

Appendix D2: Kartläggning av marint buller

Denna metod avser främst att underlätta arbetet med deskriptor 11 i havsmiljödirektivet (Van der Graaf et al. 2012) baserat på modellerat, inte övervakat, buller. Skälen till att modellera bullernivåer i havet är i detta sammanhang att det går att bryta ner bullerpåverkade områden i mindre, högupplösta, arealer så att potentiellt påverkade områden kan följas areellt över tid och jämförd med olika indikatorer och övervakningsprogram som till sin natur är rumsligt detaljerade, som exempelvis uppföljning av Natura 2000-habitat eller arbete med kustnära fiske och lekstråk för fisk. Nöjer man sig med att följa bullret per ICES subruta, som i deskriptorn "Pulse Block Days" inom Oskar (EIHA 17/9/1 Annex 15) blir det svårt att uppfylla syftet med deskriptor 11, som avser att undersöka och säkerställa att; "Introduction of energy, including underwater noise, is at levels that do not adversely affect the marine environment".

I detta arbete kan buller knytas till hydromorfologiska kvalitetsparametrar genom att impulsivt buller är introduktion av fysisk energi, det vill säga en fysisk störning, som ger påverkan på konnektivitet och i vissa extrema fall även fysiska skador på arter och artkomplex.

I havsmiljödirektivet skiljer man mellan impulsivt och konstant ("ambient") bakgrundsbuller och dessa fångas upp av indikatorerna 11.1.1 "låg- och medelfrekventa impulsiva ljud" samt 11.2.1, "lågfrekvent bakgrundsbuller". Eftersom det inte finns några klara gränser mellan dessa typer av ljud och den ekologiska påverkan förstås beror av dessa typer av buller sammantaget görs här nedan ett försök att harmoniera de båda indikatorerna till ett resultat som i rapporteringssyfte kan delas upp i respektive indikator men som samtidigt kan användas för att skatta total areal potentiellt påverkade områden med hänsyn taget till total bullernivå. Fokus ligger ändå på det impulsiva bullret som mer direkt kan knytas till fysisk påverkan genom tillförelse av fysisk energi.

Eftersom avsikten innebär att hänsyn ska tas till ackumulerade effekter bygger metoden på att beräkna hur många dagar som buller överskrider ett visst ljudtryck under ett visst uppföljningsintervall och att gränsen för buller ska ha biologiskt/ekologiskt relevanta nivåer med hänsyn taget till en mer allmän risk för i havsområdet förekommande arter. Resultatet blir då en relativ indikator, jämförbar med övriga indikatorer i denna rapport, och det främsta direkta användningsområdet utanför deskriptor 11 är att komplettera störningar vad gäller indikatorn "konnektivitet", genom att buller är fysiska ljudtryck som påverkar arters rörelsemönster och funktioner (migration, födosök, reproduktion) i vattnet. Därmed ingår bullret även i deskriptor 6 i vattendirektivet, kriteriet D6C3 och bidrar till att peka ut områden med fysiskt störda ekologiska system.

Den relativa indikatorn som föreslås bygger därför på en skattning av bullrets relativa skadliga påverkan i en graderad skala från skrämseffekter via födosöks- och reproduktionsskador till direkta fysiska skador vid mycket kraftiga ljudimpulser. Eftersom eventuella effekter på ekosystemet ska kunna spåras måste den geometriska upplösningen vara tillräcklig för att fånga in kraftigt buller exempelvis i vissa viktiga vikar, skyddade områden eller skyddsvärda habitat.

Bullerkällor och tidigare kartläggningar

I huvudsak består bakgrundsbullret av ljud från fartygstrafik, där hamnar och farleder är särskilt utsatta. I vatten propageras ljudet mycket bra och bullret kan färdas åtskilliga kilometer. Eftersom det varje dag färdas tusentals fartyg i Östersjön bygger fartygen upp ett bakgrundsbuller som i många områden avviker starkt från ett naturligt bakgrundsljud. Många arter är känsliga för buller, inte bara i och med att starka ljud skrämmer vissa arter utan även att arter som använder sig av sonarteknik för kommunikation eller navigering inte längre kan kommunicera eller navigera. Buller ger även upphov till trofiska kaskader när exempelvis djurplankton skyr ljus och buller varför även beteendet, förekomsten och rörelsemönstret hos

