ammuksia. Koska painevammojen kokonaismerkitys yksittäisille harmaahylkeille on jo arvioitu suureksi, kumulatiiviset vaikutukset eivät muuta arviota.

Kuten painevammojen suhteen, PTS voi olla kumuloituvaa yksittäisille hylkeille, jos ne altistuvat useita kertoja. Kuten edellä on todettu (luku 6.3), tämä tarkoittaa että kun yksilö altistuu useammalle räjäytykselle, nousee merkittävyys jossain vaiheessa kohtalaisesta suureksi. Tarkkaan ottaen ei voida sanoa missä vaiheessa tämä muutos tapahtuu. NSP2-hankkeen aiheuttamien vaikutusten oletetaan kuitenkin pysyvän sellaisissa rajoissa, että myös kumuloituvan vaikutuksen merkittävyys pysyy **kohtalaisena**.

Kumulatiiviset vaikutukset populaatiotasolla ovat merkityksellisiä kaikilla alueilla, mutta kaikkein todennäköisimmin M3-alueella, mistä todennäköisesti löydetään eniten miinoja (42 räjäytystä Nord Stream -putkilinjan rakennusaikana). Koska herkkyys on arvioitu pieneksi populaatiotasolla (populaation hyvän tilan vuoksi) ja muutoksen suuruus painevammojen osalta on jo arvioitu suureksi, toistuva altistuminen ei vaikuta merkittävyyteen, mikä pysyy **kohtalaisena**.

Kuten yksilötasolla, vaikutus populaatiotasolla on kumuloituvaa. Räjähdysten määrän kasvaessa yhä useammat yksilöt voivat altistua PTS-vaikutuksille. Koska harmaahylkeiden populaation tila on suotuista, tämän vaikutuksen merkittävyyden ei arvioida nousevan, vaan se on **vähäinen**.

Itämerennorppa

Itämerennorppia voi esiintyä kaikkialla Suomen vesialueilla, mutta niitä on yleensä enemmän lähellä levähdys- ja ruokailualueita. Ruokailualueet voivat muuttua vuodenajan mukaan ja vuosittain. Nykytiedon perusteella ei ole mahdollista arvioida, onko NSP2-putkilinjan kannalta tärkeillä alueilla tärkeitä norppien ruokailualueita vai ei.

Itämerennorppien herkkyys tilapäiselle kuulonalenemalle sekä muutoksen suuruus arvioidaan pieniksi, joten merkittävyys on **vähäinen** sekä yksilö- että populaatiotasolla, koska vaikutukset ovat väliaikaisia.

Itämerennorppien herkkyuden ammusten raivauksen aiheuttamalle välttämislle ja äänien peittymislle katsotaan olevan pieni ja muutoksen suuruuden katsotaan olevan keskisuuri. Merkittävyyden katsotaan olevan **vähäinen**, koska vaikutukset ovat väliaikaisia.

Yksilötaso: Herkkyys painevammoille arvioidaan suureksi yksilötasolla ja muutoksen suuruus on niin ikään suuri. Näin ollen merkittävyys vaikutuksen kohteeksi joutuville yksilöille on **suuri**.

Herkkyys pysyville kuulonalenemille yksilötasolla on suuri ja muutoksen suuruus on keskisuuri. Merkittävyys on arvioitu **kohtalaiseksi**.

Populaatiotasoa: Populaatiotason painevammojen ja pysyvien kuulonalenemien arvioinneissa on otettu varovainen lähestymistapa eli kolmea lisääntymisaluetta (Suomenlahti, Saaristomeri ja Riianlahti) on pidetty lisääntymisen kannalta eristyneinä. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikutukset pitää arvioida kunkin alueen arvioidun eläinten määrän mukaisesti.

Ammusten raivaus M1-2-alueella voi vaikuttaa itämerennorppiin Suomenlahden sisemmissä osissa. Koska tällä alueella on hyvin vähän itämerennorppia (luultavasti 100–300 yksilöä), jokainen yksilö on populaation kannalta tärkeä. Vaikka kaikkein lähimpänä M1/M2-alueita merkityistä eläimistä ei ole yksilöiden seurantatietoja, on epätodennäköistä, että useampi kuin muutama yksilö olisi paikalla PTS- tai painevamma-alueella ammusten raivauksen aikaan, mutta jos paikalla olevista yksilöistä kaksi tai kolme on sukukypsiä naaraita, vaikutus populaatioon voi olla suuri. Sen sijaan urosyksilöt eivät ole yhtä tärkeitä. Näin ollen herkkyys painevammoille ja muutoksen suuruus M1-2-alueella arvioidaan populaatiotasolla suuriksi ja merkittävyyden katsotaan olevan **suuri**.

Itämerennorppien herkkyys pysyville kuulonalenemille populaatiotasolla M1-2-alueella on suuri ja muutoksen suuruus on keskisuuri. Vaikutuksen merkittävyys on **kohtalainen**.

M3-alue on melko kaukana itämerennorppien levähdysalueista (= yhdyskunnista / lisääntymispaikoista) ja yksilöiden seurantatietojen perusteella käyttämistä alueista. Siitä huolimatta pieniä määriä yksilöitä kaikilta kolmelta lisääntymisalueelta, myös uhanalaisia Suomenlahden osapopulaation hylkeitä, voi olla paikalla PTS- tai painevamma-alueella ammusten raivauksen aikana. Näin ollen M3-alueen herkkyys arvioidaan keskisuureksi sekä painevammoille että PTS-vaikutuksille. Merkittävyys on siten **suuri** painevammoille ja **kohtalainen** pysyville kuulonalenemille.

Ammusten raivaus M4-alueella tai sen lähistöllä voi vaikuttaa Saaristomeren tai Riianlahden lisääntymisalueiden yksilöihin. M4-alueelta ei ole saatavilla seurantatietoja lähettimillä varustetuista norpista, jotka olisivat tulleet paikalle alueen kolmelta lisääntymisalueelta (Suomenlahden sisäosa, Saaristomeri ja Riianlahti), mutta on todennäköistä, että joitakin yksilöitä on paikalla PTS- tai painevamma-alueella ammusten raivauksen aikana. Koska edellä mainitut populaatiot eivät ole uhanalaisia, arvioimme herkkyuden räjähdysten aiheuttamille vammoille ja kuulonalenemille pieneksi populaatiotasolla. Muutoksen suuruus painevammojen osalta on suuri ja pysyvien kuulonalenemien osalta keskisuuri. Näin ollen merkittävyys norppapopulaatiolle painevammojen osalta on **kohtalainen** alueella M4, ja PTS-vaikutusten osalta **vähäinen**.

Usealla räjähdyksellä voi olla kumulatiivisia vaikutuksia, jos samat yksilöt sattuvat altistumaan useita kertoja eri räjähdyksille. Näin voi tapahtua kaikkein todennäköisimmin M3-alueella, missä räjähdyksiä tehdään todennäköisesti eniten. Mutta M3 on myös se alue, missä itämerennorppia on

kaikkein vähiten, joten todennäköisyys, että samat yksilöt altistuvat useita kertoja, katsotaan pieneksi eikä vaikutusta kokonaisarviointiin arvioida olevan.

Kumulatiivisia vaikutuksia populaatiotasolla voi myös ilmetä, koska jokainen lisäräjähdyks lisää yksilöiden vammautumisen tai pysyvän kuulonaleneman riskiä ja kumulatiivista vaikutusta populaatioon. Tällä on erityistä merkitystä M1-2-alueen kohdalla (missä Nord Streamin rakennusaikana räjäytettiin kuusi miinaa), mutta tällä alueella yksittäisen räjähdysten merkitys on jo painevammojen osalta arvioitu **suureksi** eli mikä tahansa määrän räjähdysten – jopa yksi ainoa – katsotaan olevan ongelmallista. PTS-vaikutusten osalta ennustettu vähäinen raivattavien ammusten määrä ei muuta merkittävyysarviota, joka on **kohtalainen**.

Potentiaaliset kumulatiiviset vaikutukset pysyvän kuulonaleneman osalta M3-alueella ovat suurempia, koska sieltä löytyy todennäköisesti suurempi määrä miinoja (42 räjäytystä Nord Streamin rakennusaikana). Koska herkkyys on arvioitu keskisuureksi ja yhden räjähdysten merkittävyys kohtalaiseksi, useamman räjähdysten kumulatiivinen vaikutus lisääntyy ja jollakin tasolla (kriittinen räjähdysten määrä) vaikutusten merkitys kasvaa kohtalaisesta suureksi. Koska itämerennorppien liikkeistä ei ole tarkkaa tietoa, eikä siksi voida määrittää todennäköisyyttä sille, että Suomenlahden osapopulaatioon kuuluvia yksilöitä on M3-alueella, tätä kriittistä räjähdysten määrää ei voida laskea. Lisäksi kriittisen määrän arvioiminen on hankalaa, koska kunkin räjähdysten aiheuttamaa melualtistusta ei tiedetä etukäteen (koska on todennäköistä, että panokset räjähtävät vain osittain). Tästä huolimatta arvioidaan, että kumulatiivisilla vaikutuksilla ei ole merkittävää vaikutusta, vaan merkitys säilyy **kohtalaisena**.

Potentiaaliset kumulatiiviset PTS-vaikutukset M4-alueella ovat pieniä, koska siellä räjähdysten uskotaan tapahtuvan vähemmän (seitsemän räjähdystä Nord Streamin rakennusaikana) ja kyseisen itämerennorppapopulaation (Riianlahden osapopulaatio) tila on parempi kuin Suomenlahden osapopulaation. Näin ollen pienen räjähdysmäärän kumulatiiviset vaikutukset eivät muuta arviota, vaan merkitys on edelleen **vähäinen**.

9.1.2 Ammusten raivaus, Venäjä

Kuten Suomenkin kohdalla, ammusten raivauksen vaikutuksia tarkastellaan sekä yksilö- että populaatiotasolla, ja arvioinnit ovat yleisesti ottaen hyvin samankaltaisia kuin Suomen kohdalla.

Pyöriäinen

Venäjänsä osassa Suomenlahtea odotetaan olevan hyvin vähän pyöriäisiä kaikkina vuodenaikoina eli saman verran tai vähemmän kuin Suomen osassa Suomenlahtea. Näin ollen PTS-, TTS- ja välttämisherkkyys arvioidaan **pieniksi** sekä yksilö- että populaatiotasolla.

TTS- ja välttämisaikutusten suuruus on pieni ja merkittävyys on **vähäinen**.

Muutoksen suuruus painevammojen osalta on suuri, mutta koska herkkyys on pientä, kokonaismerkityksen pitäisi olla kohtalainen. Koska pyöriäisiä odotetaan kuitenkin olevan alueella hyvin vähän, merkittävyyden katsotaan olevan **vähäinen** sekä populaatio- että yksilötasolla.

Muutoksen suuruus pysyvien kuulonalenemien osalta on keskisuuri ja merkittävyys **vähäinen**.

Kuten Suomenkin vesialueilla, pyöriäisille voi syntyä kumulatiivisia vaikutuksia useista räjähdyksistä. Koska paikalla odotetaan olevan hyvin vähän pyöriäisiä, todennäköisyys sille, että sama yksilö altistuu useille räjähdyksille, katsotaan erittäin pieneksi. Näin ollen kumulatiiviset vaikutukset eivät muuta yksittäisille pyöriäisille tehtyjä arviointeja.

Sama koskee myös kumulatiivisia vaikutuksia populaatiotasolla. Koska todennäköisyys sille, että yksittäiset yksilöt altistuvat vammoja aiheuttaville tasoille, on pieni, merkittäviä kumulatiivisia vaikutuksia ei ole, vaan vaikutukset säilyvät **vähäisinä**.

Harmaahylje

Harmaahylkeitä esiintyy kaikkialla Venäjän osassa Suomenlahtea, mutta eniten lahden pohjoisrannoilla. Näiden yksilöiden uskotaan olevan osa suurempaa, koko Itämeren yhteistä populaatiota. Käytettävissä olevilla tiedoilla ei ole mahdollista arvioida, kuinka monta yksilöä on NSP2-putkilinjan vaikutusalueella.

