

Impulsiivinen ja jatkuva melu

Meren tilan indikaattori

Yhteyshenkilö: Okko Outinen (Syke)

Taittaja: Meri Back (Syke)

© Julia Nyström, Metsähallitus

Vedenalaisella melulla tarkoitetaan ihmistoiminnasta peräisin olevaa vesipatsaassa kulkevaa ääntä, joka on suurempaa kuin luontaiset vedenalaiset äänet ja voi olla haitallista merinisäkkäille, kaloille ja selkärangattomille. Impulsiivisen melun osalta kaikki Suomen merialueet ovat hyvässä tilassa, vaikkakin tämä tila-arvio koetaan suhteellisen epäluotettavaksi puutteellisen raportoinnin ja tila-arvion viitekehysten kehittämistarpeiden takia. Jatkuvan melun parhaan tämänhetkisen arvion mukaan Suomenlahden ja Itämeren pääaltaan pohjoisosan avomerialueet ovat heikossa tilassa liian voimakkaan ja liian usein toistuvan 125Hz taajuisen melun peittävyys takia, kun taas Selkämeri, Ahvenanmeri, Saaristomeri, Merenkurkku sekä Perämeri ovat hyvässä tilassa. Jatkuvan ja impulsiivisen melun osalta tila-arvio on tehty ensimmäistä kertaa, minkä takia tilan muutosta aiempaan arvioon verrattuna ei pystytty suorittamaan.

Indikaattorin yleinen kuvaus

Energian, mukaan lukien vedenalaisen melun ihmispäästöjä on kuvattu EU:n meristrategiadirektiivin 11:sta kuvaajassa 'MSFD Descriptor 11 – Energy including underwater noise'. Kuvaaja kattaa kaikki ihmisperäiset energiapäästöt meriympäristöön, kuten esimerkiksi lämpöenergian ja vedenalaisen melun. Toistaiseksi tila-arvioita, tavoitteita ja indikaattoreita kyseiselle kuvaajalle on suunniteltu tai tehty vain vedenalaisen melun osalta, vaikka kansallisen, alueellisen ja EU-tason päätöksenteossa on tunnistettu, että myös muiden energiapäästöjen määrä ja tila tulisi tunnistaa.

Vedenalaisella melulla tarkoitetaan ihmistoiminnasta peräisin olevaa vesipatsaassa kulkevaa ääntä, joka on

suurempaa kuin luontaiset vedenalaiset äänet ja voi olla haitallista merinisäkkäille, kaloille ja selkärangattomille.

Yleisin tapa ilmaista melun määrä on äänenpainetaso, jonka yksikkö on desibeli (dB). Ilmassa kulkevaa ääntä verrataan ihmisen kuuloon perustuvaan paineen referenssiarvoon 20 mikroPascalia (μPa), kun taas veden alla kulkevan äänen vertailuarvo on 1 μPa , mikä johtuu väliaineen eli ilman ja veden huomattavasta tiheyserosta, jolloin myös väliaineen paineen vertailuarvona ei voida käyttää samaa lukua. Tästä johtuen vedessä ja ilmassa mitatut äänenpainetasot ja niiden voimakkuudet eivät ole suoraan verrannollisia keskenään. Toinen merkittävä ero on äänennopeus, joka on veden alla yli neljä kertaa suurempi ilmaan verrattuna, minkä takia se myös kantaa huomattavasti pidemmälle.



Vuoden 2018 meriympäristön tilaraportissa Itämeren tilaa ei voitu vedenalaisen melun osalta vielä arvioida, sillä sen vaikutuksia ei vielä tiedetty riittävän hyvin, eikä sille ollut asetettu myöskään hyvän tilan kynnysarvoja. Tämän takia vedenalaista melua käsitteli tuossa raportissa vain merenhoidon tietoperustan parantamista edesauttava tavoite 'Tieto2 – Vedenalaisen melun haitalliset vaikutukset lajeille tunnetaan'.