2018-04-23

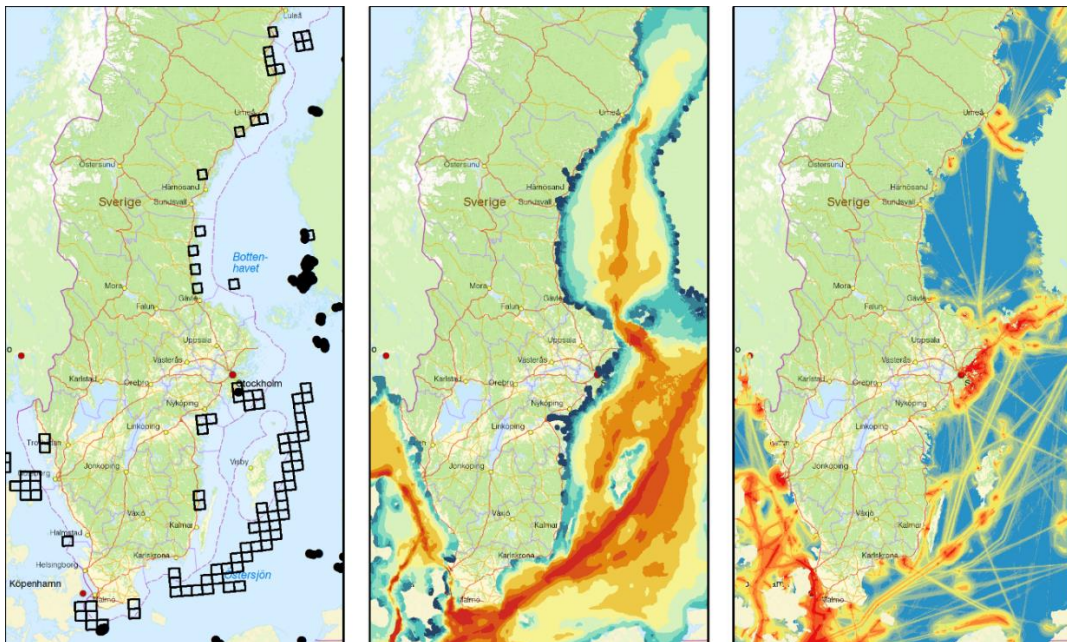
arter som är beroende av dessa plankton ändras. Sammanhangen är mycket komplicerade (till exempel Williams et al. 2015). Vid sidan av det lågfrekventa bakgrundsbullret sker ställvis och tidvis arbeten i vattnet som ger upphov till ganska starka impulsiva ljud. Det rör sig främst om anläggningsarbeten i form av pålningar men även om undersökningar med sonarer där ljudstötarna är så kraftiga att de lokalt till och med kan orsaka fysiska skador på organismer. Ett okänt mörkertal är sjöfartens allmänna användande av aktiva sonarer exempelvis vid fiske eller rent allmänt vid sjömätning inom ett rutinmässigt användande av sjökortsplotter. Arbete för att kartera buller bedrivs löpande inom Helcom och Ospar och lagras hos ICES. Vid Helcoms 37:e möte antogs "Regional Baltic Underwater Noise Roadmap 2015-2017" (se Helcom 2017c) och där beslöts att arbetet inom BIAS, inom vilket bullerkartor för Östersjön togs fram, skulle bilda fundamentet för framtida bullerkartering.

Inom BIAS togs relativt högupplösta, heltäckande bullerkartor fram, baserat på bullermätningar och modellering utifrån fartygstrafik från 2014. Kartläggningen omfattade dock inte buller i skärgårdarna och det impulsiva bullret berördes inte heller.

Inom projektet Symphony togs ännu något mer högupplösta (med pixelstorlek om 250 m) kartor med fartygsbuller, vind- och vågkraft samt militärt buller fram, baserat på data från 2015. Resultatet bygger på en teoretiska modell utifrån analys av AIS-sigener och en förenklad ekvation för transmissionsförlust av ljud i havet samt inrapporterade områden med kraftproduktion och militära skjutövningar.

Inom ICES tas enligt ovan för Sveriges del med start 2015 fram punkter och arealer med impulsivt buller som rapporteras in av Havs- och vattenmyndigheten. Materialet är inte homogent utan i vissa fall finns exakta positioner för bullerstörande verksamhet, i andra fall knyts informationen till ICES subrutor.

En tidigare ej uppmärksam källa till impulsivt buller är de råa AIS-transpondersignaler som bland annat används för att kartlägga förekomst av muddring (appendix C3). Eftersom sjömätningsskutor kategoriseras som "dredging" går det men en del filtrering att få fram impulsivt buller via dessa signaler.



Figur 1. Tre bilder av buller. Till vänster: områden med impulsiva ljudkällor ur ICES databas, vilka bygger på enskilda punkter eller bullerstörning i rutor. I mitten: bullermodell från BIAS där synbarligen naturligt buller från havet inkluderas och skärgårdarna inte omfattas. Till höger: bullermodell från Symphony baserad på fartygstrafik som förefaller återspegla faktiska förhållanden bra. Rött = starkt buller, blått = bullerfritt. Datakällor: ICES, Helcom samt Symphony.

2018-04-23

Användbarhet och vägar framåt

Vid en utvärdering av de olika ansatserna till att kartlägga buller kan man göra några enkla iakttagelser angående de olika metoderna och resultaten:

- **ICES noise database:** Bara impulsivt buller och tillståndsgivna verksamheter sedan 2015 finns lagrade. En uppskattning av olika bullerklasser görs och datumintervall noteras men precis antal dagar med buller framgår inte. Dålig geometrisk precision. Stort mörkertal, framförallt för kraftiga sonarer, kan misstänkas. Brister i angivelser av precis antal bullrande dagar. Det ackumulativa bullret som i mångt och mycket är relevant att fånga upp blir svårt att skatta i antal dagar och i relation till bullerkänsliga ekosystemfunktioner.
- **Symphony:** Man bör inte välja ut vissa fartygstyper utan man måste ta med alla fartygstyper eftersom de olika fartygstyperna har olika rörelsemönster och bidrar till bullret. Sökt resultat kan inte som i leveransen till Symphony vara normaliserat (0-1) eftersom vi söker efter brytpunkter med biologisk relevans baserat på exponering för absoluta nivåer med ackumulativ effekt. Man kan vidare förbättra den använda algoritmen genom att ta större hänsyn till varierande naturmiljö. Naturmiljön (substrat, djup) som används gäller dessutom bara ljudets källpunkt, inte området runt ljudet där det propageras. Men i huvudsak verkar denna metod fånga in gradienter i buller bra med ganska god upplösning. En inkludering av samtliga fartygstyper skulle även möjliggöra en analys av drivkrafter enligt DPSIR.
- **BIAS:** Avancerad modell, slutna process som ej går att upprepa av lokala myndigheter med enkla verktyg. Resultaten är generaliserade och svåra att koppla intuitivt till just fartygsbuller eftersom kartorna som producerats inte verkar fånga upp relevanta områden då modellen inte omfattar skärgårdsområden. Man behöver dessutom kunna bryta ner bulleranalysen i olika scenarier gällande medelvärden för ljud, antal exponeringar för vissa ljudnivåer, samt en uppskattning av signal-brusförhållande, det vill säga andelen buller jämfört med bakgrundsljud (där BIAS förstås via mätningar fångar in även naturligt havsbuller). Vid en jämförelse mellan bilderna ovan verkar resultaten från Symphony fånga upp faktiskt buller mycket bättre i synnerhet i kust- och skärgårdsområden. Upplösningen hos data från BIAS är dessutom för grov för att kunna ställas mot areella avgränsningar av habitat, skyddade områden eller exempelvis viktiga reproduktionslokaler för fisk.