Herkkyys tilapäisille kuulonalenemille arvioidaan pieneksi ja muutoksen suuruus niin ikään pieneksi. Näin ollen merkittävyyden katsotaan olevan **vähäinen** sekä yksilö- että populaatiotasolla, koska vaikutukset ovat väliaikaisia ja vaikuttavat todennäköisesti vain pieneen osaan populaatiosta.

Herkkyuden ammusten raivauksen aiheuttamalle välttämislle ja äänien peittymislle katsotaan olevan pieni ja muutoksen suuruuden katsotaan olevan keskisuuri. Merkittävyys arvioidaan **vähäiseksi**, koska vaikutukset ovat väliaikaisia.

Yksilötaso: Herkkyys painevammoille katsotaan olevan suuri yksilötasolla, koska hylkeitä voi vammautua ja mahdollisesti kuolla. Muutoksen suuruus on niin ikään suuri ja merkittävyyden katsotaan olevan **suuri**.

Herkkyys pysyville kuulonalenemille katsotaan olevan suuri yksilötasolla ja muutoksen suuruus arvioidaan keskisuureksi. Merkittävyys on siten **kohtalainen**.

Populaatiotasoa: Painevammat voivat olla kuolettavia ja täten vähentää harmaahylkeiden määrää. Itämeren harmaahyljepopulaatio on kuitenkin suuri ja se on ollut kasvussa viimeksi kuluneina vuosikymmeninä. Siksi herkkyys painevammoille katsotaan populaatiotasolla pieneksi ja merkittävyyden katsotaan olevan **kohtalainen**.

Herkkyys pysyville kuulonalenemille on pieni populaatiotasolla ja muutoksen suuruus on keskisuuri. Merkittävyys on arvioitu **vähäiseksi**.

Usealla räjähdyksellä voi olla kumulatiivisia vaikutuksia, jos samat yksilöt sattuvat altistumaan useita kertoja eri räjähdyksille. Näin tapahtuu todennäköisesti joillekin harmaahylkeille, koska niitä on paljon. Koska painevammojen merkittävyys yksittäisille harmaahylkeille on jo arvioitu suureksi, kumulatiiviset vaikutukset eivät muuta arviota. Samoin kuin Suomen vesialueilla, PTS-vaikutukset voivat olla kumulatiivisia joillekin harmaahylkeyksilöille, jos ne altistuvat meluvaikutuksille monta kertaa. NSP2-hankkeen aiheuttamien vaikutusten oletetaan kuitenkin pysyvän sellaisissa rajoissa, että myös kumulatiivisen vaikutuksen merkittävyys pysyy **kohtalaisena**.

Kumulatiiviset vaikutukset populaatiotasolla ovat merkityksellisiä Venäjän vesialueilla, koska sieltä odotetaan löydettävän suuri määrä ammuksia. Koska herkkyys kuitenkin on arvioitu pieneksi populaatiotasolla (populaation hyvän tilan vuoksi), toistuva altistuminen ei vaikuta merkittävyysteen, mikä pysyy **kohtalaisena** painevammojen osalta ja **vähäisenä** PTS-vaikutusten osalta.

Itämerennorppa

Itämerennorppia voi esiintyä kaikkialla Venäjän osalla Suomenlahdesta, mutta niitä on yleensä enemmän lähellä levähdys- ja ruokailualueita. Ruokailualueet voivat muuttua vuodenajan mukaan ja vuosittain. Nykytiedon perusteella ei ole mahdollista arvioida, onko NSP2-putkilinjan kannalta tärkeillä alueilla tärkeitä ruokailualueita vai ei.

Itämerennorppien herkkyys tilapäiselle kuulonalenemalle ja muutoksen suuruus katsotaan pieneksi, joten merkittävyys on **pieni** sekä yksilö- että populaatiotasolla, sillä vaikutukset ovat väliaikaisia.

Itämerennorppien herkkyys ammusten raivauksen aiheuttamille välttämiskaikatuksille ja äänten peittymiselle arvioidaan pieneksi ja muutoksen suuruus on keski-suuri. Merkittävyys on arvioitu **pieneksi**, koska vaikutukset ovat väliaikaisia.

Yksilötaso: Herkkyys painevammoille ja PTS-vaikutuksille katsotaan suureksi yksilötasolla. Muutoksen vaikutus on suuri painevammojen osalta ja keski-suuri pysyvien kuulonalenemien osalta. Merkittävyys räjähdysten vaikutuksen kohteeksi joutuneille yksilöille on **suuri** ja PTS-vaikutusten osalta **kohtalainen**.

Populaatiotasoa: Ammusten raivaus Venäjän vesialueilla vaikuttaa todennäköisesti itämerennorppiin Suomenlahden sisemmän osan populaatioon. Koska itämerennorppien runsaus on tällä alueella alhainen (luultavasti 100–300 yksilöä), jokainen yksilö on populaation kannalta tärkeä. Herkkyys painevammoille ja pysyville kuulonalenemille katsotaan populaatiotasolla suureksi. Muutoksen suuruus on painevammojen osalta suuri ja PTS-vaikutuksen osalta keski-suuri. Näin ollen merkittävyys on painevammojen osalta **suuri** ja PTS-vaikutuksen osalta **kohtalainen**.

Kumulatiivisia vaikutuksia useista räjähdyksistä voi ilmetä, jos samat yksilöt sattuvat altistumaan useita kertoja eri räjähdyksille, ja niitä voi ilmetä myös populaatiotasolla, sillä jokainen lisäräjähdys lisää yksilöiden vammautumiskärsiä ja kumulatiivista vaikutusta populaatioon. Yksittäisen räjähdysten merkitys on jo kuitenkin arvioitu suureksi painevammojen osalta, jolloin mikä tahansa määrä räjähdysä – jopa yksi ainoa – katsotaan ongelmalliseksi, eikä kumulatiivinen vaikutus lisää merkittävyyttä.

Koska PTS-vaikutusten luonne on kumuloiuva, kasvattaa jokainen räjäytys kumulatiivista riskiä sille, että vaikutuksen merkittävyys nousee jossain vaiheessa kohtalaisesta suureen. Koska hylkeiden liikkumisesta ei ole riittävästi tietoa, ei pystytä arvioimaan millä todennäköisyydellä Suomenlahden osapopulaation itämerennorppia on alueella M3 eikä siten pystytä arvioimaan mikä olisi kriittinen räjäytysten määrä. Arviota hankaloittaa myös se, että räjäytyksistä syntyvän äänialistuksen määrää ei tiedetä etukäteen, koska lataukset voivat räjähtää vain osittain. On kuitenkin arvioitu, että PTS-vaikutus ei merkittävästi muutu kumulatiivisista vaikutuksista, ja siten merkittävyys pysyy **kohtalaisena**.

9.1.3 TTS/PTS kiviaineksen kasaamisesta

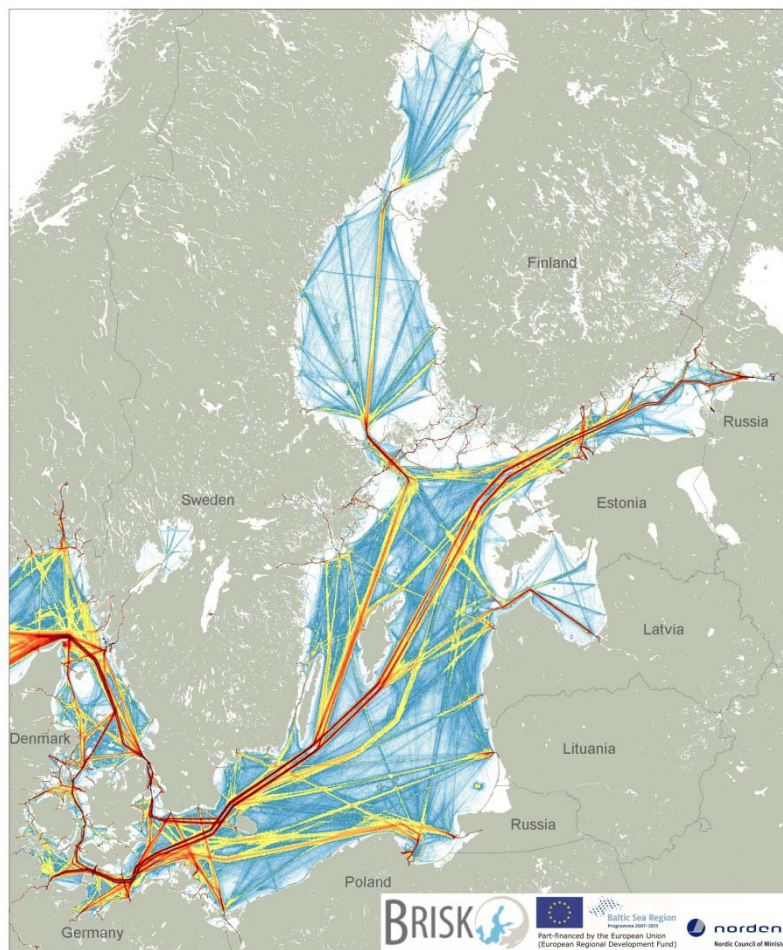
Vaikka otetaankin huomioon kiviaineksen kasaamisesta syntyvää melua koskevat varovaiset oletukset, vaikutukset ovat pelkästään paikallisia, väliaikaisia ja intensiteetiltään pieniä (PTS epätodennäköistä). Muutoksen suuruus on näin ollen pieni. Hylkeiden herkkyys on keskisuurta ja pyöriäisten pientä. Vaikutusten merkittävyyden katsotaan olevan **vähäinen** kaikille lajeille sekä Suomessa että Venäjällä.

9.1.4 TTS/PTS ponttiseinän juntaamisesta Venäjän vesialueilla

Kuten kiviaineksen kasaamisesta syntyvän melun kohdalla ja vaikka otetaankin huomioon ponttiseinän juntaamisesta syntyvää melua koskevat varovaiset oletukset, vaikutukset ovat pelkästään paikallisia, väliaikaisia ja intensiteetiltään pieniä (PTS epätodennäköistä). Muutoksen suuruus on näin ollen pieni. Hylkeiden herkkyys on keskisuurta ja pyöriäisten pientä. Vaikutusten merkittävyyden katsotaan olevan **vähäinen** kaikille lajeille.

9.1.5 Melun aiheuttamat käyttäytymismuutokset

Kiviaineksen kasauksesta syntyvää melua käytettiin edustamaan yleisesti aluksista ja rakennustoiminnasta syntyvää melua, sillä kiviaineksen kasauksen katsotaan olevan yksi hankkeen kaikkein eniten melua synnyttävistä toiminnoista (ammusten raivausta lukuun ottamatta). Käyttäytymisreaktioita kiviaineksen kasauksen ja muiden aluksista käsin suoritettavien toimintojen vuoksi putkijonon ympärillä odotetaan syntyvän vain alusten lähistöllä ja reaktioiden odotetaan kestävän vain sen ajan, kun alukset ovat paikalla. Näin ollen vaikutukset ovat lyhytaikaisia ja paikallisia. Rakennusvaiheen, käyttöönoton valmistelun ja käyttöönoton aikana suoritettavien toimintojen aiheuttamia häiriöitä pidetään merkitykseltään vähäisinä. Häiriöiden odotetaan olevan suuruusluokaltaan samanlaisia kuin ohi kulkevien kauppalausten aiheuttamat häiriöt, ja kauppa-aluksia kulkee paljon putkijonon varrella (katso kuva 9-1). Näin ollen alusten ja kiviaineksen kasauksen aiheuttamien vaikutusten intensiteetti ja muutoksen suuruus katsotaan vähäisiksi ja vaikutuksen merkittävyys on **vähäinen** kaikille merinisäkkäslajeille.



Kuva 9-1 Laivaliikenteen tiheys Itämerellä vuonna 2009 AIS-tietojen mukaan (ladattu osoitteesta http://www.brisk.helcom.fi/risk_analysis/traffic/). AIS-tiedoissa ovat mukana kaikki yli 300 tonnin kauppa-alukset sekä joitakin kalastus- ja huvialuksia, jotka pitivät AIS-lähetintä mukanaan vapaaehtoisesti.