Vedenalainen melu ympäristönpaineena jaetaan usein jatkuvaan ja hetkelliseen eli impulsiiviseen meluun. Jatkuva ja impulsiivinen melu jaetaan sen takia erikseen, että ne ovat peräisin eri lähteistä ja niiden vaikutukset saattavat usein erota toisistaan huomattavasti. Jatkuvalle ja impulsiiviselle vedenalaiselle melulla on omat, Itämeren suojelukomission (HELCOM) pre-core indikaattorit, mikä tarkoittaa sitä, että jatkuvan ja impulsiivisen melun määrälle, voimakkuudelle, ja laajuudelle on laadittu arviointiperusteet, joiden avulla Itämeren hyvä tila voidaan määrittää vedenalaisen melun osalta.

Vedenalaisen melun hyvän tilan alueelliset ja ajalliset kynnysarvot on laadittu EU-tasolla vuonna 2022, minkä jälkeen alueellisella tasolla (HELCOM/Itämeri) on laadittava vedenalaisen melun voimakkuuden kynnysarvo (desibeliarvot) huomioon ottaen alueellisen tason meluherkät indikaattorilajit, sekä niiden kuuloalueet ja herkkyys vedenalaisille äänille.

Jatkuvan ja impulsiivisen vedenalaisen melun

alueelliset ja ajalliset kynnysarvot perustuvat melulle herkkiin indikaattorilajeihin, niiden populaatioiden kantokyvyn (Carrying capacity) ylläpitämiseen ja elinympäristöjen/habitaattien säilyttämiseen. EU-tasolla laaditut jatkuvan vedenalaisen melun ajalliset ja alueelliset kynnysarvot suosittelevat, että maksimissaan 20 % indikaattorilajin elinympäristöstä/habitaatista saa altistua riittävän voimakkaalle jatkuvalla vedenalaisella melulla, jotta hyvä tila pystytään saavuttamaan.

Jatkuvan ja impulsiivisen vedenalaisen melun indikaattorilajikohtaiset desibeli-kynnysarvot on laadittu Itämeren suojelukomission yhteistyössä merinisäkkäille, sekä kaloille. Meluherkiksi indikaattorilajeiksi on valittu nisäkkäiden osalta pyöriäinen, Itämerennorppa, Harmaahylje, sekä kirjohylje, kalojen osalta Turska ja Silakka. Indikaattorikalojen kuuloalue on herkempi matalammilla taajuuksilla, minkä takia niiden meluallistusta arvioidaan 125Hz terssikaistalla. Indikaattorinisäkkäiden kuuloalue on puolestaan herkempi korkeammilla taajuuksilla ja niiden meluallistusta arvioidaan 500Hz terssikaistalla.

Sekä jatkuvan, että impulsiivisen melun 2023 julkaistuissa HELCOM:in indikaattoriarvioissa on huomioitu, että arvioita pitää tarkentaa tulevaisuudessa kynnysarvojen ja indikaattorilajien kuuloalueiden osalta, jotta indikaattoreista voidaan kehittää HELCOM core indikaattoreita, joissa arvioiden epävarmuudet on minimoitu ja jonka kaikki HELCOM:in sopimusosapuolet ovat hyväksyneet.