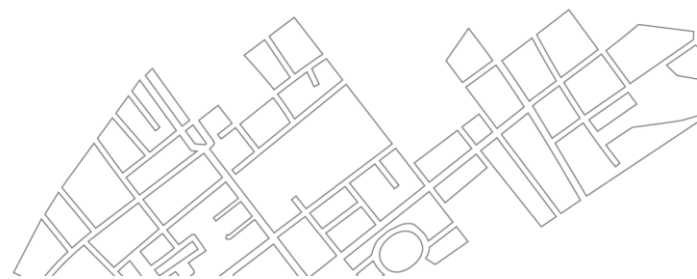
Sammantaget förefaller metoden från Symphony bra att arbeta vidare med i hög upplösning och kompletteras med data från impulsiva ljudkällor. Nedan presenteras ett försök med vilket metoden från Symphony anpassats till en högre upplösning och till vissa brytpunkter vad gäller bullerexponering räknat i ljudtryck och i den ackumulerade effekten av återkommande exponeringar, där även impulsiva ljudkällor vägs in.

Utgångspunkt för metodval

Nedan presenteras en metod som sammanställer impulsivt buller från anläggningsarbeten, explosioner, fartygstrafik och kraftproduktion. I huvudsak bygger metoden nedan på metoder och ledtal från Europeiska kommissionen 2014, Marine Management organisation 2015, Lurton 2015 och Thomsen et al. 2006.

I: Ljudstyrka och transmissionsförlust och ackumulativa effekter

Ljudtrycket RL vid mottagaren av en ljudpuls kan beskrivas som en funktion beroende på ursprungsnivån SL och avstånd till mottagaren av ljudet, R , enligt:



2018-04-23

$$RL = SL - N \log_{10}(R)$$

Där faktorn N beror av ljudets spridning i vattnet, som förenklat kan sägas bero av djup och bottensubstrat. Koefficienten N varierar mellan ungefär 20 (sfärisk ljudpropagering, djupt vatten, ingen reflektion eller refraktion) till ungefär 10 (konisk ljudpropagering, grunda vatten, reflektion mot hårda släta ytor). Dessutom gäller andra förhållanden för mycket höga frekvenser hos ljud men fokus är här på relativt lågfrekventa ljud.

II: Ackumulativ effekt och ljudabsorption

För varje ljudstöt eller bullertillfälle från samma källa ökar det biologiskt relevanta ljudtrycket med logaritmen av antalet ping, n. Således:

$$RL_{\text{kum}} = SL - N \log_{10}(R) + \log_{10}(n)$$

Slutligen kan man kompensera för vattnets absorberande verkan, enligt formeln $\alpha = 0,036 f^{1,5}$ (dB/km) där f är frekvensen kHz. Vid den antagna frekvensen 125 Hz blir $\alpha = 0,0016$ och därmed försumbart per meter räknat. Vi förbiser därmed vattnets absorberande verkan.

III: Naturmiljön

I Symphony gjordes en generell uppdelning mellan grunda/mjuka bottnar och hårda/djupa och ett N-värde om 15 respektive 20 valdes. För varje AIS-ping togs sedan hänsyn till om punkten vid pinget var grund mjukbotten eller antingen djup eller hårbotten och N=15 eller N=20 valdes. En något bättre metod synes vara att dels differentiera N-värdet tydligare givet olika djup och bottensubstrat, samt även att ta hänsyn till det större området kring vilket ljudet propageras, inte bara pixeln just under ljudkällan.

En rekommendation är därför att välja ett N-värde enligt följande tabell, där transmissionsförlusten ökar med större djup (sfärisk snarare än konisk ljudpropagering) samt med mjuka substrat (som absorberar ljud) och ojämna substrat (sten, grus, block) där ljud istället reflekteras åt olika håll (se Tabell 1). För enkelhets skull antas här att hårbotten är kuperad, varför den reflekterar bort ljud effektivt i olika riktningar.

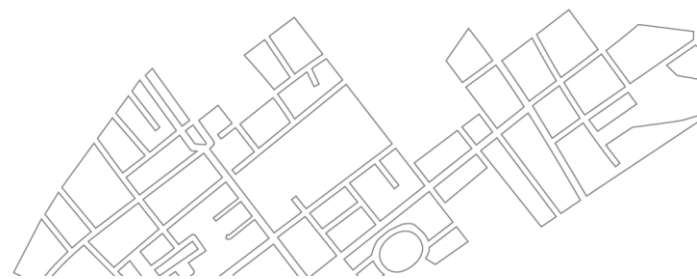
Tabell 1. Förslag på klassindelning av transmissionsförlust baserat på djup och bottensubstrat.

Djup	Bottensubstrat				
	Mjuk	Lera	Sand	Grus, block	Hård
0-10	15	10	13	12	14
10-20	17	12	15	14	16
20-30	19	14	17	16	18
30+	20	15	18	17	19

En andra rekommendation är att medelvärdesbilda denna faktor över det större området genom vilket ljudet rör sig. Både djup och bottensubstrat bör då generaliseras med exempelvis funktionen Focal statistics, MEAN, eller motsvarande med sökradien förslagsvis satt till 500 meter.

IV: Buller från verksamheter

Utifrån litteraturen kan en grov uppskattning om medianvärden för buller från olika fartygstyper eller verksamheter skattas. Dessa används sedan i kvantitativa beräkningar. Valda värden finns upptagna i Tabell 2.



