

Fritidsbåtars undervattensbuller

Åtgärder för att minska negativ miljöpåverkan



© Transportstyrelsen

Sjö- och luftfart

Miljösektionen

Rapporten finns tillgänglig på Transportstyrelsens webbplats www.transportstyrelsen.se

Dnr/Beteckning 2024-001495

ISBN [\[Klicka och skriv\]](#)

Författare Julia Winroth och Torbjörn Johansson, IVL Svenska Miljöinstitutet

Månad År [\[Klicka och skriv\]](#)

Eftertryck tillåts med angivande av källa.

Förord

Denna rapport har tagits fram som en del av Transportstyrelsens arbete med att följa upp fritidsbåtars miljöpåverkan. Rapportens syfte är att ge en syntes av kunskapsläget om undervattensbuller från fritidsbåtssektorn. Rapporten sammanställer resultat från vetenskaplig litteratur, pågående forsknings- och utvecklingsprojekt samt myndigheters och organisationers initiativ. Målet är att göra befintlig kunskap mer tillgänglig och belysa möjliga åtgärder för att minska undervattensbuller i svenska kustvatten.

Rapporten är framtagen av IVL Svenska Miljöinstitutet på uppdrag av Transportstyrelsen. Arbetet har genomförts av Julia Winroth och Torbjörn Johansson med bidrag från kollegor och i samarbete med Transportstyrelsens Marie Hankanen, Isabella Hadenius, Erland Lettevall och Lina Petersson. Transportstyrelsen vill särskilt tacka de forskare och experter som bidragit med underlag och insikter under arbetets gång.

Arbetet med denna rapport är medfinansierat av Havs- och vattenmyndigheten genom anslag 1:11 Åtgärder för havs- och vattenmiljö.

[Klicka här och skriv stad, månad och år]

[Klicka och skriv namn]
[Klicka och skriv titel]

[Klicka och skriv namn]
[Klicka och skriv titel]

Sammanfattning

Undervattensbuller är en växande miljöbelastning i marina miljöer och påverkar fiskar, marina däggdjur och ryggradslösa djur genom störningar av kommunikation, födosök och andra viktiga beteenden. Fritidsbåtar är en betydande men i stor utsträckning förbisedd källa till undervattensbuller, särskilt i grunda och kustnära områden där biologiska värden ofta är höga och där fritidsbåtstrafiken är som mest intensiv under sommarhalvåret. Även om en enskild fritidsbåt genererar mindre buller än ett större fartyg kan den samlade effekten av många båtar på en begränsad yta leda till bullernivåer som riskerar att orsaka negativ ekologisk påverkan. I vissa kustmiljöer dominerar fritidsbåtar den akustiska ljudbilden och deras undervattensbuller kan påverka känsliga arter såsom torsk, sill, tumlare och kustlevande fiskarter. Särskilt problematiskt är att fritidsbåtars undervattensbuller i dag inte ingår i bedömningen av god miljöstatus enligt havsmiljödirektivet, vilket innebär att den totala exponeringen sannolikt underskattas.

Rapporten visar att hastighet är den enskilt viktigaste faktorn för hur mycket undervattensbuller en fritidsbåt genererar, men sambanden är komplexa och skiljer sig mellan olika skrovtyper och konfigurationer. Tekniska faktorer som propellerdesign, skrovform, trim och vibrationsöverföring från drivlina har också stor betydelse. Det finns samband mellan buller, kavitation och energieffektivitet, vilket innebär att åtgärder som minskar energiförluster även kan bidra till minskat undervattensbuller. Samtidigt konstaterar rapporten att kunskapsläget är begränsat. Det saknas etablerade källmodeller för fritidsbåtar, tillförlitliga bullerkartor för kustnära miljöer och systematiska utvärderingar av hur effektiva olika bullerreducerande åtgärder är. Kunskapen om faktiska biologiska effekter, särskilt för ryggradslösa djur, är fortfarande begränsad.

Mot bakgrund av detta pekar rapporten ut tre huvudsakliga spår för det fortsatta arbetet med att minska fritidsbåtars miljöpåverkan från undervattensbuller:

- Utveckla metoder och underlag för att kartlägga och bedöma miljöpåverkan av fritidsbåtars undervattensbuller och inkludera detta buller i nationella och regionala miljöbedömningar.
- Prioritera åtgärder och teknisk utveckling där tydliga synergier med energieffektivitet och andra miljömål eftersträvas, såsom sänkt hastighet, förbättrad propellerdesign och minskat hydrodynamiskt motstånd.

- Gynna utvecklingen av styrmedel, kunskapsspridning och samhällelig förankring, där information, incitament och legitimitet hos båtägare, tillverkare och andra aktörer bedöms vara avgörande för att åtgärder ska få genomslag i praktiken.

Gemensamt för dessa spår är att de förutsätter en stärkt kunskapsbas kring biologiska effekter, tillgång till kostnadseffektiva mätmetoder samt utveckling av numeriska metoder och källmodeller. Dessa aspekter utgör genomgående förutsättningar för att arbetet ska kunna bedrivas på ett effektivt och kunskapsbaserat sätt.

Summary

Underwater noise is a growing environmental pressure in marine environments and affects fish, marine mammals, and invertebrates by interfering with communication, foraging, and other essential behaviours. Recreational boats constitute a significant but largely overlooked source of underwater noise, particularly in shallow and coastal areas where ecological values are often high and where recreational boating activity is most intense during the summer season. Although an individual recreational boat typically generates lower noise levels than a large commercial vessel, the combined effect of many boats operating within a limited area can result in noise levels that risk causing negative ecological impacts. In some coastal environments, recreational boats dominate the acoustic soundscape, and their underwater noise may affect sensitive species such as cod, herring, harbour porpoise, and other coastal fish species. A particular concern is that underwater noise from recreational boats is currently not included in assessments of Good Environmental Status under the Marine Strategy Framework Directive, which implies that total noise exposure is likely underestimated.

The report shows that vessel speed is the single most important factor influencing the amount of underwater noise generated by a recreational boat, although the relationships are complex and vary between different hull types and configurations. Technical factors such as propeller design, hull form, trim, and the transmission of vibrations from the drivetrain also play a significant role. There are clear links between noise, cavitation, and energy efficiency, meaning that measures aimed at reducing energy losses may also contribute to reduced underwater noise. At the same time, the report concludes that the current knowledge base is limited. There is a lack of established source models for recreational boats, reliable noise maps for coastal environments, and systematic evaluations of the effectiveness of different noise-reduction measures. Knowledge of actual biological effects, particularly for invertebrates, remains limited.

Against this background, the report identifies three main tracks for continued efforts to reduce the environmental impact of underwater noise from recreational boats:

- Develop methods and supporting data to map and assess the environmental impact of underwater noise from recreational boats and to enable the inclusion of this noise in national and regional environmental assessments.
- Prioritise measures and technological development where clear synergies with energy efficiency and other environmental objectives are sought, such as reduced speed, improved propeller design, and reduced hydrodynamic resistance.
- Promote the development of policy instruments, knowledge dissemination, and societal engagement, where information, incentives, and legitimacy among boat owners, manufacturers, and other stakeholders are considered crucial for measures to achieve practical uptake.

Common to these tracks is the need for a strengthened knowledge base on biological effects, access to cost-effective measurement methods, and the development of numerical methods and source models. These aspects constitute cross-cutting prerequisites for ensuring that future work can be carried out in an effective and knowledge-based manner.