Hylkeet ja pyöriäiset kuulevat ammusten raivauksesta syntyvän melun hyvinkin pitkän matkan päässä räjähdyspaikasta ja saattavat reagoida ääniin, vaikka ne eivät olisikaan tarpeeksi voimakkaita aiheuttamaan pysyvää tai tilapäistä kuulonalenemaa. Etäisyyksillä, joissa paineaallon nousuaika on tarpeeksi jyrkkä, melu aiheuttaa todennäköisesti säikähdysrefleksin eli vartalon lihasten tahattoman supistumisen. Refleksi on harmiton, mutta toistuva altistuminen saattaa aiheuttaa ehdollistumista pelolle (Götz and Janik 2011). Kauempina räjähdyspaikasta eläimet reagoivat todennäköisesti paineaaltoon keskeyttämällä hetkeksi senhetkisen toimintansa. Näin ollen ammusten raivauksen aiheuttamien käyttäytymisen muutosten katsotaan olevan erittäin lyhytaikaisia eikä niillä katsota olevan merkittäviä seuraamuksia eläimille.

9.2 Sedimentin leviäminen

Veteen sekoittuneella sedimentillä voi olla suoria vaikutuksia merinisäkkäisiin: sedimentti voi haitata niiden näkökykyä, koska se hajottaa valoa, heikentää kuvien kontrastia, rajoittaa näköpiiriä sekä määrittää näkemiseen käytettävissä olevan valon spektrikaistaleveyden ja intensiteetin tietynsyvyisessä vedessä (Weiffen et al. 2006).

Veteen sekoittunut sedimentti ja sedimentaatio voivat vaikuttaa epäsuorasti merinisäkkäiden saaliseläimiin, jotka elävät pohjalla tai avovedessä peittämällä merenpohjaa sedimentillä, lisäämällä veden sameutta ja haitta-aineiden vapautumisen kautta.

Jos sedimentaatiolle altistunut alue on melko pieni, vaikutuksen arvioidaan olevan merkitykseltään vähäinen merinisäkkäille. Jos NSP2-putkilinjan aiheuttamaa sedimentaatiota tapahtuu vain melko lähellä putkilinjaa, mitään haitallisia vaikutuksia (varsinkaan mitattavalla tasolla olevia) merinisäkkäille ei odoteta aiheutuvan.

9.2.1 Näkyvyyden heikkeneminen

Koska pyöriäiset käyttävät kaikuluotausta suunnistamiseen ja saaliseläinten paikallistamiseen, sedimenttipilvien aiheuttamalla näkökyvyn heikentymisellä ei uskota olevan merkittävää vaikutusta yksilö- tai populaatiotasolla. Hylkeet eivät käytä kaikuluotausta, mutta pyöriäisten tapaan niitä tavataan usein pimeissä ja sameissa vesissä, joihin saaliseläimet kerääntyvät, joten näkökyvyn heikkenemisellä ei uskota olevan merkittävää negatiivista vaikutusta.

Sedimentin leviämisen alueellinen ja ajallinen laajuus ja siten näkyvyyden heikkeneminen on laajuudeltaan kansallinen ja väliaikainen. Vaikutus on voimakkuudeltaan ja suuruusluokaltaan pieni. Näin ollen merkittävyys hylkeille ja pyöriäisille Suomen, Venäjän ja Viron vesialueilla on **vähäinen**.

9.2.2 Sedimentin leviämisen aiheuttamat käyttäytymismuutokset

Sedimentin leviämisen aiheuttamat käyttäytymisen muutokset ovat väliaikaisia ja kansallisia eli eläimet alkavat käyttäytyä normaalisti, kun toiminta loppuu. Käyttäytymisvaikutusten arvioidaan olevan palautuvia ja muutoksen suuruuden pientä. Herkkyys arvioidaan keskisuureksi hylkeille ja pieneksi pyöriäisille, ja merkittävyys on **vähäinen** kaikille lajeille.

9.2.3 Epäpuhtauksien aiheuttamat terveysvaikutukset

Muutoksen suuruus haitta-aineiden aiheuttamien terveysvaikutusten osalta on merkityksetön, joten yhdistettynä pieneen herkyyteen merkittävyys on **merkityksetön**.

9.3 Odottamattomat tapahtumat

9.3.1 Öljyvuodot

Merinisäkkäiden herkkyys öljyvuodoille on yleensä suurta (vaikka tässä tapauksessa se arvioidaan pieneksi pyöriäisille, koska niitä on alueella hyvin vähän), mutta koska vaikutusten todennäköisyys on pieni, merkittävyys on **vähäinen**.

10. Arviointi vaikutuksista käyttöaikana

Vaikutuksen merkittävyys koostuu herkkydestä ja muutoksen suuruudesta. Kaikkia vaikutuksia arvioitiin näiltä osin luvuissa 7 ja 8. Alla tarkastellaan kaikkien vaikutusten merkittävyyttä kaikille alueen merinisäksälajeille käyttövaiheen aikana. Putkilinjan aiheuttaman vedenalaisen melun ja elinympäristön muutosten vaikutukset arvioidaan erikseen Suomen ja Venäjän vesialueille. Kaikkien muiden vaikutusten arvioinnit koskevat kaikkien maiden vesialueita.

10.1 Putkilinjan aiheuttama vedenalainen melu

10.1.1 Suomi

Hylkeiden ja pyöriäisten herkkyys putkilinjan aiheuttamalle vedenalaiselle melulle koko Suomen arviointialueella on pieni, mutta koska ääni on lähes kuulumatonta, muutoksen suuruus on merkityksettömän pieni. Näin ollen vaikutuksen merkittävyys Suomen vesialueilla on **merkityksetön**.

10.1.2 Venäjä

Putkilinjan aiheuttama vedenalainen melu on todennäköisesti paremmin merinisäkkäiden kuultavissa Venäjän vesialueilla, koska päämelunlähde eli kompressoriasema on lähempänä, ja koska ympäristön melutason odotetaan olevan Suomenlahden keskiosaa alhaisempi. Voimakkuus ja muutoksen suuruus ovat pieniä, ja vaikutus on pelkästään paikallinen. Näin ollen putkilinjan aiheuttaman melun merkittävyys Venäjän vesialueilla arvioidaan **vähäiseksi**.

10.1.3 Huoltoalusten aiheuttama vedenalainen melu

Alusliikenne putkilinjan tarkastusten ja huollon yhteydessä katsotaan merkityksettömän pieneksi verrattuna laivaliikenteeseen Suomenlahdella yleensä (Kuva 9-1), ja kaikki näiden alusten aiheuttamat vaikutukset ovat paikallisia ja väliaikaisia. Voimakkuus ja muutoksen suuruus ovat pieniä, ja herkkyys on myös pientä. Näin ollen merkittävyys Suomen vesialueilla arvioidaan **vähäiseksi**.

Nord Stream 2 -putkilinjan reitillä Venäjän vesialueilla on selvästi vähemmän laivaliikennettä kuin Suomenlahden keskiosissa (Kuva 9-1). Huoltoaluksia odotetaan kuitenkin kulkevan putkilinjan lähellä vain vähän, joten alusten merinisäkkäille aiheuttamat häiriöt ovat paikallisia ja väliaikaisia. Huolimatta siitä, että häiriöiden tason odotetaan olevan suhteellisesti korkeampi kuin Suomen vesialueilla (liittyen Venäjän vesialueiden vähäisempään laivaliikenteeseen), uskotaan voimakkuuden ja muutoksen suuruuden pysyvän pieninä. Koska myös herkkyys on pientä, arvioidaan huoltoalusten aiheuttamien häiriöiden merkittävyys Venäjän vesialueilla **vähäiseksi**.

10.2 Elinympäristön muuttuminen

10.2.1 Suomi

Hylkeiden herkkyys elinympäristön muutoksille arvioidaan keskisuureksi. Kun taas pyöriäisten herkkyys elinympäristön muutoksille arvioidaan pieneksi, koska niitä on alueella vähän.

Muutoksen suuruuden katsotaan olevan merkityksettömän pieni. Näin ollen elinympäristön muutosten merkittävyyden kaikille merinisäkkäille Suomen vesialueilla katsotaan olevan **merkityksetön**.

10.2.2 Venäjä

Hylkeiden herkkyys elinympäristön muutoksille arvioidaan keskisuureksi. Kun taas pyöriäisten herkkyys elinympäristön muutoksille arvioidaan pieneksi, koska niitä on alueella vähän. Muutoksen suuruuden odotetaan olevan Venäjällä pieni matalamman veden vuoksi. Näin ollen elinympäristön muutosten merkittävyyden kaikille hylkeille Venäjän vesialueilla katsotaan olevan **vähäinen**. Pyöriäisille merkittävyyden katsotaan kuitenkin olevan **merkityksetön**.

10.3 Odottamattomat tapahtumat

10.3.1 Kaasuvuoto

Kaasuvuodon osalta muutoksen suuruus on pientä ja merinisäkkäiden herkkyys arvioidaan suureksi. Kaasuvuotojen merkittävyys merinisäkkäille katsotaan kuitenkin **vähäiseksi**, koska kaasuvuotojen todennäköisyys on pieni.

11. Yleiset lähestymistavat vaikutusten lievennyskeinoihin

Ammusten raivaus on ainoa toiminta, josta potentiaalisesti aiheutuu merinisäkkäisiin kohdistuvia vaikutuksia Nord Stream 2 -hankkeen aikana. Mahdolliset vaikutukset voivat kuitenkin olla merkittäviä, varsinkin itämerennorpille, ja vaikutusten lieventämistoimenpiteet voivat olla tarpeen.

Melusta aiheutuvia vaikutuksia voidaan yleisesti ottaen lieventää kolmella eri tavalla: vähentämällä aiheutettua melua, vähentämällä säteilevää melua ja vähentämällä vaikuttavaa melua.

11.1 Aiheutetun melun vähentäminen

Räjähteiden räjäyttämisen aiheuttamaa melua ei voi muuttaa, koska räjähdys ei ole hallittavissa. Ainoat tavat vähentää aiheutettua melua ovat ammusten siirtäminen eri paikkaan (hyvin matalaan veteen tai kuivalle maalle) räjäytettäväksi tai niiden räjäyttämättä jättäminen, eli ammusten hävittäminen kemiallisesti syövyttämällä joko paikan päällä tai muualla. Nämä toimenpiteet vaatisivat ammusten laajaa käsittelyä, joten ne voisivat aiheuttaa merkittäviä riskejä laitteistolle ja henkilöstölle.

11.2 Säteilevän melun vähentäminen

Houkutteleva vaihtoehto ammusten käsittelyssä on vaimentaa räjähdyksestä ympäristöön säteilevää melua. Se on mahdollista käyttämällä mekaanisia sorasta tai muusta sedimentistä taikka kuplaverhoista tehtyjä suoja. Jälkimmäisin vaihtoehto on kiinnostava, sillä se on osoittautunut erittäin tehokkaaksi meluimpulssien, kuten paalutustyöstä aiheutuvan melun (Lucke et al. 2011), vaimentamisessa ja sitä on myös ehdotettu lieventämistoimenpiteeksi vedenalaisille räjähdyksille (Crocì et al. 2014).

11.3 Vaikuttavan melun vähentäminen

Viimeinen lähestymistapa on eläinten luo ulottuvan melun vähentäminen (tai altistuvien eläinten lukumäärän vähentäminen), yrittämällä välttää räjäyttämistä aina kun räjäytyspaikan lähellä on eläimiä. Tähän voidaan käyttää useita eri menetelmiä.

Ensinnäkin ammusten raivausta voidaan tehdä ajanjaksoina, jolloin alueella on vähemmän eläimiä ja sellaisina vuodenaikoina, jolloin ne ovat vähemmän alttiita melulle (yleensä lisääntymis- ja karvanlähtöaikojen ulkopuolella). Itämerennorpat ja harmaahylkeet lisääntyvät helmikuun puolivälistä maaliskuun puoliväliin ulottuvana ajanjaksona. Alueelta karkottamisen kaltaisilla häiriöillä, joilla ei muina aikoina ole merkittävää vaikutusta, voi olla merkittävä vaikutus lisääntymisen onnistumiseen tänä ajanjaksona. Itämerennorpilla on karvanlähtöaika huhtikuun puolivälistä toukokuun alkuun ja harmaahylkeillä toukokuun alusta kesäkuun puoliväliin. Häiriöt karvanlähtöaikana voivat lisätä hylkeiden energiantarvetta aikana, jolloin yksilöillä on vain vähän aikaa ravinnonhankintaan. Vaikutukset voivat olla vakavimpia lisääntymisaikana, sillä häiriöt voivat vaikuttaa suoraan kuuttien/poikasten selviytymiseen.