2018-04-23

Tabell 2. Schablonvärden för ljudtryck utifrån typ av ljudkälla. Källa: Marine Management Organisation 2015.

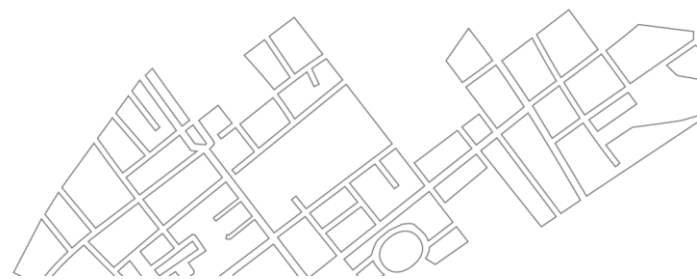
Kategori	Typ av källa	Ljudtryck, dB re 1 μ Pa m (typvärde)
Fartyg	Cargo	185
Fartyg	Tanker	184
Fartyg	Dredging	181
Fartyg, impuls	”Dredging”, sjömätning	>176, se nedan
Fartyg	Passenger	155
Fartyg	Fishing	150
Fartyg	Tug, port tender, pilot	166
Fartyg	Rekreation	147
Impuls	Sonar	>176, se nedan
Impuls	Airgun	>209, se nedan
Impuls	Explosion	193, se nedan
Impuls	Generiskt ljud	> 186, se nedan
Verksamhet	Vindkraftverk	142

V: Klassindelning av påverkan från buller

Inom det nationella bullerregistret som i skrivande stund är under uppbyggnad av Havs- och vattenmyndigheten och vars data rapporteras in till ICES klassificeras impulsivt buller i fem kategorier baserat på energi i ljudpulsen enligt Tabell 3. Givet forskningen om bullrets inverkan på marint liv verkar denna kategorisering något snäv. Effekter på marint liv kan ibland skönjas redan vid mycket lägre ljudtryck än i denna tabell. Både när det gäller rörelsemönster (skrämsel), kommunikation och födosöksbeteende kan vissa arter ändra beteende och därmed skapa trofiska kaskader som kan sägas utgöra påverkan på den hydromorfologiska kvalitetsfaktorn konnektivitet redan vid buller kring 100 dB (Wisniewska et al. 2018).

Bullerstörning i havet kan ses som en funktion av en temporär ljudnivå över bakgrundsbruset (här schematiskt antaget 60 dB) och en här antagen tröskel om 35 dB som motsvarar ett rimligt antagande för när arter börjar uppmärksamma ljud och reagera på dem (se Popper & Hastings 2009 för exempel). Vi söker således områden där det ljudtryck som mänskliga verksamheter ger upphov till uppgår till minst 95 dB. Brytvillkoret 100 dB har ju även föreslagits för det konstanta bakgrundsljudet (Tasker et al. 2010).

Baserat på generella iakttagelser av biologiska effekter av buller så kan en förenklad skala av risk för påverkan skapas, där risk för påverkan går från ingen påverkan till direkt fysisk påverkan där den understa gränsen ligger i linje med bakgrundsljudet plus marginalen till då störning uppträder. Förenklat får vi då en skala som börjar vid cirka 95 dB och med klassindelningar enligt Tabell 4 nedan.



2018-04-23

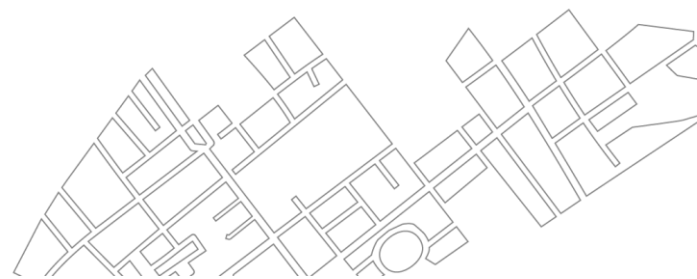
Tabell 3. Kategorisering av impulsiva ljud. Källa: Europeiska kommissionen 2014.

Kategori	Explosioner (mTNTeq kg)	Seismiska luftkanoner (dB re 1µPa SPL (toppvärde))	Slagpålning (hammarenergi, MJ)	Sonarer och akustiska skrämmor (daggdjur) (dB re 1µPa)	Andra impulsiva källor (dB re 1 µPa ² m ² s)
Mycket låg	0,008-0,21	209-233	<0,280	176-200	186-210
Låg	0,21-2,1	234-243	0,290-2,80	201-210	211-220
Medel	2,11-21	244-253	2,81-28	211-220	221-230
Hög	22-210	>253	28	>220	>230
Mycket hög	>210	n/a	n/a	n/a	n/a

I verkligheten är både bakgrundsbuller och olika arters känslighet för ljud högst varierande men värdena i Tabell 4 kan tas som approximation för ett brett spektrum av tänkbara och troliga ekologiska problem. Inom havsmiljödirektivets arbetsgrupp 11 har indikator nr 1 för impulsivt ljud erhållit tröskelvärdena 183 dB respektive 224 dB re 1µPa_{peak} (Tasker et al. 2010). Detta avser dock inte relevanta gränsvärden för impulsiva ljudtryck som ljudkänsliga arter påverkas av. Relevanta gränsvärden för arter är förstås betydligt lägre. I samma rapport ges ett antal riktvärden för fysiska effekter vid höga ljudtryck (Tabell A1.1 s. 45f). Ur deras sammanställning skulle följande gränsvärden för påverkan på arters beteende kunna väljas: 95–180 dB re 1µPa vilket motsvarar kraftiga beteendestörningar, 180 dB re 1µPa och högre, vilket motsvarar fysisk skada. Baserat på iakttagelser av Hermannsen et al. (2017) kan gränsvärdet 125 dB (sälskrämma på 3100 m avstånd) gälla för skrämseffekt och undvikandebeteende. Ett försök till klassindelning baserad på försiktighetsprincipen skulle då kunna vara 95/125/150/175 dB re 1µPa enligt tabellen nedan.