Begrepp och förkortningar

Begrepp	Förklaring
<i>Automatic Identification System (AIS)</i>	Ett maritimt identifierings- och spårningssystem som använder VHF-baserade transpondrar på fartyg för att visa och dela information om fartyget och dess position, kurs och fart. Uppgifterna kan tas emot av andra fartyg, kuststationer, satelliter och används för sjösäkerhet, trafikledning och övervakning av fartygsrörelser.
<i>Cavitation Inception Speed (CIS)</i>	Den hastighet genom vattnet där kavitation uppkommer. På svenska används ibland termen kavitationsinsättning.
<i>Closest Point of Approach (CPA)</i>	Vid mätning av buller från båtar passerar båten längs en i förväg bestämd mätbana. CPA är den punkt där båten är som närmast mätuppställningen.
Direktivitet	Även riktverkan. Beskriver hur en ljudkälla fördelar ljudenergin i olika riktningar. En ljudkälla som fördelar ljudet lika i alla riktningar kallas <i>omnidirektionell</i> , medan en som inte gör det kallas <i>direktiv</i> .
Havsmiljödirektivet (HMD)	Havsmiljödirektivet eller <i>Marine Strategy Framework Directive (MSFD)</i>, är EU:s gemensamma regelverk för havsmiljön. Det är införlivat i svensk lagstiftning via havsmiljöförordningen. Syftet med havsmiljödirektivet är att uppnå eller upprätthålla en god miljöstatus, eller <i>Good Environmental Status (GES)</i>, i Europas havsområden. Ett av de elva ämnesområdena som

	utvärderas handlar om undervattensbuller.
Kavitation	Kavitation uppstår när trycket i en vätska sjunker under ångtrycket, vilket leder till att ångbubblor bildas och sedan kollapsar i propellerflödet när trycket stiger. Denna kollaps sker ofta mycket snabbt och genererar tryckvågor som sprider sig som ljud i vattnet. Bullrets karaktär beror på vilken typ av kavitation som förekommer.
Kavitationsinsättning	Den hastighet genom vattnet där kavitation uppkommer. Den engelska termen används ofta, <i>Cavitation Inception Speed</i> med tillhörande förkortning CIS.
Källstyrka (eng. <i>Source level</i>)	Ljudtrycksnivån på en meters avstånd från en ljudkälla, vanligtvis baserad på mätningar på längre avstånd med korrektion för propageringsförluster. Källstyrka kan anges som bredbandig totalnivå eller som en funktion av frekvens. Enheten för källstyrka är dB re 1 μPa m.
<i>Lloyd's mirror</i> -effekten	<i>Lloyd's mirror</i> -effekten är en effekt av interferens mellan ljud som utbreder sig direkt från en källa och ljud från samma källa som reflekterats i vattenytan. Effekten är starkt destruktiv för källor nära ytan, låga infallsvinklar till mottagaren och låga frekvenser. Vid högre frekvenser kan effekten variera mellan konstruktiv och destruktiv interferens. Eftersom fritidsbåtar går relativt grunt i vattnet blir <i>Lloyd's mirror</i> -effekten

	ofta påtaglig när bullret från en fritidsbåt sprider sig i omgivningen.
<i>Level of Onset of Biological adverse Effects (LOBE)</i>	Ett tröskelvärde som definierar när bullernivåer riskerar att orsaka biologiskt betydande negativa effekter. Genom att relatera detta till en arts habitatkarta och en bullerkarta för samma område kan den andel av ett område som överskrider tröskeln beräknas. LOBE används på så sätt som indikator på ekologisk påverkan och avgör om god miljöstatus uppnås enligt havsmiljödirektivet.
Maskering	Maskering är ett akustiskt begrepp som används inom många olika områden. I den här rapporten används det för att beskriva när mänskligt buller gör det svårare för djur att höra och använda sina egna ljud för kommunikation, födosök och andra funktioner. Hur stort kommunikationsutrymme djur förlorar går att beräkna eftersom det finns ett direkt samband mellan mängden buller de utsätts för och det avstånd på vilket de kan uppfatta ljudsignaler.
<i>Rigid Inflatable Boat (RIB)</i> eller <i>Rigid Hull Inflatable Boat (RHIB)</i>	En RIB-båt har ett styvt skrov med luftfyllda sidor, vilket gör den lätt jämfört med sin lastkapacitet.
<i>Underwater Radiated Noise (URN)</i>	Utstrålat undervattensbuller från en bullerkälla, till exempel en fritidsbåt.

Innehåll

FRITIDSBÅTARS UNDERVATTENSBULLER	1
ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA NEGATIV MILJÖPÅVERKAN.....	1
FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
BEGREPP OCH FÖRKORTNINGAR.....	7
INNEHÅLL	10
1 INLEDNING	12
1.1 Bakgrund.....	12
1.2 Syfte och frågeställningar	13
1.3 Metod	13
1.4 Avgränsningar.....	14
2 FRITIDSBÅTARS UNDERVATTENSBULLER PÅVERKAR DET MARINA DJURLIVET	14
2.1 Fritidsbåtars undervattensbuller är en betydande källa till störning	14
2.2 Undervattensbuller påverkar viktiga djurarter i svenska vatten	15
3 FRITIDSBÅTARS UNDERVATTENSBULLER, KÄLLOR OCH FAKTORER	19
3.1 En fritidsbåts undervattensbuller har flera källor	19
3.2 Ljudnivåer och spektra för fritidsbåtars undervattensbuller varierar stort	21
3.3 En fritidsbåts undervattensbuller är direktivt.....	22
3.4 Flera faktorer påverkar bullerutstrålningen från en fritidsbåt.....	22
3.4.1 Propellerdesign.....	22
3.4.2 Skrovtyp och hastighet	23
3.4.3 Drivlina och energikälla	25
3.4.4 Sjögång	26
4 ÅTGÄRDER SOM KAN REDUCERA FRITIDSBÅTARS UNDERVATTENSBULLER	27
4.1 Operativa åtgärder	27
4.1.1 Hastighetsbegränsning.....	27
4.1.2 Avlysning av fritidsbåtstrafik i känsliga områden.....	28
4.1.3 Skrovrengöring	28
4.1.4 Propellerunderhåll och rengöring	29
4.2 Tekniska åtgärder	29

4.2.1	Förbättrad propellerdesign	29
4.2.2	Bottenfärger med låg friktion	32
4.2.3	Vibrationsisolering av motorer och maskinell utrustning	32
4.2.4	Bärplansteknik	33
4.2.5	Alternativa framdrivningstekniker	33
4.2.6	Eldrift	34
4.2.7	Luftinjektionssystem	34
4.2.8	Trim och gångläge	35
5	VÄGEN MOT EN REDUKTION AV FRITIDSBÅTARS UNDERVATTENSBULLER OCH DESS MILJÖPÅVERKAN.....	35
5.1	Huvudspår i arbetet med att minska miljöpåverkan av fritidsbåtars undervattensbuller	35
5.2	Miljöpåverkan av fritidsbåtars undervattensbuller behöver utredas	37
5.3	Metoder för kartläggning av undervattensbuller från fritidsbåtar behöver vidareutvecklas	38
5.4	Bedömning av miljöstatus bör ta hänsyn till fritidsbåtars undervattensbuller	38
5.5	Källmodeller för fritidsbåtar behöver vidareutvecklas	39
5.6	Mät- och utvärderingsmetoder behöver standardiseras	40
5.7	Kostnadseffektiv mätteknik behöver utvecklas	40
5.8	Synergier mellan energieffektivitet och bullerreducering behöver identifieras och klargöras	41
5.9	Förändring kräver styrmedel, legitimitet och efterfrågan	41
6	SAMMANSTÄLLNING OCH SLUTSATSER FRÅN SEMINARIUM OM ÅTGÄRDER MOT FRITIDSBÅTARS UNDERVATTENSBULLER, 16 MARS 2026.....	43
	REFERENSER.....	44

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Undervattensljud utgör en viktig informationsbärare för många vattenlevande djur. Fiskar, marina däggdjur och ryggradslösa djur använder ljud för att orientera sig, kommunicera, lokalisera byten och undvika rovdjur. Vissa mänskliga aktiviteter skapar ljud under ytan, också kallat antropogent undervattensbuller, som förändrar det naturliga ljudlandskapet och riskerar att störa biologiska funktioner och som påverkar vattenlevande arters beteende, fysiologi och habitatutnyttjande.

Kommersiell sjöfart är den dominerande källan till kontinuerligt undervattensbuller i haven. Med kontinuerligt undervattensbuller avses långvarigt, i regel ihållande antropogent ljud som bidrar till en förhöjd bakgrundsnivå i hav och vattendrag. Även fritidsbåtar genererar kontinuerligt buller när de är i drift, men trafikmönstret skiljer sig från handelsfartygens. Fritidsbåtar rör sig främst i kustnära och ofta ekologiskt känsliga områden, med större variation i hastighet och riktning samt mer oregelbunden förekomst. Under perioder med gynnsamma väderförhållanden kan trafiken vara intensiv i populära områden. En enskild fritidsbåt ger normalt upphov till lägre total ljudnivå än ett större fartyg, men med relativt mer energi i mellan- och högfrekventa band. Sammantaget motiverar dessa skillnader en särskild analys av fritidsbåtars undervattensbuller och dess miljöpåverkan.