Toiseksi eläimiä voidaan karkottaa pois vaara-alueelta karkotuslaitteilla, kuten hyljekarkottimilla, tai käyttämällä esiräjähdysisiä sarjana, joista jokaisessa käytetään enemmän räjähteitä kuin edellisessä. Tämä on todennäköisesti tehokas tapa karkottaa pyöriäisiä. Hylkeet eivät välttämättä poistu alueelta, mutta ne saattavat nousta pintaan, ja jos niiden päät ovat pinnan yläpuolella, ne

saavat suojaa räjähdysten vaikutuksilta. Alueen silmämääräiset tarkastukset ennen räjäytystä eivät takaa, ettei räjähdysten vaikutusalueella ole eläimiä, sillä vaikutusalueet ovat hyvin laajoja ja hylkeet ja pyöriäiset saattavat pysyä pitkiä aikoja havaitsemattomissa pinnan alla. Vaikka silmämääräinen tarkastus ennen räjäytystä ei olekaan kovin tehokas tapa, se kuitenkin suojaa mahdollisesti havaittuja eläimiä, koska räjäyttämistä lykätään, kunnes eläinten uskotaan poistuneen alueelta.

Lieventämistoimenpiteitä ei ole luokiteltu tehokkuuden mukaan ja niitä voidaan yhdistellä, jotta vaikutuksia saadaan vähennettyä paremmin.

12. Vaikutusten arviointi lieventämiskeinot huomioiden

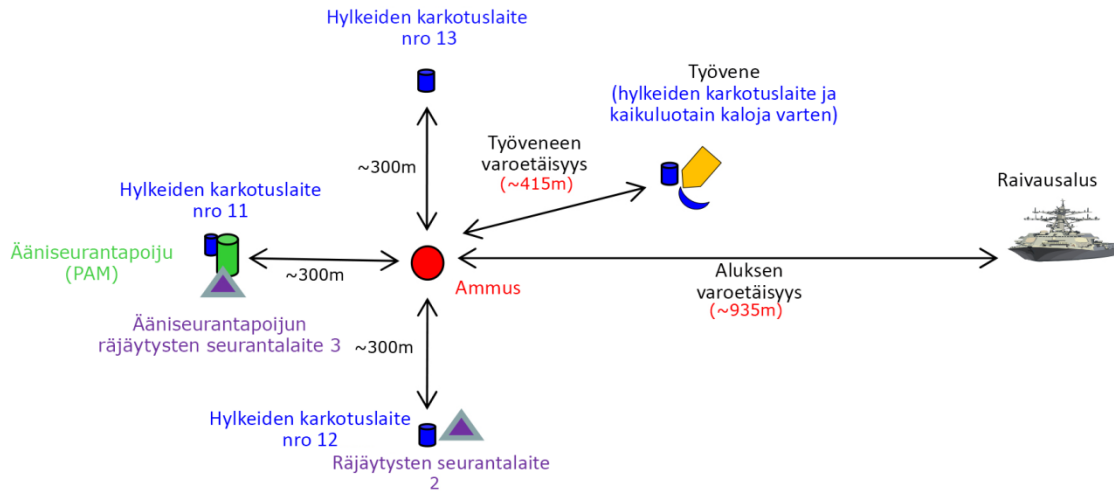
Edellisissä luvuissa vaikutukset arvioitiin sillä oletuksella, että mitään lieventämiskeinoja ei käytetä ammusten raivauksen vaikutusten vähentämiseksi. Kuten luvussa 11 todettiin, on olemassa useita vaihtoehtoja, jotka yksin tai yhdessä vähentävät hankkeen mahdollista vaikutusta merinisäkkäisiin. Joitakin näistä lieventämiskeinoista käytettiin Nord Stream putken rakentamisen aikana ammusten raivauksessa. Tässä luvussa kerrotaan, miten ne lieventävät keinot, joita käytettiin NSP:ssä (lähinnä hyljekarkottimet), vaikuttavat muutoksen suuruuteen ja ammusten raivauksen merkittävyyteen. Tämä johtaa arvioidun vaikutuksen lievenemiseen, mutta ei välttämättä edusta suurinta mahdollista lievenemistä, koska useita muita ehdotettuja lieventämiskeinoja ei ole sisällytetty arvioon.

12.1 Lieventämiskeinot Nord Stream kaasuputkihankkeessa, Suomen vesialueet

Nord Stream kaasuputken rakentamisen yhteydessä alueelta löydettiin runsaasti räjähtämättömiä ammuksia ja ne raivattiin räjäyttämällä. Hankkeessa käytettiin lieventämiskeinoja vähentämään vaikutuksia kaloihin ja merinisäkkäisiin, toimet on kuvattu raportissa Rambøll (2017).

”Useita eri toimia toteutettiin merinisäkkäisiin, sukeltaviin merilintuihin ja kaloihin kohdistuvien vaikutusten lieventämiseksi ja seuraamiseksi. Merinisäkkäiden havainnointi aloitettiin tuntia ennen räjäytystä ja sitä jatkettiin tunti räjäytyksen jälkeen. Kaikuluotauksella etsittiin mahdollisia kalaparvia alueelta, ja lisäksi merinisäkkäiden ääniä seurattiin passiivisella äänitallentimella ennen räjäytystä. Havainnoinnin lisäksi ennen räjäytystä oli käytössä neljä hyljekarkotinta, ja kaloja karkotettiin alueelta pienellä esipanoksella ennen varsinaista räjäytystä.”

Tyypillinen toimenpiteen toteutustapa on esitetty kuvassa 12-1.



Kuva 12-1. Tyypillinen, vaikutusten seurantaan ja lieventämiseen käytetty, laitteiston asettelu ammusten raivauksen yhteydessä Nord Stream hankkeessa (Rambøll 2017).

NSP2 suunnittelee käyttävänsä samoja lieventämiskeinoja ja menetelmiä Suomessa, ja pienin muutoksin myös Venäjällä (Nord Stream 2 2017).

12.2 Hyljekarkotinten vaikutus

Hyljekarkottimilla arvioidaan olevan suurin merkitys merinisäkkäisiin kohdistuvien vaikutusten lieventämisessä.

12.2.1 Pyöriäinen

Pyöriäisten tiedetään reagoivan voimakkaasti hyljekarkottimiin ja ne välttelevät karkottimien lähi-alueetta (e.g. Johnston 2002; Olesiuk et al. 2002; Brandt et al. 2012). Vaikutusalue vaihtelee tutkimuksesta riippuen, mutta täydellisesti ne välttelevät aluetta noin 350 metrin etäisyydelle, ja lähes täydellisesti 1- 2 kilometrin etäisyydelle (katso yhteenveto Hermannsen, Mikkelsen ja Tougaard 2015). Yhdessä tutkimuksessa on havaittu vaikutuksia jopa enimmillään 8 kilometrin etäisyydelle (Brandt et al. 2012). Tehokkain hyljekarkotin näyttäisi olevan Lofitech, sama malli jota käytettiin Nord Stream projektissa (Nord Stream 2 2017). Jos käytetään edellä esitettyä Nord Stream projektin laitteiden asettelua, pyöriäiset karkottuvat alueelta vähintään 1300-2300 metrin etäisyydeltä, todennäköisesti kauempaakin.

12.2.2 Hylkeet

Hylkeet reagoivat hyljekarkottimiin eri tavalla kuin pyöriäiset (Götz and Janik 2014). Hylkeiden käyttäytyminen riippuu tilanteesta, jossa karkottimia käytetään. Ensisijaisesti karkottimia käytetään karkottamaan hylkeet kalaviljelmiltä ja kalastusvälineiden läheltä. Näissä tapauksissa karkottimien on raportoitu vaikuttaneen hyvin eri tavoilla, karkottamisesta houkutteluun (niin kutsuttu ”ruokakello”-vaikutus). Katso lisää vaikutuksista Königson et al. 2007; Mikkelsen, Hermannsen, and Tougaard 2015).

Kun karkottimia käytetään lieventämään voimakasta vedenalaista melua, tilanne on erilainen, koska hylkeitä ei palkita siitä, että ne eivät välitä karkottimesta (toisin kuin mennessään verkoille tai

kalanviljelykasseille karkottimista välittämättä, jolloin ne voivat saada kalaa). Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että hylkeet karkottuvat hyljekarkotinten läheltä, jos ne eivät saa sieltä ravintoa. Lofitechin laite on osoittautunut tehokkaaksi karkottamaan kirjo- ja harmaaahylkeitä ainakin useiden satojen metrien päähän (Mikkelsen, Hermannsen, and Tougaard 2015). Pidemmällä etäisyydellä hylkeet eivät ehkä karkotu, mutta ne muuttavat käytöstään ja oleskelevat enemmän pinnalla (Gordon et al. 2015). Käytettäessä Nord Stream projektin laiteasettelua, hylkeet karkottuvat ainakin muutamien satojen metrien etäisyydeltä karkottimista (joka vastaa ainakin 500 säteellä olevaa aluetta, kun käytetään neljää karkotinta, kuva 12-1). Lisäksi niiden käytös muuttuu ja ne viettävät enemmän aikaa pinnalla ainakin 1300 metrin etäisyydellä räjäytyspaikasta.

12.3 Johtopäätökset arviointiin – painevamma

Lieventämiskeinot, erityisesti hyljekarkottimet, pienentävät huomattavasti riskiä, että merinisäkkäitä olisi aivan räjäytyspaikan vieressä, mikä pienentää merinisäkkäiden riskiä iskuaallon aiheuttamista merkittävistä vammoista tai kuolemasta.

12.3.1 Pyöriäinen

Suuren räjäytyksen, esimerkiksi 300 kg TNT-vastaava räjäytys 40 m syvyydessä, yhteydessä iskuaallon vaikutus ulottuu useiden kilometrien päähän (kuva 7-2). Koska aiemmin mainitut hyljekarkottimet ovat kuitenkin hyvin tehokkaita karkottamaan pyöriäiset vähintään 1-2 kilometrin etäisyydeltä ja pyöriäisten määrä alueella on hyvin pieni, on hyvin epätodennäköistä, että pyöriäisiä olisi räjäytysten vaikutusalueella. Näin suurelle räjäytykselle turva-alue, jossa eläimille ei synny räjähdyksistä vammoja, on veden pinnalla oleville eläimille noin 2,5 km ja pohjan läheisessä vedessä oleville eläimille noin 10 km. Kohtalaisen vakava painevamma (terminologia Yelverton et al. 1973) voi aiheutua alle kilometrin etäisyydellä, jos eläin on pinnalla, ja noin 2,5 km etäisyydellä, jos eläin on pohjalla 40 m syvyydessä. Tähän luokkaan kuuluvat vakavat, mutta ei-kuolettavat vammat, joista eläin voi toipua itseksensä.

Kun yhdistetään edellä mainittu tieto pyöriäisten karkottumisesta ja toisaalta mahdollisista vammoista, voidaan todeta, että käyttämällä hyljekarkottimia ennen räjäytyksiä, kuolettavien vammojen riski pyöriäisille vähenee merkityksettömälle tasolle. Riskiä, että pyöriäinen saa ei-kuolettavia vakavia vammoja muutaman kilometrin säteellä voidaan karkottimilla pienentää, mutta ei kokonaan poistaa. Muutoksen suuruus painevammojen vaikutuksen osalta on arvioitu olevan **pieni** kaikilla mallinnetuille alueilla sekä yksilö- että populaatiotasolla. Vastaavasti merkittävyys on **pieni** kaikilla alueilla.