Tabell 4. Föreslagen klassindelning av risk för buller, baserat på data i Tasker et al. 2010.

Påverkansklass	Ljudtryck (RL _{cum})	Exempel på effekt
Ingen påverkan	< 95	
Någon påverkan	95–125	Ändrade rörelsemönster
Påverkan	125–150	Födosoöksförsämringar
Stor påverkan	150–175	Reproduktionsförsämringar
Direkt fysisk påverkan	175+	Fysiska skador



2018-04-23

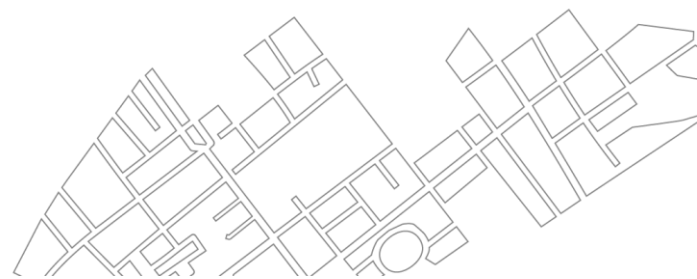
Förslag på arbetsmetod

Indata

- AIS-transponderdata, geografiskt heltäckande, kompletta nationella data och för aktuell undersökningsperiod. Sjöfartsverket.
- Impulsiva bullerkällor från ICES.
- Vind- och vågkraftverk. Symphony, Vindbrukskollen, Energimyndigheten.
- Militära skjut- och sprängområden. Försvarmakten.
- AIS-transpondersignaler av typen "Dredging", använda inom arbete enligt appendix I.

Process för fartygsbuller

1. Utgå från skikt med djupzoner (0-3, 3-6, 6-10, 10-15, 15+ meter). Gör en analys av majoritet (Majority) med sökradien 500 m till ett djupzonsskikt med upplösningen 100 m.
2. Gör en majoritetsanalys även av bottensubstrat till ett skikt med upplösningen 100 m.
3. Kombinera rasterskikten för djup och bottensubstrat, till exempel med funktionen Combine Raster.
4. Utgå från tabellen ovan och indela det kombinerade rastrets celler i N-värden.
5. Dela upp AIS-pings i fartygsklass och 100-metersrutor och per kalenderdag.
6. Tilldela raster-skiktet pings_[shiptype]_[day] värde efter antal pings i pixeln för aktuell fartygstyp och dag, upplösning 100 meter.
7. För varje [shiptype], gör:
 - a. Utgå från bullernivån i tabellen ovan som gäller för aktuell ship_type. Till denna nivå, addera $(SUM_pings_shiptype_day - 1)$ till buller_SUM_pings_[shiptype]_[day]
 - b. För varje [shiptype],[day] gör:
 - i. För värde på R mellan 100 och maximalt avstånd (10 km, med intervallet 100 m, använd funktionen Focal statistics eller motsvarande, grannskapsfunktion (Neighborhood) "Annulus". Räkna SUM av pings_[shiptype]_[day]
 1. För varje sådant raster med SUM_[R]_pings_[shiptype]_[day] beräkna bidragande bullernivå genom $RL_{kum} = SL - N \log_{10}(R) + \log_{10}(N) - 0,01R$ där SL hämtas ur tabell ovan för shiptype, N är rastrets värde och R alltså är det givna avståndet.
 - ii. Summera alla RL_SUM_[R]_pings_[shiptype]_[day], det vill säga ljudtryck per pixel baserat på skeppstyp och dag
8. Räkna fram maximala ljudtrycket per pixel per dag, oavsett skeppstyp.
9. Räkna andelen dagar då maximala ljudtrycket överstiger gränsvärdena i tabellen ovan. Klassindela pixlarna enligt tabellen nedan



2018-04-23

Process för kraftverksbuller

Enligt metoden använd inom Symphony uppskattades den biologiskt relevanta påverkanszoner kring vindturbiner uppgå till maximalt 3000 meter, med klassindelning 500/1000/1500/2500/3000 meter. Eftersom vindkraftverk är i bruk året om men bullret varierar med olika vindstyrkor antas här istället att vindkraftturbiner som emitterar ljudtryck om 142 dB, 50 % av tiden. På motsvarande sätt betraktas här vågkraftverk som emitterande 180 dB 50 % av tiden

Ur metodologisk synpunkt kan man därför utgå från faktiska turbiner eller vågkraftverk och göra addera dessa till analysen av bakgrundsbuller ovan.

Process för impulsiva ljud och explosioner

Nedan ska metoder för att skatta impulsivt buller från fartygens sonarutrustningar kombineras med skattning av buller från explosioner och andra bullerkällor till att forma en koherent statusklassning med avseende på impulsivt buller. Denna kan då användas som en indikator för konnektiviteten.