Impulsiivinen melu

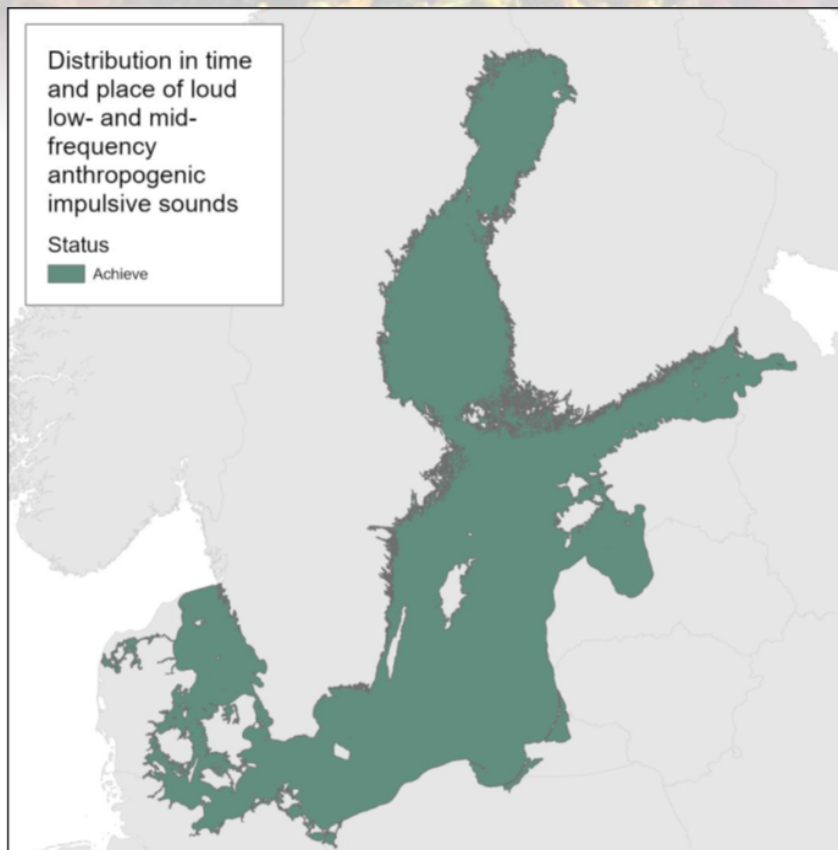
Hetkellinen eli Impulsiivinen ja epäsäännöllisesti toistuva melu on pääasiassa peräisin vedenalaisesta rakentamisesta, jota tapahtuu rannikolla ja joskus myös avomerellä. Esimerkiksi satamaruoppausten, sekä voimalaitosten ja siltojen rakennusvaiheen louhinnan tai paalutuksen yhteydessä on mitattu erittäin korkeita hetkellisiä äänenpainetasoja. Merellinen rakentaminen ja erityisesti kiinnostus merituulivoimaloiden rakentamiseen on lisääntynyt viime aikoina todennäköisesti energiakriisin ja vihreän siirtymän johdosta.

Impulsiivisen vedenalaisen melun kynnysarvoja on kaksi, lyhyen ja pitkän aikavälin altistumiselle. Pitkän aikavälin altistumisen kynnysarvo impulsiiviselle vedenalaiselle melulle arvioi, että maksimissaan 10 % indikaattorilajin habitaatista saa altistua riittävän voimakkaalle impulsiiviselle melulle keskimäärin päivässä yhden kalenterivuoden aikana, kun taas lyhyen aikavälin altistumisen alueellinen kynnysarvo on maksimissaan 20 % indikaattorilajin habitaatista minkä tahansa yksittäisen päivän aikana vuodessa. Lyhyen aikavälin altistumisella koetaan olevan pienempi vaikutus indikaattorilajin populaatioon, ja täten sen alueellinen kynnysarvo on suurempi. Täten, mikäli yli 10 % indikaattorilajin habitaatista altistuu riittävän voimakkaalle impulsiiviselle vedenalaiselle melulle keskimäärin vuodessa (kaikkien päivien keskiarvo), tai yli 20 % habitaatista kokee saman altistuksen minä tahansa yhtenä päivänä kalenterivuoden aikana, impulsiivisen vedenalaisen melun

hyvää tilaa ei ole saavutettu kyseisen merialueen osalta, jota indikaattorilajit ja niiden habitaatit edustavat.

Impulsiivisen vedenalaisen melun HELCOM-työssä erilaisten impulsiivisen melun lähteiden, kuten räjähdysten, paalutusten, akustisten luotaimien ja hyljekarkottimien melutasoista on kerätty aiheutuneita melun voimakkuuksia, ja arvioitu että kuinka suuren alueen kukin yksittäinen impulsiivisen melun melutapahtuma kattaa kyseisellä 'meluimpulssilla/-impulsseilla'. Mikäli impulsiivinen melutapahtuma on kirjattu impulsiivisten äänien rekisteriin jäsenmaiden toimesta, niiden oletetaan olevan riittävän voimakkaita aiheuttamaan negatiivisia vaikutuksia indikaattorilajien yksilöissä, mistä johtuen impulsiivisten melutapahtumien alueellista ja ajallista toistuvuutta käytetään sen arvioimiseen, ovatko Itämeren merialueet impulsiivisen melun osalta hyvässä tilassa.