12.3.2 Hylkeet

Pyöriäisten osalta esitetyt varoetäisyydet soveltuvat yhtä hyvin hylkeisiin, mutta koska tehokas karkotusetäisyys on pienempi, hyljekarkotinten vaikutus lieventämiskeinona poikkeaa hieman pyöriäisestä. Vaikka karkotusvaikutus on hylkeiden osalta vain muutamia satoja metrejä karkottimesta, käytettäessä useampia karkottimia, joista jokainen on noin 300 m päässä räjäytyspaikasta, hylkeet todennäköisesti karkottuvat jopa kilometrin päähän ja viettävät enemmän aikaa pinnassa. Tällöin saadaan kohtalainen turva hylkeille noin 1300 metrin etäisyydelle räjäytyspaikasta. Suojaetäisyys kohtalaisen vakavalle loukkaantumiselle 300 kg räjähteestä on pinnalla oleville hylkeille noin 1 km ja pohjalla oleville noin 2,8 km (Yelverton et al. 1973 mukaan). Näin ollen todennäköisyys sille, että hylje kuolee räjähdysten seurauksesta, pienenee merkittävästi, erityisesti pinnalla. Tällä perusteella muutoksen suuruuden otaksutaan laskevan **keskisuureksi** yksittäisille harmaahylkeille tai norpille, koska todennäköisyys yksilöiden kuolemalle tai pysyvälle vammautumisel-

le on pieni. Painevammojen merkittävyys harmaahylkeille on siten yksilötasolla kaikilla alueilla **kohtalainen** ja populaatiotasolla **pieni**. Itämerennorppalle painevammojen merkittävyys on sekä yksilö- että populaatiotasolla **kohtalainen**.

12.4 Johtopäätökset arviointiin - PTS

Hylkeiden ja pyöriäisten karkottamisella ennen ammusten raivausta on suuri merkitys myös sille, kuinka monta yksilöä kärsii pysyvästä kuulonalenemasta (PTS). Karkotinten vaikutusalue on kuitenkin pieni verrattuna alueisiin, jotka arvioidaan keskimäärin tai maksimissaan jäävän PTS vaikutuksen piiriin. Äänenpaine laskee keskimäärin kuitenkin eksponentiaalisesti siirryttäessä kauemmas räjäytyspaikasta, joten hylkeiden karkottaminen lähimmältä alueelta vähentää merkittävästi niiden yksilöiden määrää, jotka voisivat saada vakavia pysyviä kuulovaurioita (PTS). Toisaalta, koska kauempana räjäytysalueesta on todennäköisesti enemmän altistuvia yksilöitä, PTS-vaikutuksen piiriin jäävien yksilöiden määrä ei todennäköisesti merkittävästi pienene hyljekarkotimien avulla. Täten ehdotettu vaikutusten lieventäminen hyljekarkotinten avulla ei muuta arviointua merkittävyyttä, joka pysyy **kohtalaisena**.

Tilapäistä kuulonalenemaa (TTS) voi ilmetä hyvinkin kaukana räjäytyspaikalta, eli paljon kauempana kuin mihin hyljekarkotinten vaikutus ulottuu. Tähän perustuen hyljekarkotinten avulla ei juurikaan voida pienentää tilapäisen kuulovaurion syntymisen riskiä alueen merinisäkkäillä.

12.5 Johtopäätökset lieventämiskeinoista

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että painevammoista ja pysyvästä kuulonalenemasta aiheutuvaa vaikutuksen merkittävyttä pyöriäiseen, itämerennorppaan ja harmaahylkeeseen voidaan Suomenlahdella vähentää useissa tapauksissa käyttämällä hyljekarkottimia lieventämiskeinona samaan tapaan kuin Nord Stream –hankkeen rakentamisvaiheessa. Tärkein syy tähän on se, että painevammoista aiheutuvien kuolemien tai pysyvien vammautumisten todennäköisyys pienenee merkittävästi hyljekarkotimien käytön ansiosta. Myös monien vakavampien kuulovaurioiden, joista hylkeet ja pyöriäiset voisivat todennäköisesti kärsiä, riski poistuu lähes kokonaan.

13. Vaikutusten yhteenvetotaulukot, lieventämistoimilla ja ilman

Tässä luvussa on esitetään yhteenvetotaulukot toiminnasta, vaikutuksista, herkkyydestä ja kaikkein toimintojen vaikutuksista pyöriäisiin, harmaahylkeisiin ja itämerennorppiin Suomen ja Venäjän vesialueilla. Arvioidut arvot viittaavat lukujen 9, 10 ja 12 tekstiin. Natura 2000 -alueiden arviot eivät ole mukana näissä taulukoissa, vaan ne ovat luvussa 14.

13.1 Pyöriäinen

Pyöriäinen														
	Vaikutus	Vaihe	Toiminto	Alue	Taso	Vaikutus	Tyyppi	Palautuvuus	Herkyys	Muutoksen suuruus	Merkittävyys	Muutoksen suuruus vs. lievennyskeinot	Merkittävyys vs. lievennyskeinot	Maa, josta vaikutus peräisin
Suunnittelu	Melu	Rakentaminen	Ammuksen raivaus	M1rus	Yksilo & populaatio	Painevamma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Pieni	Suuri	Vahainen*	Keskisuuri	Pieni	Venäjä
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Pieni	Keskisuuri	Vahainen	Keskisuuri	Pieni	
				M1-2, M4	Yksilo	Painevamma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Pieni	Suuri	Vahainen*	Keskisuuri	Pieni	Suomi/Venäjä
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Pieni	Keskisuuri	Vahainen	Keskisuuri	Pieni	
				M3	Yksilo	Painevamma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Pieni	Suuri	Kohtalainen	Keskisuuri	Pieni	Suomi
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Pieni	Keskisuuri	Vahainen	Keskisuuri	Pieni	
				M1-M4	Populaatio	Painevamma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Pieni	Suuri	Vahainen*	Keskisuuri	Pieni	Suomi/Venäjä
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Pieni	Keskisuuri	Vahainen	Keskisuuri	Pieni	
				Kaikki	Yksilo & populaatio	Välttely, äänen peittyminen	Suora	Palautuva	Pieni	Pieni	Vahainen	Pieni	Pieni	Suomi/Venäjä
				Kaikki	Populaatio	PTS/TTS, välttely, äänen peittyminen	Suora	Palautuva	Pieni	Pieni	Vahainen			Lievennyskeinoilla ei vaikutusta
				Kaikki	Populaatio	Välttely	Suora	Palautuva	Pieni	Pieni	Vahainen			
				Kaikki	Populaatio	Pulkin huuhtelu, painetestaus, käyttöönolo	Välttely	Suora	Palautuva	Pieni	Pieni	Vahainen		
				Kaikki	Populaatio	Tarkastukset, ylläpito, alusten liikkeet	Välttely	Suora	Palautuva	Pieni	Pieni	Vahainen		
				Kaikki	Populaatio	Pulkin olemassaolo	Välttely	Suora	Palautumaton	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön		
				Sedimentin leviäminen	Rakentaminen	Ammuksen raivaus, kiviaineksen kasaus	Kaikki	Populaatio	Näkyvyyden heikkeneminen	Suora	Palautuva	Pieni	Pieni	Vahainen
Kaikki	Populaatio	Välttely, käyttäytymisen häiriöt	Suora				Palautuva	Pieni	Pieni	Vahainen				
Haltaineiden vapautuminen	Rakentaminen	Merenpohjan muokkaus, pulkenlasku, ankkurien käsittely	Kaikki	Populaatio	Terveysten heikkeneminen	Suora	Palautumaton	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön				
Elinympäristön muutos	Käyttövaihe	Pulkin olemassaolo	Kaikki	Populaatio	Mahd. muutokset saalin diversiteetissä/ruoansaudessa	Suora	Palautumaton	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön				
			Kaikki	Populaatio	Kuolema, välttäminen	Suora	Palautuva	Pieni	Pieni	Vahainen				
Odotettavat	Haltaineiden vapautuminen	Rakentaminen / Käyttö	Kaikki	Populaatio	Kuolema, terveysvaikutukset, välttely	Suora	Palautumaton	Pieni	Pieni	Vahainen				

*Arvioitu olevan vahainen eikä kohtalainen johtuen pyöriäisten hyin pienestä tiheydestä

13.2 Harmaaahylje

Harmaaahylje																								
	Vaikutus	Vaihe	Toiminto	Alue	Taso	Vaikutus	Tyyppi	Palautuvuus	Herkkyys	Muutoksen suuruus	Merkittävyys	Muutoksen suuruus vs. lievennyskei not	Merkittävyys vs. lievennyskei not	Mahd. josta vaikutus nousee										
Suunnittelu	Melu	Rakentaminen	Ammusten raivaus	M1rus-M3rus	Yksilö	Painevamma	Suora/raajat ylittävä	Palautumaton	Suuri	Suuri	Suuri	Keskisuuri	Kohtalainen	Venäjä										
						PTS	Suora/raajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Suuri	Keskisuuri	Kohtalainen	Keskisuuri	Kohtalainen											
					Populaatio	Painevamma	Suora/raajat ylittävä	Palautumaton	Pieni	Suuri	Kohtalainen	Keskisuuri	Vähäinen											
						PTS	Suora/raajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Pieni	Keskisuuri	Vähäinen	Keskisuuri	Vähäinen											
				All	Yksilö & populaatio	TTS	Suora/raajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Pieni	Pieni	Vähäinen	Pieni	Vähäinen		Suomi/Venäjä									
				M1-M4	Yksilö	Painevamma	Suora/raajat ylittävä	Palautumaton	Suuri	Suuri	Suuri	Keskisuuri	Kohtalainen		Keskisuuri	Kohtalainen	Suomi							
						PTS	Suora/raajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Suuri	Keskisuuri	Kohtalainen	Keskisuuri	Kohtalainen											
					Populaatio	Painevamma	Suora/raajat ylittävä	Palautumaton	Pieni	Suuri	Kohtalainen	Keskisuuri	Vähäinen											
						PTS	Suora/raajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Pieni	Keskisuuri	Vähäinen	Keskisuuri	Vähäinen											
				Kaikki	Yksilö & populaatio	Välttely, äänen peittyminen	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vähäinen	Pieni	Vähäinen											
				Merenpohjan muokkaus (kiviaineksen kasaust)	Kaikki	Populaatio	PTS/TTS, välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vähäinen			Suomi/Venäjä									
				Rakentamis- ja huoltoalusten liikkeet	Kaikki	Populaatio	Välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vähäinen												
				käyttöönottovalmistelu, käyttöönottokäyttöönott	Kaikki	Populaatio	Välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vähäinen												
				Käyttövaihe	Routine inspections, maintenance, support vessel movement	Kaikki	Populaatio	Välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vähäinen	Lievennyskeinoilla ei vaikutusta										
															Putkilinjan olemassaolo	M3Rus	Populaatio (Suomenlahti)	Välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vähäinen	Venäjä
															Putkilinjan olemassaolo	M1-M4, M1rus-M2rus	Populaatio	Välttely	Suora	Palautumaton	Keskisuuri	Merkityksetön	Merkityksetön	
				Sedimentin levijäminen	Rakentaminen	Ammusten raivaus, kiviaineksen kasaust	Kaikki	Populaatio	Näkyvyyden heikkeneminen	Suora	Palautuva	Pieni	Pieni		Vähäinen									
									Välttely, käytäytymisen häiriöt	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni		Vähäinen									
				Haitta-aineiden vapautuminen	Rakentaminen	Merenpohjan muokkaus, putkenlasku, ankkurien käsittely	Kaikki	Populaatio	Terveyden heikkeneminen	Suora	Palautumaton	Suuri	Merkityksetön		Merkityksetön									
				Elinympäristön muutos	Käyttövaihe	Putkilinja lähellä maata	M1-M3Rus	Populaatio (Suomenlahti)	Mahd. muutokset saalin diversiteetissä/runsaudessa	Epäsuora	Palautumaton	Keskisuuri	Pieni		Vähäinen	Venäjä								
		Putkilinjan olemassaolo	M1-M4						Populaatio	Mahd. muutokset saalin diversiteetissä/runsaudessa	Epäsuora	Palautumaton	Keskisuuri		Merkityksetön	Merkityksetön	Suomi							
Odotamaton	Haitta-aineiden vapautuminen	Käyttövaihe	Kaasuvoito	Kaikki	Populaatio	Kuolema, välttämisen	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vähäinen		Suomi/Venäjä											
		Rakentaminen/käyttö	Öljyvoito	Kaikki	Populaatio	Kuolema, terveysvaikutukset, välttely	Suora	Palautumaton	Suuri	Pieni	Vähäinen													