Impulsivt buller ur AIS-transponderdata

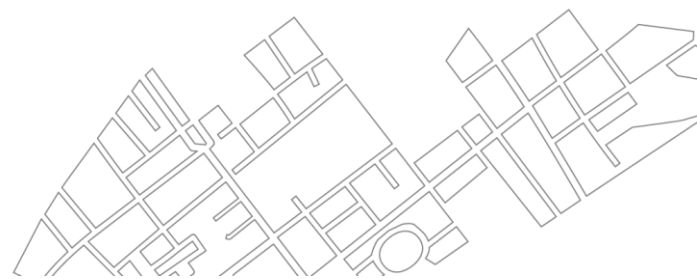
Med utgångspunkt från de AIS-data som beskriver fartygstypen "Dredging" (appendix C3) kan impulsivt buller från undersökningsutrustning skattas. Det är nämligen så att mätfartyg klassas som "Dredging" med avseende på typ av fartyg (ShipTypeName). Dessutom har fartygen även låg hastighet och samtidigt ofta en uppgiven navigationsstatus "Restricted" när de sjömäter. Med stor säkerhet kan man via dessa ledtrådar producera ytor där sjömättningsfartygen utfört arbete.

följande procedur:

1. Ta fram unika CallSign från datamängden och behåll de som är av typen survey/research vessel, det vill säga ta bort verkliga muddringsfartyg.
 2. Tröskla i Speed over ground (SOG) och behåll ruttspår med (SOG > 0 och SOG < 9).
 3. Ta bort linjer med Navigational_Status = Fishing, Anchor, Reserved (WIG) och Aground.
 4. Bestäm dag ur fältet Base_Station_time_Stamp.
 5. För trafik där Navigational Status är av typen restricted:
 - a. Buffra spåren med 200 meter.
 - b. Buffra dem med -210 meter.
 - c. Kvar är buffertar som inte består av enskilda linjer. Behåll dessa
 6. För trafik där Navigational Status inte är av typen restricted:
 - a. Buffra alla ruttspår med 50 m uppdelat per dag och fartygsidentitet.
 - b. Bilda sammanhängande ruttspår i varje buffert med avseende på per dag och fartygsidentitet.
 - c. Räkna antalet unika ruttspår per dag i varje buffert. Behåll de där varje båt åkt minst 10 vändor.
 7. För alla behållna linjer, vid brist på exakta ljudtrycksvärde, skapa schematiska buffertar enligt Tabell 5 eller med 100, 1000, 2000 och 4000 meter och tilldela värde 5, 4, 3 respektive 2 för dessa.
 8. Gör en AreaOnAreaOverlay och räkna antalet dagar som varje klass överlagras varandra.
- Resultatet** blir en total bild av områden med störning av klass 2–5 och antalet dagar som störs i klass 2–5.

Impulsivt ljud från explosioner, pålning med mera

Om punktkällor till buller existerar ges dessa buffertar enligt ovan och antalet dagar som de olika gränsvärdena får ligga till grund för en klassning av dessa buffertar enligt samma modell som för sjömätning



2018-04-23

ovan. Om istället polygoner, till exempel skjutfält eller ICES-subrutor, tillhandahålls med information om antalet dagar med buller, skapas centroider för dessa rutor och tilldelas inrapporterat ljudtryck. Buffertar skapas på liknande sätt som för sjömätningbuller men med zoner som varierar beroende på ljudtryckets klass enligt Tabell 1 och där buffertzonen framgår av Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Schablonmässig utbredning av impulsivt buller. Zonvärden utifrån Bailey et al. (2010).

Ljudtryck	Buffertzoner			
Mycket lågt	100	1000	2000	4000
Lågt	250	2500	5000	10000
Medel	500	5000	10000	20000
Högt	1000	10000	20000	40000
Mycket högt	1500	15000	30000	60000

Ett alternativ till denna schematiska buffertzoning är att med samma metodik som presenterades för fartygsbuller ovan räkna ut buller i varje pixel enligt formeln för avtagande ljudtryck. Detta senare ger en något mer korrekt avgränsad bullerzon men kräver å andra sidan mer processtid och vilar trots detta på osäkra antaganden.

Sjömätning och bullerregistret

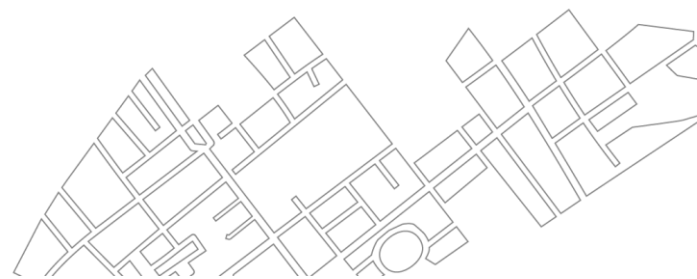
Punktkällor som beskrivs i kapitlet ovan kan koppla schablonmässiga värden för buller till historiska AIS-transponderdata (RAIS) för sjömätningfartyg. De högupplösta men inte helt tillförlitliga data som tas fram på detta sätt kan kompletteras med data över bullrande verksamheter som rapporteras till ICES. Här kan AIS komplettera bullerregistret mer eller mindre analogt med hur AIS kan komplettera VMS för kartläggning av trålning. Med andra ord kan vi koppla ihop händelser i databasen (förutsatt att det avkrävs utförarna identitet på fartyg om sådant används) med AIS så att vi får en yttäckande bullerkälla, med både exakt utsträckning och tidsangivelser.

Direkt ur AIS kan man ta fram en bullerkarta enligt ovan. Bullrets exakta källstyrka är dock okänd och man tvingas utgå från schablonvärden för buller från sjömätning. Har vi då bullerregistret med denna uppgift så kan vi modellera (eller i alla fall bättre uppskatta med olika buffertar) ljudtrycket i varje given position vid varje given tidpunkt. För en mer detaljerad beskrivning av olika ljudkaraktäristika vid sjömätning se Crocker & Fratantonio (2016).