Många båtägare har begränsad kunskap om att en fritidsbåt genererar undervattensbuller, eftersom detta i regel inte märks ombord. Det är också sällsynt att båtillverkare känner till eller redovisar uppgifter om hur mycket undervattensbuller som en fritidsbåt strålar ut. Som konsument är det därför svårt att väga in ljudpåverkan under ytan vid köp, ombyggnad eller modifiering av en båt. Samtidigt ökar efterfrågan på miljömässigt hållbara lösningar (Gipperth och Sjöholm, 2021). I Båtlivsundersökningen 2020 uppgav 39 % av båtägare att de önskar mer kunskap om hur man minskar sin miljöpåverkan (Lagerqvist, 2021)¹.

Där den internationella sjöfarten pågår året runt, dygnet runt på djupt vatten, är båtlivet istället säsongsbetonat, koncentrerat till dag- och kvällstid vid lugna väderförhållanden i grunda och skyddade kustområden (Wilson, Pine och Radford, 2022; Hendricks *m.fl.*, 2025). Fritidsbåtar påverkar därmed delvis andra marina miljöer, under andra tidsperioder och delvis inom andra frekvensområden än den storskaliga sjöfarten.

¹ I den senaste undersökningen från 2025 har siffran sjunkit till 6 % men frågan ställdes på ett lite annat sätt (Nygren Greus, 2025).

Mätningar av undervattensbuller i populära områden för fritidsbåtar visar att ljudmiljön kan domineras av mindre båtar utan AIS-sändare och att bullernivåerna är tillräckligt höga för att orsaka negativ påverkan på marin fauna (Hermannsen *m.fl.*, 2019; Wilson, Pine och Radford, 2022; Johansson *m.fl.*, 2024).

Att undervattensbuller utgör en slags miljöförorening är en relativt ny insikt och det finns ännu inga bindande regelverk för att begränsa eller kontrollera undervattensbuller från kommersiella fartyg eller fritidsbåtar. Fritidsbåtars undervattensbuller tas dessutom inte med i bedömningen av våra havsbassängers miljöstatus med avseende på undervattensbuller, eftersom det inte finns några etablerade metoder för att kartlägga detta buller och hur det påverkar miljön. Detta är en betydande kunskapsbrist som behöver åtgärdas. Denna rapport vill beskriva kunskapsläget och peka ut en möjlig väg framåt mot att fritidsbåtars undervattensbuller kan tas med i miljöbedömningar och, där behov finns, begränsas.

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna rapport är att sammanställa och tillgängliggöra befintlig kunskap om fritidsbåtars undervattensbuller. Rapporten ska utgöra ett underlag för Transportstyrelsens fortsatta arbete och en preliminär version ingår som diskussionsmaterial för ett seminarium som kommer att arrangeras i mars 2026.

Rapporten ska belysa vilka tekniska och operationella åtgärder som kan minska undervattensbuller från fritidsbåtar i svenskt territorialvatten och, där det är möjligt, i svensk ekonomisk zon. Åtgärderna ska beskrivas utifrån ett kort och ett längre tidsperspektiv samt med fokus på eventuella synergier med andra miljömål, till exempel energieffektivitet.

Rapporten riktar sig till ett brett spektrum av mottagare: båtorganisationer, tillverkare, båtägare, beslutsfattare och myndigheter.

1.3 Metod

Fritidsbåtars undervattensbuller är betydligt mindre studerat än det buller som den kommersiella sjöfarten och enskilda fartyg ger upphov till, och litteratur som är specifikt inriktad på fritidsbåtar är ytterst begränsad. Rapporten baseras därför även på material som berör större fartyg efter en bedömning om relevansen för fritidsbåtar. Utgångspunkten har varit IVL:s interna litteraturlösningsdatabas som sedan utökats under arbetet med nypublicerat material. Författarnas ambition har varit att också lyfta in den senaste kunskapen från pågående initiativ och projekt. I arbetet har generativa AI-verktyg använts som stöd för språklig bearbetning och strukturering av text. Författarna ansvarar fullt ut för innehållet.

Som del i Transportstyrelsens arbete med denna kunskapssammanställning ingår även ett seminarium med branschföreträdare och intressenter. En sammanställning av resultatet kommer att ingå i den publicerade rapporten. (Deltagarna kommer få ta del av en preliminär rapport att använda som diskussionsunderlag).

1.4 Avgränsningar

Författarnas uppdrag var att göra en uppdelning av åtgärdsförslag på kort sikt respektive lång sikt, samt explicit belysa konkreta förslag för svenskt territorialvatten och ekonomisk zon. Då få av de studier som vi funnit har varit tydliga på dessa punkter har detta varit svårt att uppfylla.

2 Fritidsbåtars undervattensbuller påverkar det marina djurlivet

Detta kapitel ger en översiktlig bakgrund till hur fritidsbåtars (och fartygs) undervattensbuller kan påverka olika grupper av marina djur i svenska havsområden. Fokus ligger på övergripande påverkningsmekanismer och ekologisk betydelse, medan art-exemplen är illustrativa snarare än heltäckande.

2.1 Fritidsbåtars undervattensbuller är en betydande källa till störning

Den globala marina ljudbilden har förändrats under de senaste århundradena, i takt med industrialisering och ökad mänsklig aktivitet (Duarte *m.fl.*, 2021). Ett dynamiskt och naturligt ljudlandskap har utvecklats till att i ökande grad domineras av kontinuerligt, lågfrekvent buller från mänskliga källor, bland annat fartyg och fritidsbåtar. Många marina arter är beroende av ljud för att orientera sig, kommunicera och hitta föda, och den ökade bullernivån kan påverka dessa funktioner på individ- och populationsnivå. För kustområden, där fritidsbåtar ofta utgör den dominerande bullerkällan, blir frågan om hantering och riktade förvaltningsåtgärder särskilt relevant.

En omfattande översikt av undervattensbuller och dess påverkan på marina organismer med fokus på svenska förhållanden gjordes 2023 (Johansson *m.fl.*, 2023). Rapporten beskriver dokumenterade effekter för olika arter och typ av påverkan, till exempel beteendeförändringar som flyktbeteende, försämrat födosök, tillfällig hörselnedsättning, samt typiska ljudnivåer och relevanta frekvensområden för bullerpåverkan på olika arter och artgrupper. Sårbarheten för undervattensbuller varierar avsevärt mellan djurgrupper och arter beroende på skillnader i hörselsystem och vilka frekvensområden de kan uppfatta. Negativa effekter uppstår i första hand när bullrets

frekvensinnehåll överlappar artens hörselområde och överstiger dess detektionströskel, men även arter som inte har några hörselreceptorer kan påverkas av undervattensbuller. Därtill tillkommer att bullerkänsligheten kan variera mellan olika livsstadier, tider på året och typ av aktivitet, exempelvis jakt eller lek.

Enligt Moksnes m.fl. (2019) är fritidsbåtars undervattensbuller en betydande störningskälla i svenska grunda kustvatten där det kan påverka fisk, marina däggdjur och ryggradslösa djur. Bullret är särskilt problematiskt i vågskyddade områden med höga naturvärden där småbåtstrafik kan bidra till att störa naturliga beteenden, habitatval, reproduktion och överlevnad av tidiga livsstadier hos känsliga arter. Rapporten pekar på att undervattensbuller, tillsammans med svall, bottenpåverkan och fysisk exploatering, utgör en kumulativ belastning som behöver hanteras för att bevara kustekosystemens funktion och biologiska mångfald.

Statusen för marina arter och livsmiljöer i svenska hav är i många fall kritisk. Enligt Havs- och vattenmyndighetens *Marin strategi för Nordsjön och Östersjön 2024–2029* (2024b) uppnår huvuddelen av de utvärderade arterna av marina däggdjur, fisk och sjöfåglar inte god miljöstatus, det vill säga vi har inte livskraftiga marina ekosystem. Särskilt allvarlig är situationen för tumlare, där ingen av de tre populationerna som förekommer i svenska vatten bedöms ha god status. Den akut hotade Östersjöpopulationen är mycket liten och fortsatt utsatt för en kombination av påverkan, bland annat bifångst, miljögifter, försämrade bytesfisktillgång och bullerstörningar. Även för sälar och flera fiskarter är läget ansträngt.