13.3 Itämerennorppa

Itämerennorppa																	
	Vaikutus	Vaihe	Toiminto	Alue	Taso	Vaikutus	Tyyppi	Palautuvuus	Herkkyys	Muutoksen suuruus	Merkittävyys	Muutoksen suuruus vs. lievennyskeinot	Merkittävyys vs. lievennyskeinot	Maa, josta vaikutus peräisi			
Suunnittelu	Melu	Rakentaminen	Ammusten raivaus	M1rus-M3rus	Yksilo	Painevanma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Suuri	Suuri	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen	Venäjä			
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen	Keskisuuri	Kohalainen				
					Populaatio	Painevanma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Suuri	Suuri	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen				
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen	Keskisuuri	Kohalainen				
				M1-M4	Yksilo	Painevanma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Suuri	Suuri	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen				
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen	Keskisuuri	Kohalainen				
				M1-M2	Populaatio (Suomenlahti)	Painevanma	Direct / Transboundary	Palautumaton	Suuri	Suuri	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen				
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen	Keskisuuri	Kohalainen				
				M3	Populaatio (Suomenlahti, Rianlahti, Saarisalo meri alueiden välillä liikkuvat yksilot)	Painevanma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Keskisuuri	Suuri	Suuri	Keskisuuri	Kohalainen				
						PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Keskisuuri	Keskisuuri	Kohalainen	Keskisuuri	Kohalainen				
		M4	Populaatio (Suomenlahti, Saarisalo)	Painevanma	Suora/rajat ylittävä	Palautumaton	Pieni	Suuri	Kohalainen	Keskisuuri	Vahainen						
				PTS	Suora/rajat ylittävä/kumulatiivinen	Palautumaton	Pieni	Keskisuuri	Vahainen	Keskisuuri	Vahainen						
		Kaikki	Yksilo & Populaatio	Välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vahainen	Pieni	Vahainen	Suomi/Venäjä					
		Kaikki	Populaatio	Merenpohjan muokkaus (kiviaineksen kasaus)	PTS/TTS, välttely, äänten peittyminen	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vahainen	Lievennyskeinoina ei vaikutusta						
		Kaikki	Populaatio	Rakentamis- ja huoltoalusten liikkeet	Välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vahainen							
		Kaikki	Populaatio	Pipeline flooding, Pressure-test water discharge, Commissioning	Välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vahainen							
		Käyttövaihe	Käyttövaihe	Tarkastukset, ylläpito, alusten liikkeet	Kaikki	Populaatio	Välttely	Suora	Palautuva	Keskisuuri						Pieni	Vahainen
					M3Rus	Populaatio (Suomenlahti)	Välttely	Suora	Palautumaton	Keskisuuri						Pieni	Vahainen
					M1-M4, M1rus-M2rus	Populaatio	Välttely	Suora	Palautumaton	Keskisuuri						Merkityksetön	Merkityksetön
		Sedimentin leviäminen	Rakentaminen	Ammusten raivaus, kiviaineksen kasaus	Kaikki	Populaatio	Näkyvyyden heikkeneminen	Suora	Palautuva	Pieni						Pieni	Vahainen
Kaikki	Populaatio				Välttely, käyttämisen häiriöt	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vahainen							
Halta-aineiden vapautuminen	Rakentaminen	Merenpohjan muokkaus, pulkenlasku, ankkurien käsittely	Kaikki	Populaatio	Terveysten heikkeneminen	Suora	Palautumaton	Suuri	Merkityksetön	Merkityksetön							
Eiinympäristön muutos	Käyttövaihe	Pulklinjan lähellä maala	M1-M3Rus	Populaatio (Suomenlahti)	Mahd. muutokset saalin diversiteetissä/unsau dessa	Epäsuora	Palautumaton	Keskisuuri	Pieni	Vahainen						Venäjä	
			M1-M4	Populaatio	Mahd. muutokset saalin diversiteetissä/unsau dessa	Epäsuora	Palautumaton	Keskisuuri	Merkityksetön	Merkityksetön	Suomi						
Odotusajan	Halta-aineiden vapautuminen	Käyttövaihe	Kaasuvoilo	Kaikki	Populaatio	Kuolema, välttäminen	Suora	Palautuva	Keskisuuri	Pieni	Vahainen	Suomi/Venäjä					
		Rakentaminen/käyttövaihe	Öljyvoilo	Kaikki	Populaatio	Kuolema, terveysvaikutukset, välttely	Suora	Palautumaton	Suuri	Pieni	Vahainen						

14. Arviointi vaikutuksista Natura 2000 -alueilla EU:n vesissä

14.1 Natura 2000 -alueet

14.1.1 Rakennusvaihe

Harmaahylje on 13 suomalaisen ja 9 virolaisen Natura 2000 -alueen suojeluperusteena, jotka sijaitsevat sadan kilometrin säteellä NSP2-putkilinjasta. Näistä kolmen suomalaisen ja kahden virolaisen Natura 2000 -alueen suojeluperusteena on ollut myös itämerennorppa. NSP2-putkilinjan reitti ei ylitä mitään näistä Natura 2000 -alueista. Jokainen näistä alueista sijaitsee kuitenkin sellaisella etäisyydellä NSP2-putkilinjan reitistä, että niillä oleskelevat hylkeet voivat hyvin todennäköisesti liikkua jossakin vaiheessa NSP2-putkilinjan reitin yli, joten putkilinjan rakentaminen ja käyttö saattaa vaikuttaa niihin.

Ammusten raivaus on ainoa toiminta, jolla on arvioitu olevan merkittäviä vaikutuksia hylkeisiin.

Yksittäiset hylkeet vammautuvat ja saattavat jopa kuolla, jos ne sattuvat olemaan painevammoja aiheuttavalla alueella (jonka säde on keskimäärin noin viisi kilometriä räjähdyspaikasta, katso luku 7.1.1) tai PTS-alueella ammusten raivauksen aikaan. Suomen vesialueella, ammusten raivauksen melumallien (luku 8) TTS-alueella (164 dB) sijaitsee kolme Natura 2000 -aluetta, joiden suojeluperusteena on harmaahylje, Kallbådanin luodot ja vesialue (FI0100089), Tammisaaren ja Hangon saariston ja Pohjanpitäjänlahden merensuojelualue (FI0100005) ja Söderskärin ja Långörenin saaristo (FI0100077). Vaikutusalueella hylkeet voivat kärsiä tilapäisestä kuulon alenemasta (TTS) ja niillä esiintyy todennäköisesti jonkinasteista välttämiskäyttäytymistä, kuten pakenemista tai pään nostamista ylös vedestä. Näiden vaikutusten ei katsota olevan merkittäviä, koska ne ovat kestoaltaan lyhyitä ja palautuvia. PTS-alueella (179 dB) eli Suomen aluevesien M3-alueen suurimpien räjäytysten alueella sijaitsee Kallbådanin luodot ja vesialue (FI0100089). Tällä Natura 2000 -alueella vedessä olevat harmaahylkeet saattavat saada pysyvän kuulonaleneman (PTS) ja/tai muita vammoja, ja kaikki aluetta käyttävät hylkeet siirtyvät hyvin todennäköisesti väliaikaisesti muualle. Näin ollen NSP2-putkilinjan rakennustoimintojen vaikutukset Natura 2000 -alueella oleviin harmaahylkeisiin katsotaan **merkittäviksi**. NSP2-putkilinjan rakentaminen ei vaikuta suoraan mihinkään muuhun alueeseen.

M1_{rus}-alueen ammusten raivauksen TTS-alue ulottuu Viron vesialueilla olevaan Uhtjun Natura 2000 -alueeseen (EE0060220) saakka. Sekä itämerennorpat että harmaahylkeet ovat kyseisen alueen suojeluperusteita. Tällä alueella hylkeet voivat kärsiä tilapäisestä kuulon alenemasta (TTS) ja niillä esiintyy todennäköisesti jonkinasteista välttämiskäyttäytymistä, kuten pakenemista tai pään nostamista ylös vedestä. Näiden vaikutusten ei katsota olevan merkittäviä, koska ovat kestoaltaan lyhyitä ja palautuvia.

Suomen tai Viron vesialueilla ei ole yhtään Natura 2000 -aluetta, jonka suojeluperusteena olisi käytetty pyöriäistä. Näin ollen vaikutusarviointi sen osalta ei ole tarpeen.

14.1.2 Käyttövaihe

Millään käyttövaiheessa mahdollisesti suoritettavilla toiminnoilla ei ole merkittävää vaikutusta merinisäkkäisiin nykytilan raportissa (Teilmann et al. 2017) mainituilla Suomen tai Viron Natura 2000 -alueilla. Kuten yllä luvussa 10 todettiin, alusten ja putkilinjan aiheuttama melu ja mahdolliset häiriöt ovat todennäköisesti pelkästään paikallisia ja pääasiassa väliaikaisia. Näin

ollen vaikutuksia harmaahylkeisiin Natura 2000 -alueella pidetään **merkityksettöminä**, koska vaikutuksilla ei todennäköisesti ole mitään seuraamuksia populaation pidemmän ajan selviytymiselle.

14.1.3 Luontodirektiivin liitteen IV lajit

Pyöriäinen on luontodirektiivin liitteen IV laji, joten Nord Stream 2 -putkilinjan vaikutusarviossa pitää määrittää, rikkovatko mitkään tunnistetut vaikutukset luontodirektiivin rajoituksia, joita ovat

- kaikki näiden lajien yksilöitä koskeva tahallinen pyydystäminen tai tappaminen luonnossa
- näiden lajien tahallinen häiritseminen erityisesti niiden lisääntymis-, jälkeläistenhoito-, talveh-timis- ja muuttoaikana
- lisääntymis- tai levähdyspaikkojen heikentäminen ja hävittäminen.

Hankkeen vaikutusalueella Suomen, Viron ja Venäjän vesialueilla ei ole yhtään pyöriäisten tärkeää lisääntymis-, jälkeläistenhoito- tai muuttoaluetta.

Ammusten raivauksen yhteydessä vain vedenalaisen melun katsotaan olevan merkittävässä asemassa, sillä suuret melutasot voivat aiheuttaa painevammoja ja pysyvää kuulonalenemaa (PTS) pyöriäisillä (katso luku 8.1.). Hyvin vähän pyöriäisiä voi esiintyä kaikilla vaikutusalueilla NSP2-putkilinjan reitillä. Kaikki vaikutukset on arvioitu vähäisiksi ammusten raivausta Suomen M3-alueella lukuun ottamatta, minkä vaikutus arvioitiin kohtalaiseksi odotettavissa olevien raivattavien ammusten kumulatiivisten vaikutusten vuoksi. Kumulatiiviset vaikutukset lisäävät todennäköisyyttä sille, että pyöriäisiä on paikalla painevamma- tai PTS-alueella. Tämä merkittävyys pienenee kuitenkin vähäiseksi kun lievennyskeinot, joihin NSP2 on sitoutunut otetaan huomioon. Näin ollen NSP2-putkilinjan rakentaminen ei johda luontodirektiivin rajoitusten rikkoutumiseen, koska pyöriäisiä ei mitä todennäköisemmin ammusten raivauksen aikana vammaudu (räjähdysvammat tai PTS).

15. Johtopäätökset

Tämä raportti arvioi Nord Stream 2 -hankkeen Suomen ja Venäjän osuuksien mahdollisia vaikutuksia merinisäkkäisiin. Putkilinjan rakennus ja käyttö voi vaikuttaa merinisäkkäisiin Suomen, Viron ja Venäjän vesialueilla. Näillä alueilla merkityksellisimmät merinisäkkäslajit ovat harmaahylje, itämerennorppa ja pyöriäinen.