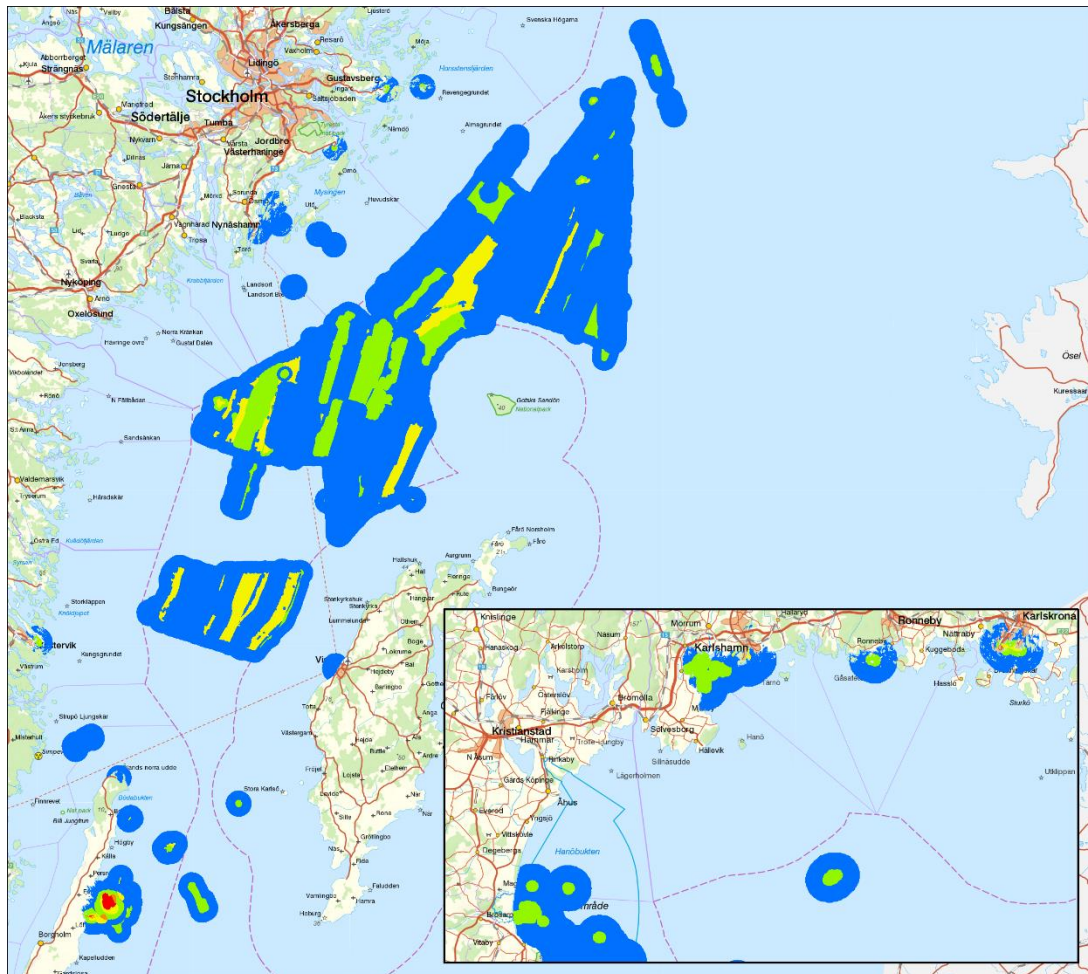
Med denna kombination av AIS- och registerdata kan en total bullerkartläggning producera data på tre nivåer:

1. Endast registeruppgifter existerar (till exempel pålning i hamn): Punkt som får interpoleras till tänkt bullerzon
2. Endast RAIS-uppgift: Ej anmäld sjömätning som vi kan avgränsa i tid och rum men där uppskattning av ljudtryck bygger på schablon
3. Uppgift finns både i register och via RAIS: Informationen kopplas ihop via fartygsidentitet (MMSI, IMO, CallSign) och vi får då både plats, tid, ljudtryck och exakt utbredning som sedan kan buffras med mer precis bullerzon

Sammantaget skapas alltså med denna metod en gemensam karta med mer exakt geometri och mer exakta bullernivåer än varje underlag för sig.



2018-04-23

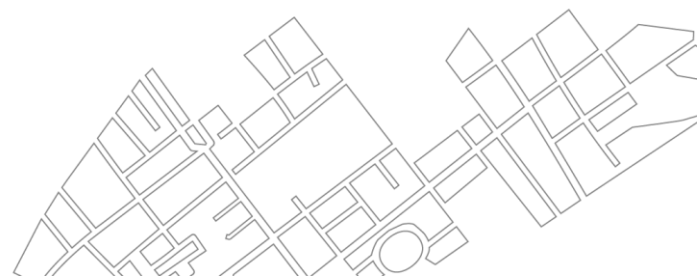


Figur 2. Exempel på analys av impulsivt buller. År 2013 användes professionella mätsystem vid en mycket omfattande kartläggning mellan Stockholms län och Gotland samt inom ett antal undersökningar av forskningskaraktär i Blekinge och nordöstra Skåne. Den mest intensiva ljudmattan skapades dock vid arbete med en vindkraftspark utanför Öland. I kartbilden visas en klassindelning (enligt metod ovan och Tabell 5) av varje ytenhet med avseende på ljudintensitet och antal dagar. Den övervägande delen kartlagd yta besöktes bara en gång varför den erhöll lägsta påverkansklass. Endast utanför Öland företogs arbeten under så pass lång tid att man kan misstänka stora effekter på konnektiviteten.

Slutlig klassindelning per pixel

Sista punkten i processbeskrivningen ovan skapar en relativt högupplöst karta med potentiella ljudstörningar. Givet det maximala ljudtrycket för respektive trafik/verksamhetstyp i varje pixel görs slutligen en sammanställning av frekvensen, det vill säga hur stor andel av de analyserade dagarna, som pixlarna uppnår eller överskrider respektive klassgräns. Dataskikten med dagar från fartygstrafik och påverkansklass adderas alltså tillsammans med de schablonmässiga dagsummorna för impulsiv ljudgenerering och kraftproduktion och en "ackumulativ påverkansklass" utifrån påverkansklass och antalet dagar skapas.