Undervattensbuller verkar inte isolerat, utan som en av flera samtidiga belastningar på ekosystemen. För arter som redan är utsatta för andra stressfaktorer kan buller ytterligare minska möjligheterna till överlevnad. Effekter på individ- och populationsnivå kan därigenom i förlängningen påverka ekosystemens struktur och funktion. Både i regionala bedömningar och vetenskapliga översikter diskuteras att sådana förändringar potentiellt kan få betydelse för ekosystemtjänster, exempelvis tillgången på biomassa och fiskeresurser, även om osäkerheterna på systemnivå fortfarande är betydande (Maruf och Gullett, 2022; OSPAR, 2023).

2.2 Undervattensbuller påverkar viktiga djurarter i svenska vatten

I detta avsnitt redovisas exempel på hur undervattensbuller kan påverka utvalda djurarter i svenska vatten. Genomgången är illustrativ snarare än heltäckande. De flesta studier av undervattensbullers biologiska effekter har genomförts med fokus på större fartyg. De grundläggande mekanismerna, såsom maskering av akustisk kommunikation, störning av beteenden och påverkan på reproduktiva processer, bedöms dock i första hand vara

kopplade till bullrets egenskaper snarare än till båtens storlek i sig. Fritidsbåtar uppvisar generellt ett bredare och mer högfrekvent spektrum än fartyg och något lägre typiska ljudnivåer, men variationen är stor och överlapp förekommer. Mot denna bakgrund kan resultat från studier av fartygsbuller vara relevanta även för bedömningar av fritidsbåtars påverkan, trots kvarstående kunskapsluckor.

Torsk (Gadus morhua) spelar en central roll både i ekosystemen och för människan. Torsk både hör och vokaliserar lågfrekventa ljud och använder akustisk kommunikation, främst i samband med lek. Sierra-Flores m.fl. (2015) kunde visa att torsk uppfattar antropogent ljud i frekvensområdet 100–1000 Hz och att upprepad bullerexponering under lekperioden kan minska äggproduktion och befruktningsgrad och minska mängden livskraftiga embryon. Stanley m.fl. (2017) fann att de lekplatser man gjorde inspelningar vid hade förhöjda nivåer av lågfrekvent undervattensljud från fartygstrafik och man kunde visa att det effektiva kommunikationsutrymmet för torsk krympte vilket kan få negativa konsekvenser för arten, speciellt under biologiskt känsliga perioder. Under lekperioden uppvisar dessutom torsk en hög platsbundenhet vilket gör att möjligheten att undvika buller genom att simma undan kan vara begränsad (McQueen m.fl., 2024). En sammanställning av bullers påverkan på fiskars reproduktion kom fram till att kontinuerligt buller, typiskt från intensiv fartygstrafik, har större potential att maskera kommunikation än intermittent buller (de Jong m.fl., 2020). Dessutom bedöms fiskarter som använder lågfrekventa kommunikationssignaler, såsom torsk, vara mer sårbara. Sammantaget bedöms den akustiska miljön för torsk vara så viktig för svensk havsförvaltning att ett specifikt gränsvärde för god miljöstatus tillämpas i områden där torsklek kan förekomma (Havs- och vattenmyndigheten, 2024a).

Sill (strömming i Östersjön) (Clupea harengus) är en av de viktigaste nyckelarterna i svenska kustekosystem och spelar en avgörande roll som bytesfisk för rovfisk, säl och sjöfågel. Arten är också särskilt känslig för undervattensbuller eftersom den, liksom andra sillfiskar, har en förbindelse mellan simblåsan och innerörat som ger god hörselförmåga i låga och medelhöga frekvenser (Popper och Hawkins, 2019). I en tidig experimentell studie visade Schwarz och Greer (1984) att stillahavssill (*Clupea pallasii*) uppvisade undvikandebeteende vid exponering för lågfrekvent fartygsbuller (0–3000 Hz, 75–112 dB re 1 µPa) från större fartyg med konstant fart. Däremot observerades ingen tydlig respons på högfrekventa ljud från sonar och ekolod, vilket överensstämmer med artens begränsade hörsel i dessa frekvensområden.

Tumlare (Phocoena phocoena) är den enda valarten som lever permanent i svenska vatten och utgör en viktig del av kustekosystemen. Arten har höga

krav på födotillgång och en låg reproduktionstakt, vilket gör den särskilt känslig för mänsklig påverkan. Enligt Artdatabanken är bifångst i fiskeredskap idag det allvarligaste hotet (SLU Artdatabanken, 2025). Miljögifter utgör fortsatt en betydande belastning, särskilt för Östersjöpopulationen. Tumlare har ett brett hörselspann från cirka 200 Hz till 180 kHz, med högst känslighet i det högfrekventa området mellan cirka 100 och 140 kHz, vilket sammanfaller med frekvensen för artens ekolokaliseringssklick (Kastelein *m.fl.*, 2002; El-Dairi, Outinen och Kankaanpää, 2024). En studie från Danmark visade att fritidsbåtar utan AIS kan dominera undervattensbullret i kustnära områden, i ett specifikt sund var de ansvariga för upp till 85 % av de ljudhändelser som skulle påverka en tumlares beteende om den var i närheten (Hermannsen *m.fl.*, 2019). Fler studier har tittat på påverkan av undervattensbuller från fartyg. Wisniewska *m.fl.* (2018) dokumenterade att buller från passerande fartyg kan leda till avbrutet födosök och ökad simaktivitet hos tumlare, och Tougaard *m.fl.* (2015) konstaterade att tumlare påverkas av kontinuerligt lågfrekvent buller. Pigeault *m.fl.* (2024) visar att tumlare i Nordsjön tenderar att undvika områden med tät fartygstrafik. Koschinski *m.fl.* (2024) sammanfattar att kontinuerligt undervattensbuller kan ge upphov till beteenderesponser hos tumlare, inklusive maskering av biologiskt viktiga ljud och störningar i födosöksbeteende. Upprepad eller frekvent störning kan därigenom få konsekvenser för individers energibalans, vilket i förlängningen kan påverka överlevnad och reproduktion. Den lilla och akut hotade Östersjöpopulationen är särskilt sårbar för ytterligare störningar, inklusive undervattensbuller.

Mört (*Rutilus rutilus*) och abborre (*Perca fluviatilis*) är två vanliga arter i svenska kust- och sötvattensmiljöer. Mörtten har en välutvecklad hörsel med hög känslighet för lågfrekvent ljud (500–1000 Hz) men även viss känslighet för ljud upp till flera kHz. Abborre har en lägre känslighet för ljudtryck, och ett mer begränsat frekvensspann med högst känslighet runt 200–300 Hz och en övre gräns runt 300–1000 Hz. Denna skillnad beror på att mört, till skillnad från abborre, har en koppling mellan simblåsa och innerörat, vilket ökar känsligheten för ljudtryck (Amoser, Wysocki och Ladich, 2004). I en svensk studie undersöktes hur de två arterna reagerade på buller från en utombordsmotor under födosök i en naturlig havsvik. Resultaten visade att mört reagerade tydligare och mer konsekvent på buller, med färre födosöksförsök, längre tid innan den vågade sig ut i det öppna och större tidsandel i vegetationen. Abborre minskade initialt sitt födosök vid buller men verkade sedan vänja sig vid situationen (Magnhagen, Johansson och Sigray, 2017).

Lerstubb (*Pomatoschistus microps*) är en liten kustlevande fisk som förekommer i grunda marina och brackvattnensmiljöer längs den svenska

västkusten, Öresund och i södra Östersjön. Arten använder akustisk kommunikation i samband med parning och studier av den närbesläktade arten bergstubb (*Pomatoschistus pictus*) visar att den producerar lågfrekventa ljud, i intervallet cirka 80–300 Hz, och har högst hörkänslighet i det området mellan ungefär 15 och 400 Hz (Popper och Hawkins, 2012). Laboratoriestudier visar att kontinuerlig exponering för bredbandigt undervattensbuller med frekvensinnehåll som liknar båt- eller fartygsbuller kan fördröja lekbeteenden och minska sannolikheten för lek (Blom *m.fl.*, 2019). En senare studie visade att samma bullerexponering kan påverka tidiga livsstadier av arten. Kontinuerligt buller resulterade i en romläggning som innehöll färre ägg och täckte en mindre yta. Dessutom kläcktes de larver som exponerats under sin rom-tid, med mindre gulesäcksvolym jämfört med de som exponerats för intermittent buller eller kontrollbehandling, det vill säga inget tillsatt buller (Blom *m.fl.*, 2024).