Tässä luvussa kuvataan NSP2-putkilinjan rakennus- ja käyttövaiheen kokonaisvaikutuksia, myös rajat ylittäviä ja kumulatiivisia vaikutuksia, kaikkiin näihin lajeihin. Vaikutusarviossa kuvataan kuinka lievennyskeinojen käyttö, joihin NSP2 on sitoutunut, tulee vähentämään rakentamisen mahdollisia vaikutuksia.

Tärkeimmät merinisäkkäisiin kohdistuvat vaikutukset kaasuputkilinjan rakentamisen aikana arvioidaan olevan ammusten raivauksesta syntyvät kuulovauriot tai painevammat, ja välttämiskäyttäytyminen, joka aiheutuu rakennustoimintaan liittyvästä vedenalaisesta melusta sekä merenpohjan muokkaustöistä aiheutuvasta sedimentin leviämisestä. Mallinnukset osoittavat, että monet vaikutuksista ovat laajoja ja rajat ylittäviä. Lisäksi ammusten raivauksen vaikutukset voivat olla kumulatiivisia.

Käyttöönoton valmistelun ja käyttöönoton aikana tärkeimmät mahdolliset vaikutukset ovat laivaliikenteen sekä muiden toimintojen aiheuttamat häiriöt, kun taas putkilinjan käytön aikana merinisäkkäisiin vaikuttaa lähinnä putkilinjasta aiheutuva (kaasun virtaus) melu sekä huoltoalusten aiheuttama melu.

Ainoa toiminto, jonka merkittävyyden arvioidaan olevan pienestä kohtalaiseen on ammusten raivaus. Yhteenvedo ammusten raivauksen merkittävyydestä pyöriäisiin, harmaahylkeisiin ja itämerennorppaan Suomen, Venäjän ja Viron vesillä NSP2 hankkeen rakentamisen aikana on esitetty alla.

Pyöriäinen

Itämeren pyöriäispopulaatio on hyvin pieni ja sitä pidetään uhanalaisena. Näin ollen kaikki yksilöt ovat populaation kannalta tärkeitä ja vaikka pyöriäisiä on hyvin vähän Suomen, Viron ja Venäjän vesialueilla, on silti todennäköistä, että joitakin yksilöitä on paikalla NSP2-putkilinjan eri vaiheiden aikana.

Ainoa toiminto, jolla katsotaan olevan muita kuin vähäisiä vaikutuksia pyöriäisiin, on ammusten raivaus Suomenlahden keskiosissa (M3-alueella). Kyseessä olevan vaikutuksen arvioidaan olevan kohtalainen, jos lieventämiskeinoja ei huomioida. Ammusten raivauksen vaikutusalueet voivat olla rajat ylittäviä, ja Suomen vesialueilla tehtävien räjäytysten vaikutukset voivat ulottua pyöriäisiin Viron vesialueiden pohjoisosissa (mistä syystä M3-alueen merkitys on määritetty kohtalaiseksi) ja Venäjän vesialueiden länsiosissa. Toisaalta ammusten raivaus Venäjän vesialueilla voi vaikuttaa Suomen ja Viron vesialueiden itäosiin.

Lieventämiskeinot, joita NSP2 on sitoutunut toteuttamaan, tulevat kuitenkin vähentämään tätä vaikutusta. Käyttämällä hylkeiden karkottimia samalla tavalla kuin Nord Stream -hankkeen rakentamisvaiheessa, vaikutuksen merkittävyys tulee pieneneään vähäiseksi kaikilla alueilla.

Harmaahylje

Kaikkien Itämeren harmaahylkeiden katsotaan kuuluvan samaan populaatioon. Populaatio on suuri, se on kasvussa eikä sitä pidetä uhanalaisena. Koska harmaahylkeitä arvioidaan alueellisesti olevan yhtä runsaasti putkilinjan tuntumassa sekä Suomem että Venäjän osuuksilla, arvioitu vaikutus on sama kaikilla mallinnetuilla alueilla.

Ainoa toiminto, jolla katsotaan olevan muita kuin vähäisiä vaikutuksia harmaahylkeisiin, on ammusten raivaus Suomen ja Venäjän vesialueilla. Vaikutuksia on arvioitu sekä populaatio- että yksilötasolla. Koska kaikilla ammusten raivauksen vaikutusalueilla on paljon harmaahylkeitä, on erittäin todennäköistä, että ilman mitään lieventämiskeinoja jotkin yksilöistä kuolevat, saavat painevammoja tai kärsivät pysyvästä kuulonalenemasta. Tämän vuoksi ammusten raivauksen merkittävyys yksilötasolla on määritetty suureksi, jos lieventämiskeinoja ei käytetä. Koska populaatio on kuitenkin kasvussa, vaikutuksille alttiiksi todennäköisesti joutuvalla määrällä yksilöitä ei ole merkittävää vaikutusta populaation tilaan, joten merkittävyys populaatiotasolla on määritetty kohtalaiseksi.

Lieventämiskeinojen käytön on arvioitu vähentävän ammusten raivauksesta aiheutuvien painevammojen merkittävyttä kohtalaiseksi yksilötasolla ja vähäiseksi populaatiotasolla. Lieventämiskeinojen ei kuitenkaan arvioida muuttavan kuuloa vaurioittavien vaikutusten merkittävyttä (tilapäinen kuulonalenema TTS, pysyvä kuulonalenema PTS), koska niitä voi ilmetä hyvin pitkien matkojen päässä räjäytyspaikasta. PTS-vaikutusten merkittävyys harmaahylkeille on arvioitu kohtalaiseksi yksilötasolla ja pieneksi populaatiotasolla, kun taas TTS-vaikutusten merkittävyys on arvioitu vähäiseksi sekä yksilö- että populaatiotasolla. Vaikutuksia voi olla mahdollista lieventää vielä lisää käyttämällä muita lieventämiskeinoja, mutta tällöin vaikutuksen lievenemisen arviointi vaatisi lisäselvityksen.

Ammusten raivauksen vaikutusalueet ovat rajat ylittäviä, ja Suomen vesialueilla tehtävien räjäytysten vaikutukset voivat ulottua harmaahylkeisiin Viron vesialueiden pohjoisosissa ja Venäjän vesialueiden länsiosissa. Toisaalta ammusten raivaus Venäjän vesialueilla vaikuttaa Suomen ja Viron vesien itäosiin. Kun huomioidaan lieventämiskeinojen käyttö, vaikutusten merkittävyys populaatiotasolla on arvioitu enintään pieneksi ja siten rajat ylittävien vaikutusten merkittävyys harmaahyljepopulaatiolle on myös enintään pieni. Yksittäisille hylkeille ammusten raivausten haitta on kuitenkin kohtalainen, joten rajat ylittävät vaikutukset ovat yksilötasolla myös kohtalaiset.

Itämerennorppa

Itämerennorppien määrä Itämerellä on vähentynyt merkittävästi 1900-luvulla. Itämerennorpat ovat jakautuneet neljälle eri lisääntymisalueelle, jotka ovat Perämeri, Saaristomeri, Riianlahti ja Suomenlahti. Tämän arvion kannalta merkityksellisiä ovat viimeksi mainituilla kolmella alueella elävät hylkeet, ja nämä ovat myös ne alueet, joilla itämerennorppien määrä ei ole jatkuvasti kasvanut sen jälkeen, kun metsästystä ja haitta-aineiden aiheuttamaa kuormitusta on vähennetty. Suomenlahden itämerennorpat ovat erityisenä huolenaiheena, sillä putkilinjan suunniteltu reitti kulkee niiden elinalueen läpi. Nämä hylkeet ovat erittäin uhanalaisia: niitä voi olla jäljellä jopa vain 100 yksilöä.

Ainoa toiminto, jolla katsotaan olevan muita kuin vähäisiä vaikutuksia itämerennorppiin, on ammusten raivaus Suomen ja Venäjän vesialueilla. Vaikutuksia on arvioitu sekä populaatio- että yksilötasolla. Koska kaikilla ammusten raivauksen vaikutusalueilla on melko paljon itämerennorppia, on mahdollista, että jotkin yksilöistä kuolevat, saavat painevammoja tai kärsivät pysyvistä kuulovaurioista. Tämän vuoksi ammusten raivauksen merkittävyys yksilötasolla on määritetty suureksi, jos lieventämiskeinoja ei oteta huomioon. Koska itämerennorppien määrä kaikilla vaikutuksen alaisilla lisääntymisalueilla pysyy samana tai ovat laskusuunnassa, ja koska putkilinjan läpikulkualueella elävät Suomenlahden norpat ovat erityisen uhanalaisia, jopa vain muutaman yksilön vammautumisella voi olla populaatiotason vaikutuksia. Näin ollen merkitys populaatiotasolla on määritetty suureksi Suomenlahdella ja kohtalaiseksi Riianlahdella ja Saaristomerellä.

Itämerennorpan osalta lieventämiskeinot vähentävät vaikutuksia. Hyljekarkottimien käyttö samalla tavalla kuin Nord Stream projektissa voi vähentää vaikutusten merkittävyyden kohtalaiseksi Suomenlahden norpille, ja vähäiseksi Riianlahden ja Saaristomerien norpille. Vaikutuksia voi olla mahdollista lieventää vielä lisää käyttämällä muita lieventämiskeinoja, mutta tällöin vaikutuksen lievenemisen arviointi vaatisi lisäselvityksen.

Saatavilla on myös useita muita lievennyskeinoja, jotka yksin tai yhdessä voivat vähentää odotettuja vaikutuksia. Vedenalaisten räjähdysten vaikutuksia voidaan vähentää pieniksi käyttämällä muita vaihtoehtoja kuin paikan päällä räjäyttäminen (paikallinen putkilinjan uudelleenreititys, ammusten poisto tai mekaaninen hävittäminen tai muut tavat) ja mahdollisesti myös suojaamalla räjäytysalue ilmakuplaverhoilla tai muulla tavalla.

Ammusten raivauksen vaikutusalueet ovat rajat ylittäviä, ja Suomen vesialueilla tehtävien räjäytysten vaikutukset voivat ulottua itämerennorppiin Viron aluevesien pohjoisosissa ja Venäjän aluevesien länsiosissa. Toisaalta ammusten raivaus Venäjän vesialueilla vaikuttaa Suomen ja Viron aluevesien itäosiin.

16. Lähteet

- Blackwell, S. B., J. W. Lawson, and M. T. Williams. 2004. Tolerance by ringed seals (*Phoca hispida*) to impact pipe-driving and construction sounds at an oil production island. *J Acoust Soc Am* **115**:2346–2357.
- Croci, K., M. Arrioni, C. Gabillet, H. Granjean, M. Jacques, and S. Kerampran. 2014. Mitigation of underwater explosion effects by bubble curtains : experiments and modelling. 23rd MABS (Military Aspects of Blast and Shock), Oxford, UK, 7-12 September 2014, Sep 2014, United Kingdom.
- Dalton, T., and D. Jin. 2010. Extent and frequency of vessel oil spills in US marine protected areas. *Marine Pollution Bulletin* **60**:1939-1945.
- Erbe, C., C. Reichmuth, K. Cunningham, K. Lucke, and R. Dooling. 2016. Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. *Marine Pollution Bulletin* **103**:15-38.
- Finneran, J. J. 2015. Noise-induced hearing loss in marine mammals: A review of temporary threshold shift studies from 1996 to 2015. *The Journal of the Acoustical Society of America* **138**:1702-1726.
- Finneran, J. J., D. A. Carder, C. E. Schlundt, and R. L. Dear. 2010. Temporary threshold shift in a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) exposed to intermittent tones. *The Journal of the Acoustical Society of America* **127**:3267-3272.
- Finneran, J. J., R. Dear, D. A. Carder, and S. H. Ridgway. 2003. Auditory and behavioral responses of California sea lions (*Zalophus californianus*) to single underwater impulses from an arc-gap transducer. *Journal of the Acoustical Society of America* **114**:1667-1677.
- Finneran, J. J., and C. E. Schlundt. 2013. Effects of fatiguing tone frequency on temporary threshold shift in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal of the Acoustical Society of America* **133**:1819-1826.
- Götz, T., and V. M. Janik. 2011. Repeated elicitation of the acoustic startle reflex leads to sensitisation in subsequent avoidance behaviour and induces fear conditioning. *BMC Neuroscience* **12**:1-12.
- Hitchcock, D. R., and S. Bell. 2004. Physical impacts of marine aggregate dredging on seabed resources in coastal deposits. *Journal of Coastal Research* **20**:101-114.
- Kastak, D., J. Mulsow, A. Ghoul, and C. Reichmuth. 2008. Noise-induced permanent threshold shift in a harbor seal. *The Journal of the Acoustical Society of America* **123**:2986-2986.
- Kastelein, R. A., R. Gransier, and L. Hoek. 2013a. Comparative temporary threshold shifts in a harbor porpoise and harbor seal, and severe shift in a seal (L). *Journal of the Acoustical Society of America* **134**:13-16.
- Kastelein, R. A., R. Gransier, L. Hoek, and J. Olthuis. 2012. Temporary threshold shifts and recovery in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after octave-band noise at 4kHz. *Journal of the Acoustical Society of America* **132**:3525-3537.
- Kastelein, R. A., R. Gransier, L. Hoek, and M. Rambags. 2013b. Hearing frequency thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by a continuous 1.5 kHz tone. *Journal of the Acoustical Society of America* **134**:2286-2292.
- Kastelein, R. A., R. Gransier, M. A. T. Marijt, and L. Hoek. 2015. Hearing frequency thresholds of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by played back offshore pile driving sounds. *Journal of the Acoustical Society of America* **137**:556-564.