Inom Helcom har utvecklats en metod för att skatta kumulativ påverkan genom återkommande påverkanstryck (till exempel Helcom 2016a) och de har använt detta för att utveckla "Baltic Sea Impact



2018-04-23

Index" (BSII), TAPAS Pressure Index Workshop (Helcom 2016c). Metoden bygger på att kombinera intensitet och frekvens i en korstabulering och ur detta härleda en klassindelning. Frekvensklasserna är tentativa och har inspirerats av ICES:s karta över impulsiva ljus i Ospar-området avseende indikatorn "Pulse Block Days" som har klassindelningen 1–10, 11–25, 26–50, 51–100 samt över 100 dagar.

I tabellen nedan illustreras en sådan indelning. Tabellen ska läsas så att exempelvis en pixel med "viss påverkan" 6–15 % av dagarna uppnår klass 2 (grön i tabellen) medan "märkbar påverkan" 20 % av dagarna tilldelar pixeln klass 4 (orange i tabellen). För att erhålla en ackumulerad effekt adderas klassvärden så att exempelvis 25 % av dagarna med liten påverkan och 10 % med viss påverkan ger klass 4 eller stor påverkan.

Tabell 6. Slutlig klassindelning av ekologisk status med avseende på buller, enligt maximalt ljudtryck under olika andel av dagar i undersökningsintervallet. För varje ytenhet adderas andelen klasserna från dagar med buller.

Påverkansklass	Ljudtryck	Andel dagar med buller				
		1–3 %	3–6 %	6–15 %	15–30 %	30 %+
Ingen påverkan	< 95	1	1	1	1	1
1 Liten påverkan	95–105	1	1	1	2	3
2 Viss påverkan	105–125	1	1	2	3	4
3 Märkbar påverkan	125–150	1	2	3	4	5
4 Stor påverkan	150–175	2	3	4	5	5
5 Direkt fysisk påverkan	175+	3	4	5	5	5

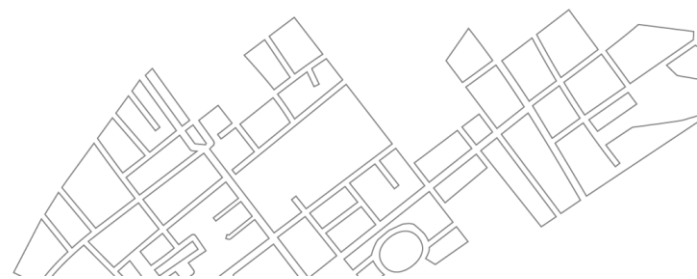
Den tekniska metoden för denna klassindelning kan se ut som följer:

1. Läs in buffertzoner från föregående moment med klasser 2-5. Alla null-värden sätts till 0.
2. Skapa attributen k1, k2, k3, k4 och k5.
3. Tilldela dessa variabler statusklass (1-5) enligt tabellen ovan, baserat på antalet dagar för klass1, klass2, klass3, klass4 eller klass5 så att exempelvis 32 dagar (9 %) med klass 3 ger påverkansklass 3.
4. För varje polygon, summera pav_klass = k1+k2+k3+k4+k5.
5. Lös upp polygonerna (dissolve) med avseende på pav_klass. Sätt maximal pav_klass=5.

Resultatet blir ett skikt med polygoner i klass 1–5 avseende risk för påverkan på konnektivitet enligt tabellen ovan.

Marint buller och havsmiljödirektivet

Enligt Havs- och vattenmyndighetens marina strategi för Nordsjön och Östersjön (Havs- och vattenmyndigheten 2015:77f) saknas miljö kvalitetsnorm och funktionella indikatorer för att kvantitativt bedöma om god miljöstatus uppnås vad gäller marint buller. Det går trots detta att skapa en indikator som gör det möjligt att följa risken för bullerstörning av arter i den marina miljön, det vill säga påverkan på konnektivitet på grund av introduktion av ljudenergi.



2018-04-23

Förslaget som presenteras här bygger på att göra en överlagringsanalys mellan bullerpåverkade områden (ICES subtrutor eller mer detaljerade bullerzoner enligt ovan) och följande underlag:

- **Säl- och fågelskyddsområden**, så kallade DVO-områden (djur- och växtskyddsområden) som med stöd av 7 kap. 12 § miljöbalken inrättas med syfte att skydda säl och fågel.
- **Natura 2000-områden** med syfte att skydda tumlare (till exempel Wisniewska et al. 2018, Hermansen et al. 2017).
- **fredningsområden för fisk** (Länsstyrelserna) eller andra områden med utpekade viktiga habitat för fiskrekrytering.
- **MPA** med syfte att skydda torsk (Sierra-Flores et al. 2015).

Genom att utföra en överlagringsanalys mellan dessa lager och bullerkartläggningen och sammanställa den areella samstämmigheten mellan buller och förekomst av arter som är bullerkänsliga per administrativ region erhålls en bild av om och var risk för bullerstörning ökar eller minskar i relation till de viktigaste kända känsliga arterna.

Som metod för indikator 11.1 föreslås att buller från fartyg, energiframställning, explosioner, bullerregistret och/eller AIS-transponderdata slås ihop och enligt Tabell 5 till en ekologisk statusklassning.

Marint buller och artikel 17 enligt art- och habitatdirektivet

Eftersom kraftigt buller förändrar artsammansättningar och därmed ekologiska funktioner i komplexa habitat föreslås här att den ekologiska klassningen av bullerstörning (1–5 eller inga data där buller saknas) adderas som påverkanszon till störning av havsbottenarna, deskriptor 6 i havsmiljödirektivet, kriteriet D6C3: Rumslig utbredning och distribution av negativ påverkan på arter, habitat och funktioner genom fysisk störning.

Marint buller och hydromorfologisk status

Gällande de hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna föreslås att den slutliga klassindelningen av marint buller (1-5 eller inga data där buller saknas) adderas som påverkanszon till faktorn konnektivitet.