Pågående nationella projekt

Det nya forskningsprojektet ShrimpNoise tar sig an en av de största kunskapsluckorna inom undervattensbuller: hur ryggradslösa djur som kräftdjur, musslor och ostron påverkas av ljud från fartyg och fritidsbåtar i kustnära miljöer. Trots att ryggradslösa djur dominerar den marina faunan och har centrala ekologiska funktioner saknar vi idag insikter om hur de påverkas av undervattensbuller. I projektet utvecklas en ny typ av försöksuppställning som gör det möjligt att styra och återskapa fartygs- och båt ljud på ett kontrollerat och naturtroget sätt. Målet är att ta fram tillförlitliga data om vilka ljudnivåer som leder till beteendeförändringar eller andra effekter hos typiska arter som både har ett stor ekologiskt, och ett direkt ekonomiskt, värde. Denna typ av kunskap saknas till stor del i dag men är nödvändig för att bedöma risker, utvärdera åtgärder och utforma effektiva förvaltningsstrategier, exempelvis hastighetsbegränsningar och regleringar i skyddade områden. ShrimpNoise finansieras av Formas och genomförs under 2025–2029 av IVL Svenska Miljöinstitutet i samarbete med Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet.

Det regionala projektet 8+fjordar² är ett pågående initiativ som syftar till att öka kunskapen om mänsklig påverkan i grunda fjord- och kustmiljöer, med fokus på bland annat fritidsbåtstrafik och biologiska värden. Inom ramen för projektet pågår akustisk övervakning i utvalda fjordar. Parallellt samlas biologiska data in, bland annat genom registrering av tumlarförekomst samt uppföljning av fiskrörelser med telemetri där man spårar märkta individer som är försedda med akustiska sändare. Projektet har även kommunicerat ambitioner att på sikt undersöka och testa olika lösningar för bullerdämpning i grunda vikar (Blom, 2025). Inom ramen för 8+fjordar görs även omfattande kombinationsförsök i kontrollerad laboratoriemiljö på hur

² <https://www.8fjordar.se/>

fisk i olika levnadsstadier påverkas av både småbåts- och fartygstrafik, där undervattensbuller är en av faktorerna som undersöks. Projektet finansieras av Havs- och vattenmyndigheten och studierna genomförs under 2025–2026 av SLU Svenska Lantbruksuniversitetet och IVL Svenska Miljöinstitutet.

3 Fritidsbåtars undervattensbuller, källor och faktorer

Kapitlet syftar till att ge läsaren en förståelse för mekanismer som genererar undervattensbuller, med fokus på fritidsbåtar, karaktäristika hos fritidsbåtars undervattensbuller, samt vilka faktorer som påverkar hur mycket en båt bullrar. För en beskrivning av undervattensljud från olika naturliga och mänskliga källor hänvisas läsaren till Erbe m.fl. (2025).

3.1 En fritidsbåts undervattensbuller har flera källor

Undervattensbuller från fritidsbåtar skapas av ett flertal olika mekanismer.

Buller från motor, drivlina och växellåda dominerar ofta vid låga hastigheter. Detta buller skapas när vibrationer från motor, växellåda och drivlina leds ner i vattnet via strukturvibrationer i skrov och via drivlinan. Bullret har ofta starka tonala komponenter vid låga frekvenser. De kan ofta ses vid multiplar av olika rotationsvarvtal, såsom motorvarvtalet, motorns tändfrekvens och rotationsvarvtal i växlar och drev, och är en viktig del av fartygs undervattensbuller vid låga hastigheter (Cruz m.fl., 2022; Smith och Rigby, 2022). Även för mindre fartyg och fritidsbåtar bidrar motorrelaterade komponenter till utstrålat buller (Hasenpflug m.fl., 2021; Johansson m.fl., 2024). I sin studie av en mindre fiskebåt betonar Helal, Fragasso och Moro (2024) att dieselmotorn är en betydande källa till undervattensbuller, främst genom strukturöverförda vibrationer.

Kavitation vid propellern kan generera både tonalt och bredbandigt buller. Vid höga hastigheter är ofta kavitationsbuller från propellern dominant (Hasenpflug m.fl., 2021; Johansson m.fl., 2024). Kavitation kan dock uppstå vid så låga hastigheter som 4 knop, och olika typer av kavitation kan vara dominerade vid olika hastigheter, vilket bidrar till att relationen mellan fart och undervattensbuller blir komplex och svår att förutsäga (Smith m.fl., 2025). Se nedan faktaruta om olika typer av kavitation.

En detaljerad studie av undervattensbuller från två RIB-båtar (*Rigid Inflatable Boat*) och en lotsbåt visade att *bubble induced*-kavitation uppträdde intermittent vid ungefär 4 knop när ytbubblor drogs ned i propellerströmmen (Smith m.fl., 2025). *Tip vortex*-kavitation förekom konsekvent på samtliga båtar från 6 knop och gav upphov till ökade ljudnivåer vid bladpassfrekvensen och dess övertoner, en bredbandig

förstärkning samt förhöjda nivåer av högfrekvent buller. *Cloud*-kavitation observerades för lotsbåten där det gav upphov till kortvariga bredbandiga pulser med en periodicitet nära bladpassfrekvensen. Fenomenet blev mer framträdande med ökande hastighet.

Det finns flera olika typer av **kavitation**:

Tip vortex-kavitation bildas vid spetsen av propellerbladen och kan observeras visuellt som spiralformade bubblor bakom bladet. Den kan uppstå och kvarstå över ett brett fartintervall där ljudet förskjuts i frekvens med ökande varvtal. Anses generellt som den viktigaste typen av kavitation för undervattensbuller från mindre båtar.

Sheet-kavitation kan vid hög belastning täcka stora delar av propellerbladets baksida, där undertryck skapas. Den kan ge kraftigt, ibland tonalt, buller.

Cloud-kavitation är en typ av kavitation där sammanhängande moln av ångbubblor bildas och kollapsar samtidigt i propellerflödet. Detta ger upphov till kortvariga, bredbandiga ljudpulser med hög intensitet. Förekommer främst vid hög propellerbelastning och höga hastigheter.

Hub vortex-kavitation uppstår bakom propellern, nära navet. Den kan minskas med t.ex. *Propeller Boss Cap Fins*.

Bubble induced kavitation är en mekanism där luftbubblor sugas in i propellerns tryckfält. Undervattensbuller kan uppstå när dessa bubblor hamnar i lågtryckszonen, expanderar, och efter en kort stund kollapsar. Det kan också vara en grupp bubblor som sugas in i *tip vortex*-spiralen och expanderar för att sedan kollapsa när virveln blir instabil (Smith *m.fl.*, 2025). Fenomenet är intermittent, kan ge korta pulser upp till omkring 150 dB re 1 μ Pa m och förekommer även vid hastigheter under kavitationsinsättningen.

Avgaser som leds ut genom propellerhubben (propellerns nav) på utombordare kan ge upphov till lågfrekvent buller (Svedendahl *m.fl.*, 2021). Smith *m.fl.* (2025) fann att avgaser kan bidra till undervattensbuller från fritidsbåtar med utombordsmotor, särskilt vid låg fart. På den testade RIB-båten, utrustad med utombordare, noterades ett tydligt bredbandigt buller under 300 Hz vid cirka 4 knop. Författarna kopplar detta till att avgaserna leds ut genom propellerhubben, vilket skapar en bubblslöja som sugas in i propellerdiskens lågtryckszon. Denna mekanism ger upphov till ett lågfrekvent ljud som är skilt från propellerkavitation. Vid högre hastigheter överskuggades det dock av kavitationsrelaterat buller.

Vatten som strömmar runt skrov, roder och drev ger upphov till *flödesbuller*, särskilt vid höga hastigheter. Detta buller är typiskt betydligt svagare än bullret från andra källor.

Högfrekventa komponenter i småbåtars buller kan härröra från *ekolod* och liknande utrustning, vilket har observerats i akustiska studier i kustnära miljöer (Wilson, Pine och Radford, 2022; Tougaard *m.fl.*, 2023).