- Kastelein, R. A., L. Hoek, R. Gransier, M. Rambags, and N. Clayes. 2014. Effect of level, duration, and inter-pulse interval of 1-2kHz sonar signal exposures on harbor porpoise hearing. *Journal of the Acoustical Society of America* **136**:412-422.
- Kastelein, R. A., P. J. Wensveen, L. Hoek, W. C. Verboom, and J. M. Terhune. 2009. Underwater detection of tonal signals between 0.125 and 100 kHz by harbor seals (*Phoca vitulina*). *Journal of the Acoustical Society of America* **125**:1222-1229.
- Ketten, D. R. 2012. Marine Mammal Auditory System Noise Impacts: Evidence and Incidence. Pages 207-212 in A. N. Popper and A. Hawkins, editors. *The Effects of Noise on Aquatic Life*. Springer New York, New York, NY.
- Kujawa, S. G., and M. C. Liberman. 2009. Adding Insult to Injury: Cochlear Nerve Degeneration after "Temporary" Noise-Induced Hearing Loss. *The Journal of Neuroscience* **29**:14077-14085.
- Lance, R. M., B. Capehart, O. Kadro, and C. R. Bass. 2015. 'Human injury criteria for underwater blasts', *PLoS ONE*, 10: e0143485.
- Lane, S. M., C. R. Smith, J. Mitchell, B. C. Balmer, K. P. Barry, T. McDonald, C. S. Mori, P. E. Rosel, T. K. Rowles, T. R. Speakman, F. I. Townsend, M. C. Tumlin, R. S. Wells, E. S. Zolman, and L. H. Schwacke. 2015. Reproductive outcome and survival of common bottlenose dolphins sampled in Barataria Bay, Louisiana, USA, following the Deepwater Horizon oil spill. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **282**:20151944.
- Lindfors, A., T. Meriläinen, and J. Mykkänen. 2016. Environmental baseline surveys in the Finnish exclusive economic zone. NSP2 Document No: W-PE-EIA-PFI-REP-812-FINBESEN-02. Helsinki.
- Lucke, K., P. A. Lepper, M.-A. Blanchet, and U. Siebert. 2011. The use of an air bubble curtain to reduce the received sound levels for harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Journal of the Acoustical Society of America* **130**:3406-3412.
- Lucke, K., U. Siebert, P. A. Lepper, and M.-A. Blanchet. 2009. Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *Journal of the Acoustical Society of America* **125**:4060-4070.
- McConnell, B. J., M. A. Fedak, P. Lovell, and P. S. Hammond. 1999. Movements and foraging areas of grey seals in the North Sea. *J. Appl. Ecol.* **36**:573-590.
- Mikkelsen, L., K. N. Mouritsen, K. Dahl, J. Teilmann, and J. Tougaard. 2013. Re-established stony reef attracts harbour porpoises *Phocoena phocoena*. *Marine Ecology Progress Series* **481**:239-248.
- Nachtigall, P. E., and A. Y. Supin. 2014. Conditioned hearing sensitivity reduction in a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *The Journal of Experimental Biology* **217**:2806-2813.
- National Research Council. 2005. *Marine mammal populations and ocean noise: Determining when noise causes biologically significant effects*. National Academic Press, Washington D.C.
- Nord Stream. 2008. *Offshore pipelines through the Baltic Sea. Environmental Study – Nord Stream Pipelines in the Swedish EEZ. G-PE-PER-EIA-48000000*. Copenhagen.
- Nord Stream. 2009. *Offshore pipelines through the Baltic Sea. Environmental Impact Assessment for the Danish Section. G-PE-PER-EIA-100-42920000-AA*. Copenhagen.
- Nord Stream. 2014. *Monitoring of Fish and Epifauna along the Pipeline in Sweden (Reef Effect), Monitoring report*. Prepared by Wikström Börjesson & Öhman Magnusson, Marine Monitoring Research and Consulting. Nord Stream document no.: G-PE-EMS-MON-192-M14MRSWE-02.
- NRC. 2003. *Ocean noise and marine mammals*. The National Academies Press, Washington, D.C.

- Petersen, J. K., and T. Malm. 2006. Offshore windmill farms: Threats to or possibilities for the marine environment. *Ambio* **35**:75-80.
- Poikonen, A. A. 2010. High-frequency wind-driven ambient noise in shallow brackish water: measurements and spectra. *J Acoust Soc Am* **128**:EL242-247.
- Popov, V. V., A. Y. Supin, D. Wang, K. Wang, L. Dong, and S. Wang. 2011. Noise-induced temporary threshold shift and recovery in Yangtze finless porpoises *Neophocaena phocaenoides asiaorientalis*. *Journal of the Acoustical Society of America* **130**:574-584.
- Rambøll. 2016a. W-PE-EIA-OFR-REP-805-0706UNEN-02. Nord stream 2. Underwater noise modelling, Russia., Copenhagen.
- Rambøll. 2016b. W-PE-EIA-PFI-REP-805-030100EN Finnish EIA 0.1 Scope of assessment and impacts studied. Received from Maj Høigaard Holst 1/11-2016.
- Rambøll. 2016c. W-PE-EIA-PFI-REP-805-030400EN-01 Modelling of sediment spill in Finland. Copenhagen.
- Rambøll. 2016d. W-PE-EIA-PFI-REP-805-030600EN Underwater noise modelling Finland. Copenhagen.
- Rambøll. 2016e. W-PE-EIA-PRU-REP-805-070500EN-01. Nord stream 2 modelling of sediment spill in russia. Copenhagen.
- Richardson, W. J., C. R. Greene, C. I. Malme, and D. H. Thomson. 1995. Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego.
- Roberts, D. A. 2012. Causes and ecological effects of resuspended contaminated sediments (RCS) in marine environments. *Environment International* **40**:230-243.
- Romano, T. A., M. J. Keogh, C. Kelly, P. Feng, L. Berk, C. E. Schlundt, D. A. Carder, and J. J. Finneran. 2004. Anthropogenic sound and marine mammal health: measures of the nervous and immune systems before and after intense sound exposure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **61**:1124–1134.
- SAMBAH. 2016. Static Acoustic Monitoring of the Baltic Sea Harbour Porpoise (SAMBAH). Final report under the LIFE+ project LIFE08 NAT/S/000261. Kolmårdens Djurpark AB, SE-618 92 Kolmården, Sweden. 81pp.
- SCANSII. 2008. Small cetaceans in the European Atlantic and North Sea (SCANS II). Final Report to the European Commission under project LIFE04NAT/GB/000245. Available from SMRU, Gatty Marine Laboratory, University of St Andrews, St Andrews, Fife, KY16 8LB, UK.
- Schwacke, L. H., C. R. Smith, F. I. Townsend, R. S. Wells, L. B. Hart, B. C. Balmer, T. K. Collier, S. De Guise, M. M. Fry, L. J. Guilette Jr., S. V. Lamb, S. M. Lane, W. E. McFee, N. J. Place, M. C. Tumlin, G. M. Ylitalo, E. S. Zolman, and T. K. Rowles. 2014. Health of Common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Barataria Bay, Louisiana, Following the Deepwater Horizon Oil Spill. *Environmental Science and Technology* **48**:93-103.
- Skjellerup, P., C. M. Maxon, E. Tarpgaard, F. Thomsen, H. B. Schack, J. Tougaard, J. Teilmann, K. N. Madsen, M. A. Mikaelson, and N. F. Heilskov. 2015. Marine mammals and underwater noise in relation to pile driving – Working Group 2014. *Energinet.dk*.
- Southall, B. L., A. E. Bowles, W. T. Ellison, J. Finneran, R. Gentry, C. R. Green, C. R. Kastak, D. R. Ketten, J. H. Miller, P. E. Nachtigall, W. J. Richardson, J. A. Thomas, and P. L. Tyack. 2007. Marine Mammal Noise Exposure Criteria. *Aquatic Mammals* **33**:411-521.
- Teilmann, J., A. Galatius, and S. Sveegaard. 2017. Marine mammals in the Baltic Sea in relation to the Nord Stream 2 project – Baseline report. Roskilde, Denmark.

- Teilmann, J., F. Larsen, and G. Desportes. 2007. Time allocation and diving behaviour of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in Danish and adjacent waters. *Journal of Cetacean Research and Management* **9**:201-210.
- Terhune, J. M. 2013. A practical weighting function for harbour porpoises underwater sound level measurements (L). *Journal of the Acoustical Society of America* **134**:2405–2408.
- Todd, V. L. G., I. B. Todd, J. C. Gardiner, E. C. N. Morrin, N. A. MacPherson, N. A. DiMarzio, and F. Thomsen. 2015. A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. *ICES Journal of Marine Science* **72**:328-340.
- Tougaard, J., A. J. Wright, and P. T. Madsen. 2015. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. *Marine Pollution Bulletin* **90**:196-208.
- Tyack, P. L. 2009. Human-generated sound and marine mammals. *Physics today* **62**:39-44.
- Urick, R. J. 1983. *Principles of underwater sound*. 3rd. edition. McGraw-Hill, New York.
- von Benda-Beckmann, A. M., G. Aarts, H. O. Sertlek, K. Lucke, W. C. Verboom, R. A. Kastelein, D. R. Ketten, R. van Bemmelen, F. P. A. Lam, R. J. Kirkwood, and M. A. Ainslie. 2015. Assessing the Impact of Underwater Clearance of Unexploded Ordnance on Harbour Porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Southern North Sea. *Aquatic Mammals* **41**:503-523.
- Vos, J. G., G. Bossard, M. Fournier, and T. O'shea. 2003. *Toxicology of Marine Mammals. New Perspectives: Toxicology and the Environment*. CRC Press, Taylor & Francis Group, London.
- Weiffen, M., B. Möller, B. Mauck, and G. Dehnhardt. 2006. Effect of water turbidity on the visual acuity of harbor seals (*Phoca vitulina*). *Vision Res* **46**:1777-1783.
- Wisniewska, D. M., M. Johnson, J. Teilmann, L. Rojano-Donate, J. Shearer, S. Sveegaard, L. A. Miller, U. Siebert, and P. T. Madsen. 2016. Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises Make Them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance. *Curr Biol* **26**:1441-1446.
- Wright, A. J., M. Maar, C. Mohn, J. Nabe-Nielsen, U. Siebert, L. F. Jensen, H. J. Baagøe, and J. Teilmann. 2013. Possible Causes of a Harbour Porpoise Mass Stranding in Danish Waters in 2005. *PLoS ONE* **8**:e55553.
- Wyatt, R. 2008. Review of existing data on underwater sounds produced by the oil and gas industry. Report to joint industry programme on sound and marine life. Great Torrington.
- Yelverton, J. T., D. R. Richmond, E. R. Fletcher, and R. K. Jones. 1973. Safe distances from underwater explosions for mammals and birds. AD-766 952, Albuquerque, New Mexico.