Impulsiivisen vedenalaisen melun tilaa arvioitiin ensimmäistä kertaa koko Itämeren laajuudella Itämeren suojelukomission HOLAS 3 arviossa, jossa kaikki impulsiivisten äänien rekisteriin raportoidut melutapahtumat eivät alueellisesti ja ajallisesti ylittäneet hyvän tilan kynnysarvoja (HELCOM, 2023a; HELCOM 2023c). Täten arvion perusteella koko Itämeri on impulsiivisen melun osalta hyvässä tilassa (Kuva 1). HOLAS 3 arvioon oli raportoitu kaikki myös Suomen merialueilla raportoidut impulsiivista melua aiheuttaneet tapahtumat vuosina 2016–2021, ja arvio kattaa kaikki Suomen avomeri- sekä rannikkoalueet.



Kuva 1. Kovan ihmislähtöisen impulsiivisen melun jakautuminen Itämerellä ajassa ja paikassa (matala- ja keskitaajuudella) (HELCOM core indicator report 2023a).

Impulsiivisen melun osalta kyseessä on tämän hetken paras saatavilla oleva arvio tilanteesta, mutta indikaattoriarviossa on todettu, että arvio perustuu pelkästään raportoituihin tapahtumiin, sekä siihen, kuinka paljon kyseiset melutapahtumat häiritsevät indikaattorilajien yksilöitä. Arviossa ei ole pystytty määrittelemään näiden melutapahtumien väliaikaisia tai pysyviä kuulovaurioita indikaattorilajien yksilöille, joten

arviossa on paljon epävarmuuksia, jotka tulee selvittää ennen kuin impulsiivisen melun tila-arvio voidaan suorittaa luotettavasti. Vaikka impulsiivisen melun tapahtumat on kerätty vuosittain, niin selvää trenditarkastelua on vaikea suorittaa, sillä osa tapahtumista on lisääntynyt, kun taas toisenlaiset melutapahtumat ovat vähentyneet tai pysyneet samankaltaisina vuosina 2016–2021.



Jatkuva melu

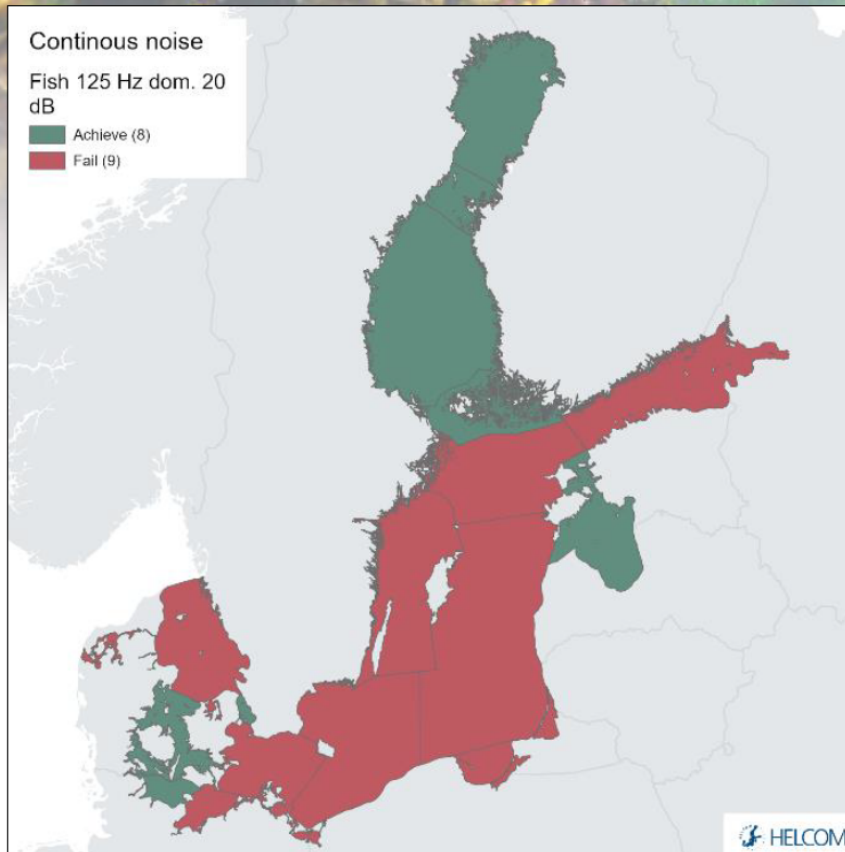
Jatkuva melu on peräisin pääasiassa laivaliikenteestä ja potkurien kavitaatiosta, ja se on yleensä voimakkainta suhteellisen matalilla 63 ja 125Hz taajuuskaistoilla. Jatkuvan melun lisääntyessä se saattaa peittää eläimille tärkeitä ääniä, tai johtaa käyttäytymismuutoksiin, kuten pakoreaktioihin. Laivaliikenteen on ennustettu lisääntyvän sekä maailmanlaajuisesti, että Itämerellä, mikä tulee todennäköisesti nostamaan myös jatkuvan vedenalaisen melun määrää ja voimakkuutta. Jatkuvaa melua saattaa aiheutua myös merituulivoimalan käytönaikaisesta toiminnasta, sekä pienveneiden kausittaisesta liikennöinnistä. Mikäli mediaanimelutaso (50 % ajasta) kattaa yli 20 % indikaattorilajin habitaatista minkä tahansa kuukauden aikana vuodessa, kyseinen merialue, jota indikaattorilaji ja habitaatti edustavat ei saavuta hyvää tilaa jatkuvan vedenalaisen melun osalta.