Ultraljudsbaserade antifouling-system används i växande omfattning på fritidsbåtar och genererar kontinuerliga ljud i det högfrekventa området, vanligtvis mellan 20 och 40 kHz (Weilgart, 2023). Tekniken marknadsförs som ett miljövänligt alternativ till bottenfärger och finns tillgänglig för småbåtsägare. Flera studier indikerar dock att dessa ljud kan påverka marina organismer negativt, bland annat genom att skapa undvikandebeteende hos marina däggdjur och stressreaktioner hos ryggradslösa djur (Trickey *m.fl.*, 2022; Varello *m.fl.*, 2023; Koschinski *m.fl.*, 2024).

3.2 Ljudnivåer och spektra för fritidsbåtars undervattensbuller varierar stort

Fritidsbåtars undervattensbuller varierar med ett flertal olika faktorer (se avsnitt 3.4). Typiska totala källstyrkor ligger på cirka 150 dB re 1 μ Pa m för tystgående båtar till över 180 dB re 1 μ Pa m för de bullrigaste, där det övre spannet är jämförbart med källstyrkor från betydligt större fartyg (Parsons *m.fl.*, 2021; Picciulin *m.fl.*, 2022; Lagrois *m.fl.*, 2023; Shipton *m.fl.*, 2025).

Källstyrka kan anges som *Radiated Noise Level*, (*Monopole*) *Source Level* eller *Environment-Affected Source Level*.

Radiated Noise Level (RNL) är avsett att beskriva de ljudnivåer som ett fartyg ger upphov till i den omgivande miljön i närheten av fartyget och används bland annat för jämförelser mellan fartyg, uppföljning över tid samt verifiering mot krav eller kriterier. RNL mäts enligt standardiserade procedurer och inkluderar interferenseffekter mellan direktutstrålat ljud och yttreflektioner, den så kallade Lloyd's mirror-effekten.

Source Level (SL), ibland *Monopol Source Level* (MSL), är ett mer idealiserat mått och behöver anges tillsammans med ett källdjup för att kunna användas i beräkningar. Den främsta användningen av SL är i modelleringar av undervattensbuller och framtagning av bullerkartor.

Environment-Affected Source Level (ASL) är en förenklad bestämning av ljudutbredningseffekter som kan användas när man har flera mätningar av samma båt på olika avstånd (Parsons *m.fl.*, 2021). Man gör då en linjär regression för att räkna "tillbaka" till vad ljudtrycksnivån är på en meters avstånd.

Fritidsbåtars undervattensbuller kännetecknas generellt av ett bredare spektrum än större fartygs, med mer energi i mellan- och högfrekventa band (Parsons *m.fl.*, 2021; Shipton *m.fl.*, 2025). Denna skillnad behöver beaktas när man utvärderar båtlivets ekologiska påverkan och hur den skiljer sig

från sjöfartens, utöver såklart, att fritidsbåtars förekomst i tid och rum är annorlunda. Samtidigt är det viktigt att inte bortse från de låga frekvenserna, eftersom även små båtar kan generera betydande lågfrekvent energi (Parsons *m.fl.*, 2021; Lagrois *m.fl.*, 2023). Sammantaget uppvisar många fritidsbåtar en komplex ljudbild med tonala komponenter, bredbandigt brus och impulser över ett spektrum som kan sträcka sig till över 30 kHz, i kontrast till större fartygs mer lågfrekvensdominerade profil.

3.3 En fritidsbåts undervattensbuller är direktivt

Johansson et al. genomförde kontrollerade mätningar och kom fram till att de sju fritidsbåtarna som de mätte undervattensbuller från strålade relativt jämnt i alla riktningar, men de mätte inte rakt akterut (Johansson *m.fl.*, 2024). Studier som även mätt rakt akterut har funnit en tydligare riktverkan, särskilt vid frekvenser över 1 kHz där ljudnivån var högst rakt akterut från propellern och avsevärt lägre i sidled (Smith *m.fl.*, 2025). Skillnaden var mest påtaglig för tonala komponenter kopplade till propellerbladens rotation, medan bredbandigt buller visade en svagare direktivitet. Liknande mönster har observerats även för propellerkavitation på handelsfartyg, där ljudnivån är högst akterut på grund av att skrovet skärmar av framåt (Catineau *m.fl.*, 2022). Som kontrast finns ljudkällor som ekolod där direktiviteten är avsiktlig och ofta starkt nedåtriktad, med konsekvenser för såväl exponering som mätning och modellering.

3.4 Flera faktorer påverkar bullerutstrålningen från en fritidsbåt

Fritidsbåtar och mindre båtar kan grupperas efter ett flertal faktorer, bland annat längd, vikt, motorernas placering, antal motorer, motoreffekt, drivmedel, marschfart, skrovtyp, skrovform, skrovkonfiguration, skrovmaterial. Flera författare har försökt förutsäga en fritidsbåts undervattensbuller från dessa faktorer, med begränsad framgång (Parsons *m.fl.*, 2021; Picciulin *m.fl.*, 2022; Shipton *m.fl.*, 2025). Detta torde till stor del bero på att bullrets styrka och karaktäristika bestäms av egenskaper som är svåra att kompakt beskriva, såsom propeller- och skrovform och hur motorns upphängning är utformad.

Rapporten kommer nu att gå igenom olika faktorer som kan påverka en fritidsbåts undervattensbuller och den kunskap som finns kring var och en av dem.

3.4.1 Propellerdesign

Som nämnts är kavitation typiskt den dominerande källan till undervattensbuller för en fritidsbåt som färdas i marschfart. Kavitationens uppkomst och omfattning styrs av samspelet mellan propellerns utformning, skrovets geometri, vaken och den belastning som propellern arbetar under.

Propellerdesignen har därmed en central betydelse för det utstrålade undervattensbullret (American Bureau of Shipping, 2021; Smith och Rigby, 2022; Portillo-Juan *m.fl.*, 2024). Samtidigt rapporteras tekniska detaljer om propellerutformning sällan i akustiska studier, vilket begränsar möjligheterna att dra generella slutsatser. Studier som specifikt analyserar hur olika propellerdesigner påverkar fritidsbåtars undervattensbuller saknas.

Enklare tumregler för bullerreduktion utgår ofta från att jämna ut och minska belastningen på propellerbladen, exempelvis genom större propellerdiameter, fler propellerblad, svepta blad eller lägre rotationshastighet. Sådana åtgärder begränsas dock ofta av praktiska förutsättningar. En större propeller kan till exempel öka djupgåendet, vilket sällan är önskvärt för fritidsbåtar som ofta används i grunda vatten.

Propellrar utformas traditionellt med fokus på hög framdrivningseffektivitet, där designen bland annat begränsas av risken för kavitation och den erosion som kraftig kavitation kan orsaka. När även undervattensbuller inkluderas som designparameter blir avvägningarna mer komplexa. Samtidigt visar nyare studier att betydande reduktioner av undervattensbuller kan uppnås med liten eller ingen påverkan på framdrivningseffektiviteten genom anpassningar av propellerdesignen. Gaggero *m.fl.* (2025) kunde i sin retrofitstudie visa att en optimerad propeller, framtagen genom numerisk design, kunde minska det undervattensutstrålade bullret avsevärt utan att försämra effektiviteten jämfört med den ursprungliga propellern.

Vattenskotrar drivs typiskt med vattenjetsystem, vilka skiljer sig från propellerdrift genom att dragkraften skapas av en intern impeller, ett roterande pumphjul, som accelererar vatten genom ett utloppsmunstycke. De har betydligt lägre nivåer av undervattensbuller än propellerdrivna fritidsbåtar (Erbe, 2013; Johansson *m.fl.*, 2024). Modellskaletester av vattenjet indikerar dessutom att förändringar i hastighet har en begränsad inverkan på de uppmätta ljudnivåerna (Felli *m.fl.*, 2025).

3.4.2 Skrovtyp och hastighet

Tillgängliga studier pekar på skillnader i källstyrka mellan olika skrovtyper, där planande båtar i genomsnitt uppvisar något lägre nivåer än semi-deplacement- och displacementbåtar, samtidigt som variationerna inom varje kategori är betydande (Parsons *m.fl.*, 2021).