Jatkuvan vedenalaisen melun HELCOM-työssä on asetettu kaksi erillistä menetelmää asettaa melun voimakkuuden (dB) raja-arvo, josta koituu indikaattorilajeille haitallisia vaikutuksia (Level of Onset of Biologically adverse Effects, LOBE). Ensimmäinen menetelmä on mitata ja/tai mallintaa kokonaismelutaso, ja mikäli se ylittää 50 % ajasta (mediaani) 110 desibeliä 125Hz tai 500Hz terssikaistoilla keskimäärin yhden kuukauden aikana, tämän melun voimakkuuden on havaittu häiritsevän indikaattorilajeja (esim. pakoreaktiot) liikaa. Toinen menetelmä on mitata ja/tai mallintaa kuinka paljon ihmisperäinen vedenalainen melu ylittää luontaiset vedenalaiset

äänitasot, jolloin ihmisperäinen vedenalainen melu saattaa peittää indikaattorilajeille tärkeitä ääniä. Mikäli ihmisperäinen jatkuva melu on yli 50 % ajasta kuukaudessa 20 desibeliä tai yli luontaisten äänitasojen edellä mainituilla terssikaistoilla, on arvioitu, että indikaattorilajien yksilöt joutuvat merkittävästi käyttämään energiaa ja muuttamaan käyttäytymistään sopeutuessaan jatkuvan vedenalaisen melun peittämään äänimaailmaan.

Jatkuvan vedenalaisen melun tilaa arvioitiin myöskin ensimmäistä kertaa koko Itämeren osalta HOLAS 3 arviossa, jossa melun voimakkuutta, sekä ajallista ja alueellista kattavuutta mitattiin ja mallinnettiin vuoden 2018 osalta. Kyseinen vuosi valittiin edustavaksi koko 2016–2021 ajanjakson ajalta, sillä COVID-19 pandemia vähensi seuraavina vuosina laivaliikennettä huomattavasti normaaliin verrattuna. Jatkuvan vedenalaisen melun osalta hyvän tilan arvio suoritettiin merialueittain 125Hz ja 500Hz terssikaistoilla, jotka edustavat indikaattorilajien kuuloalueiden herkkyyksiä. 110 desibelin hyvän tilan kynnyksarvo edustaa indikaattorilajeja häiritsevää vedenalaista melua, ja tämä taso ei ylittynyt kummallakaan terssikaistalla yli 20 % yhdestäkään Itämeren merialueesta keskimäärin kuukaudessa vuoden 2018 aikana. Täten jatkuvan vedenalaisen melun häiritsevyysarvion osalta kaikki merialueet olivat hyvässä tilassa.