För båtar med *planande skrov* lyfts en stor del av skrovet ur vattnet av hydrodynamiska krafter vid en viss hastighet, planingshastigheten, med resultatet att vattenmotståndet minskar. Generellt ökar undervattensbullret med hastigheten upp till planing, men ökningen blir ofta mindre markant vid högre hastigheter (Parsons *m.fl.*, 2021; Johansson *m.fl.*, 2024). Utöver detta

karaktärsdrag är variationen stor inom gruppen planande båtar; även vid samma hastighet har en spridning på 20 dB rapporterats (Erbe *m.fl.*, 2016).

Smith, Grech La Rosa och Wood (2024) analyserade hur undervattensbullret från en RIB-båt varierade med hastighet över ett intervall från cirka 6 till 26 knop, med en planingshastighet på ungefär 16 knop. I studien observerades att den totala källstyrkan endast ökade i begränsad utsträckning med ökad hastighet. Författarna kopplar detta till flera samverkande faktorer kopplat till gångläget: När båten planar minskar den del av skrov och motor som är i kontakt med vattnet, vilket minskar effektiviteten i överföringen av skrovvibrationer till undervattensljud. Samtidigt förändras båtens gångläge så att propellern kommer närmare ytan, vilket förstärker *Lloyd's mirror*-effekten och leder till ökad dämpning av lågfrekvent ljudutstrålning.

I andra studier med planande båtar ökar den totala ljudnivån med farten, särskilt i de högre frekvensbanden, men ökningen är icke-linjär med ett starkt samband i låga hastigheter för att sen endast öka svagt, eller till och med minska, över planingshastigheten (Erbe *m.fl.*, 2016; Johansson *m.fl.*, 2024).

Ett *deplacementskrov* är utformat för att bära hela båtens vikt genom hydrostatisk lyftkraft enligt Arkimedes princip. *Deplacementsfarten* eller skrovhastigheten är den hastighet vid vilken båtens bogvåg motsvarar båtens längd i vattenlinjen. Då båten närmar sig skrovhastigheten blir det alltmer energikrävande att öka hastigheten ytterligare. Ett halvplanande skrov, *semi-deplacement*, lyfts delvis av hydrodynamiska krafter vid ökande fart vilket minskar motståndet jämfört med ett *deplacementskrov*, men det når inte samma lyft eller hastigheter som ett planande skrov. Ur ett akustiskt perspektiv innebär detta att undervattensbullret för *deplacements-* och *semi-deplacementskrov* ökar tydligt med hastigheten.

Även för *deplacementskrov* rapporteras en stor spridning av källnivåer (Parsons *m.fl.*, 2021). Kavitation är generellt den främsta källan till undervattensbuller även för båtar med denna typ av skrov, även om motorbuller kan vara dominant för långsamtgående båtar (Helal, Fragasso och Moro, 2024). För den *semi-deplacement* lotsbåt som undersöktes av Smith *m.fl.* (2024), ökade ljudnivån från 156 till 173 dB mellan 6 och 16 knop. Den högfrekventa delen av bullret visade en tydlig skalning med hastigheten upphöjt till sex. I en uppföljande studie kunde man visa att *tip vortex*-kavitation förekom redan vid låg fart och att *cloud*-kavitation utvecklades vid högre hastighet och propellerbelastning (Smith *m.fl.*, 2025). Övergången till *cloud*-kavitation var kopplad till ett tydligt språng i ökad bullernivå.

Segelbåtar är ofta utformade med displacementskrov. Då de vanligtvis framförs långsamt och med liten motorinsats tenderar ljudnivåerna att vara låga. Segelbåtarna i Parsons m.fl. (2021) hade en median källstyrka på cirka 156 dB re 1 μ Pa m.

Katamaranskrov och deras koppling till undervattensbuller har undersökts i några studier. Shipton m.fl. (2025) kunde inte finna statistiskt signifikanta skillnader mellan enskrovs- och katamaransegelbåtar. Johansson m.fl. (2024) rapporterade källstyrkor på omkring 158 dB re 1 μ Pa m för de två arbetsbåtar med katamaranskrov som ingick i studien. Dataunderlaget var för litet för att dra tydliga slutsatser om hur källstyrkan beror av hastigheten. Katamaranerna i Parsons m.fl. (2021) klassificerades som semi-displacement och hade en relativt hög källstyrka med en mediannivå på 163 dB re 1 μ Pa m.

Skrovets utformning påverkar i hög grad hur vattenflödet ter sig i området runt propellern. Hur strömningsfältet påverkar mindre båtars undervattensbuller är relativt outforskat. För större fartyg finns däremot ett antal studier som pekar på att optimering av skrovformen och propeller i designfasen kan skapa ett jämnare inflöde och minska kavitation, lågfrekvent ljudutstrålning och bränsleåtgång (Smith och Rigby, 2022; Tani och Marino, 2025). Även Portillo-Juan m.fl. (2024) betonar betydelsen av strömningsfältet och lyfter att snedställda inflöden kan ge en ojämn bladbelastning och förändrade kavitationsmönster. Detta kan enligt författarna öka ljudnivåerna med upp till 20 dB.

3.4.3 Drivlina och energikälla

I litteraturen finns indikationer på att motortyp och motorplacering kan påverka undervattensbullrets källstyrka, men resultaten är inte entydiga. Picciulin m.fl. (2022) fann att motoreffekt och placering hade större betydelse för de sju studerade båtarna än skrovform eller längd, med tydliga skillnader i frekvensinnehåll mellan inombords- och utombordsmotorer. Shipton m.fl. (2025) kunde däremot inte bekräfta dessa skillnader i sin studie som omfattade över tusen mindre båtar. När de tog hänsyn till faktorer som hastighet och längd skilde sig källstyrkan inte signifikant mellan båtar med inombordsmotor respektive utombordsmotor.

På senare år har elektrisk drift för fritidsbåtar blivit etablerad och utbudet växer stadigt, både för nyproduktion och för konversion av befintliga båtar³. Många användare anger att minskat luftburet buller är en av fördelarna med eldrift. Eldrivna fritidsbåtar använder i regel samma propellar som konventionellt drivna båtar. Vid hastigheter över kvavitationsinsättningen,

³ Se till exempel www.ellbat.org, www.skippo.se/elbat, <https://www.sverigesnatur.org/gron-guide/folj-med-strommen-valj-elmotor-till-baten/>

om kavitation dominerar undervattensbullret, bör därför undervattensbullret vara likartat oavsett motortyp. Den största skillnaden mellan eldrift och förbränningsmotor förväntas alltså för motorrelaterat buller vid låga hastigheter.

Parsons m.fl. (2021) rapporterade att den enda elbåt som ingick i deras metaanalys, en 10 meter lång passagerarbåt, hade den lägsta källstyrkan i hela data-setet. Den var dock bland de mest långsamtgående. Gaggero m.fl. (2024) jämförde en 8 meter lång trimaran, utrustad med två eldrivna utombordsmotorer, med en bensindriven motsvarande båt. Mätningarna gjordes i elbåtens relativt låga marschfart på 6 knop samt i 4 knop. Resultaten visar att den eldrivna båten var avsevärt tystare än den bensindrivna i en stor del av frekvensområdet. Elbåtens undervattensbuller uppvisade dock tydliga högfrekventa toner runt 10 kHz med övertoner upp till 40 kHz, vilka kan härröras till den pulsbreddsmodulering som används för att reglera elmotorernas effekt. Detta tonala buller kan ha en negativ påverkan på marina arter som är känsliga för höga frekvenser. Elbåtens ljudnivå minskade drastiskt när hastigheten sänkes två knop, vilket kopplas till minskad kavitation.

Ett växande antal fartyg använder dieselelektriska system, där dieselgeneratorer producerar el som driver en elektrisk framdrivningsmotor, ibland via batterilagring. Den viktigaste bullerreducerande funktionen i dessa system är möjligheten att montera generatorer avvibrerat, vilket minskar överföringen av strukturvibrationer till skrov och vatten. För fritidsbåtar är sådana system i regel inte realistiska, men erfarenheterna illustrerar hur motorrelaterat buller kan reduceras genom förändrad drivlineutformning.