Äänialan peittävyys osalta jatkuvan melun arvio osoitti kuitenkin, että yhdeksän Itämeren 17 merialueesta olisi heikossa tilassa, sillä ihmisperäinen jatkuva melu ylitti 20 desibelillä luontaisen äänimaailman yli 20 % kyseisistä merialueista (Kuva 2). Suomen merialueiden osalta peittävyysarvio osoitti heikkoa tilaa



Kuva 2. Ihmislähtöisen jatkuvan matalataajuisen melun jakautuminen Itämerellä (HELCOM core indicator report 2023b).

Suomenlahdella ja Itämeren pääaltaan pohjoisosassa (Northern Baltic Proper).

Jatkuvan melun osalta kyseessä on mitattu ja mallinnettu jatkuvan melun arvio vuoden 2018 kalenterikuukausien ajalta, joka on arvioitu edustavaksi vuodeksi 2016–2021 kokonaisarvion aikavälillä. Jatkuvan melun häiritsevyys- ja peittävyysanalyysit perustuvat mitattuihin ja mallinnettuihin melutasoihin 125 Hz ja 500 Hz terssikaistoilla, joissa on hyödynnetty hydrofonimittauksia, laivaliikenteen sijainti- ja aluskohtaisia tietoja, sekä Itämeren pohjan muotoja, pohjasedimentin laatua sekä luontaisten olosuhteiden vaihtelua. Jatkuvan melun arvio perustuu tämän hetken parhaaseen arvioon avomerialueiden

jatkuvasta ihmisperäisestä melusta. On kuitenkin huomioitava, että vedenalaisen melun mallinnuksen menetelmä ei ole rannikko- ja saaristoalueilla erityisen luotettava, sillä matalikot ja saaristoiset merialueet estävät äänimaiseman luotettavan mallintamisen. Tämän lisäksi Suomen ympäristökeskuksen suorittama kansallinen seuranta kattaa ainoastaan kolme avomeripistettä, joiden perusteella ei voida tehdä luotettavaa tila-arviota jatkuvan melun osalta Suomen merialueilla. Rannikkovesiin seuranta tai HOLAS 3 arvio ei ulotu lainkaan, joten näiden alueiden osalta tilaa ei voida arvioida. Tila-arvio tehtiin ensimmäistä kertaa, joten luotettavaa trenditarkastelua ei ole mahdollista suorittaa tällä hetkellä.



Hyvän tilan määritelmät: jatkuva ja impulsiivinen melu [D11C1 ja D11C2]

- Jatkuvan melun tilaa arvioidessa tutkitaan sekä melun häiritsevyyttä että sen peittävyttä. Alueen katsotaan olevan hyvässä tilassa, jos alleviidenne indikaattorilajin elinympäristöstä altistuu 110 dB vedenalaiselle melulle yli 10 päivää kuukaudessa (peittävyys) tai jos ihmisen toiminta lisää melua vähemmän kuin 20 dB luontaiseen verrattuna yli 10 päivää kuukaudessa (häiritsevyys).
- Hetkellisen vedenalaisen melun kynnysarvoja on kaksi: lyhyen ja pitkän aikavälin altistumiselle. Pitkän aikavälin kynnysarvossa hyvä tila saavutetaan, jos korkeintaan 10 % indikaattorilajin elinympäristöstä altistuu voimakkaalle melulle yhden kalenterivuoden aikana. Lyhyen aikavälin altistumisen kynnysarvossa hyvä tila saavutetaan, jos korkeintaan 20 % indikaattorilajin populaatiosta altistuu voimakkaalle melulle minkä tahansa yksittäisen päivän aikana vuodessa. Lyhyen aikavälin altistumisella koetaan olevan pienempi vaikutus indikaattorilajin populaatioon, minkä vuoksi sen alueellinen laajuus saa olla suurempi.

Lähteet:

HELCOM, 2023a. Distribution in time and place of loud low- and mid- frequency anthropogenic impulsive sounds. [HELCOM core indicator report]. Online. [11 April 2023], [https://indicators.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/04/Impulsive-noise_Final_April_2023.pdf].

HELCOM, 2023b. Continuous low frequency anthropogenic sound. [HELCOM core indicator report]. Online. [11 April 2023], [https://indicators.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/04/Continuous-noise_Final_April_2023.pdf].

HELCOM (2023c): State of the Baltic Sea. Third HELCOM holistic assessment 2016-2021. Baltic Sea Environment Proceedings n°194.