3.4.4 Sjögång

Sjögång och kurs relativt vågorna påverkar båtens gångläge, belastning och förekomst av *slamming* (hårda slag från vågor vid kombinationer av hög fart och hårt väder), och kan därigenom påverka undervattensbullret. Smith, Grech La Rosa och Wood (2024) visade att ljudnivån från en planande RIB-båt varierade med upp till 6 dB beroende på om båten kördes i med- eller motsjö vid 18 knop. Erbe m.fl. (2016) observerade att inspelningar av en planande RIB-båt innehöll tidsmässiga variationer kopplade till att båten studsade i sjögången. Även om fler studier behövs för att bedöma hur generella sambanden är så indikerar studien att sjöförhållanden kan medföra betydande variation i bullerutstrålningen.

4 Åtgärder som kan reducera fritidsbåtars undervattensbuller

Detta kapitel sammanställer och diskuterar åtgärder som kan bidra till att minska undervattensbullret från fritidsbåtar. För många av dem saknas i dag kvantitativa data, speciellt för fritidsbåtar, och i dessa fall används erfarenheter från större fartyg där det bedöms vara relevant.

Syftet med åtgärderna är att minska fritidsbåtars negativa påverkan på marina ekosystem. För denna typ av buller bedöms påverkan på djurens beteende, såsom maskering, störning och förändrade habitatval, vara mer relevant än risken för direkta hörselskador. En minskning av den totala bullernivån leder inte nödvändigtvis till en proportionell minskning av den ekologiska påverkan, eftersom både bullrets frekvensinnehåll och tidsstruktur kan ha betydelse för hur olika arter påverkas.

Undervattensbuller är inte en kvardröjande förorening och åtgärder ger omedelbar effekt när de genomförs, vilket innebär att samtliga är relevanta även på kort sikt. Den avgörande frågan är i stället på vilken tidsskala åtgärder kan förväntas implementeras, vilket beror på komplexa samband som till stor del ligger utanför ramen för denna sammanställning. En möjlig väg framåt här kan vara att använda modellering av åtgärders effekter i avgränsade områden som underlag för denna typ av bedömningar.

4.1 Operativa åtgärder

Det här avsnittet beskriver åtgärder i form av styrmedel som kan införas av en beslutsfattare eller som frivilliga åtgärder som utförs av båtägare.

4.1.1 Hastighetsbegränsning

Hastighet är en av de mest betydelsefulla faktorerna för fritidsbåtars undervattensbuller. Flera studier visar att källstyrkan ofta ökar med hastigheten, även om sambandet inte är linjärt och kan variera kraftigt mellan olika båtar och driftförhållanden (Matzner *m.fl.*, 2010; Parsons *m.fl.*, 2020; Picciulin *m.fl.*, 2022; Lagrois *m.fl.*, 2023; Gaggero *m.fl.*, 2024; Johansson *m.fl.*, 2024; Shipton *m.fl.*, 2025). Chapuis *m.fl.* (2025) rapporterade nyligen fall där källstyrkan minskade med ökad hastighet.

Hastigheten påverkar även bullrets frekvensinnehåll. Vid låga hastigheter är ljudenergin ofta koncentrerad till lägre frekvenser, medan högre hastigheter ger ett bredare spektrum med tonala komponenter kopplade till propellerns och andra roterande delars varvtal (Erbe *m.fl.*, 2016; Picciulin *m.fl.*, 2022; Muhr, 2025).

Effekten av en generell hastighetsbegränsning är svår att kvantifiera eftersom effekten bland annat beror på skrovtyp. För planande båtar tyder

flera studier på att en hastighetsförändring har begränsad effekt på undervattensbullret när båten väl befinner sig i planande gångläge, vilket typiskt inträder vid hastigheter omkring 12–16 knop. För båtar med displacement- och semi-deplacementskrov bedöms däremot bullret i regel öka tydligare och jämnare med hastigheten.

Hastighetsbegränsningar kan påverka upplevelsevärden som är viktiga för många båtägare. Undersökningar visar att frihetskänsla och naturupplevelse fortsatt värderas högt i svenskt bätliv (Nygren Greus, 2025), och en hastighetsbegränsning skulle kunna tolkas som en inskränkning i denna frihet. Det saknas i dag analyser som väger sådana upplevelsevärden mot potentiella miljövinster i form av bland annat minskat undervattensbuller och bränsleförbrukning.

4.1.2 Avlysning av fritidsbåtstrafik i känsliga områden

En annan potentiell åtgärd för att reducera undervattensbuller är att avlysa ett område från fritidsbåtstrafik under hela eller delar av året. Avlysning används redan i många fågelskyddsområden och är en åtgärd som många båtägare är bekanta med. Samtidigt kan undervattensbuller spridas över relativt stora avstånd, vilket innebär att buller från båtar som trafikerar nära ett områdes gräns kan påverka ljudmiljön även innanför området. För att uppnå en faktisk reduktion av undervattensbullret inom ett avgränsat område kan det därför vara nödvändigt att avlysa ett större område än det som ska skyddas. Undervattensbullernivåer i marina skyddade områden har beskrivits i litteraturen och kan utgöra ett underlag för beslut om åtgärder, se exempelvis McKenna m.fl. (2024) som analyserade ljudmiljön i åtta marina skyddade områden. Däremot saknas det i dagsläget publicerade studier som empiriskt utvärderar effekten av avlysning av marina områden som explicit åtgärd för att minska undervattensbuller, särskilt i fall där även mindre båtar utan AIS omfattas av avlysningen.

4.1.3 Skrovrengöring

Regelbunden rengöring av biologisk påväxt på skrovet (*biofouling*) lyfts på många håll som en viktig och enkel åtgärd för att minska fartygs undervattensbuller och öka energieffektiviteten (Vard Marine Inc., 2023; Noise Control Engineering, LLC, 2025). Även ytbehandling av skrovet för att förhindra biofouling (*antifouling*) kan spela stor roll - en korrekt vald beläggning, anpassad efter fartygstyp och driftsprofil, ska kunna förbättra energieffektiviteten med upp till 5 % och ge en viss bullerreduktion (Vard Marine Inc., 2023).

Skrovrengöring kan minska motståndet genom vattnet för en fritidsbåt och kan därigenom potentiellt bidra till minskat utstrålat undervattensbuller. En majoritet av båtägarna vidtar någon form av åtgärd för att begränsa påväxt

på skrovet, där de vanligaste metoderna är förvaring på trailer eller manuell rengöring av båtbottnen (Lagerqvist, 2021). Det saknas i dagsläget studier som empiriskt undersöker hur skrovrengöring påverkar fritidsbåtars undervattensbuller. Principiellt innebär ett minskat motstånd att mindre framdriftsenergi krävs för att upprätthålla en given hastighet, vilket kan leda till lägre källstyrka. Om det minskade motståndet i stället utnyttjas till att öka farten kan nettoeffekten bli begränsad.

4.1.4 Propellerunderhåll och rengöring

Propellerunderhåll har framförts som en möjlig åtgärd mot fartygs undervattensbuller, speciellt vid skador eller påväxt (Vard Marine Inc., 2023). Samtidigt är sambandet mellan ytstruktur och undervattensbuller komplext (Zhu och Ma, 2024). Smith m.fl. (2024) jämförde ljudutstrålningen hos en fritidsbåt, en 5 m RIB-båt, med samma typ av propeller i tre olika tillstånd: nyskick, normalt sliten och med artificiell påväxt. Små skillnader i total källstyrka observerades mellan nyskick och normalt sliten propeller, medan propellern med artificiell påväxt uppvisade cirka 5 dB lägre totalnivå vid 6 knop. Författarna kopplade detta till reducerad kavitation till följd av förändrade yt- och flödesförhållanden. Resultatet bör tolkas med viss försiktighet eftersom den artificiella påväxten inte nödvändigtvis är representativ för naturlig biologisk påväxt. Vid högre hastigheter (10 knop) var skillnaderna dessutom små.

4.2 Tekniska åtgärder

Det här avsnittet beskriver tekniska åtgärder som kan införas på nya fritidsbåtar och i vissa fall som retrofits på existerande båtar. Notera att många båtar är äldre; i Båtlivsundersökningen 2020 är median-byggnadsåret för fritidsbåtar i Sverige 1991, alltså 29 år tidigare, och endast 15% av båtarna var mindre än tio år gamla (Lagerqvist, 2021). Detta gör att om åtgärder endast införs på nya båtar tar det lång tid innan dessa slår igenom fullt ut i miljön.

4.2.1 Förbättrad propellerdesign

Designförändringar av propellern kan spela en viktig roll för att minska undervattensbuller. Smith m.fl. (2025) belyser behovet av att begränsa kavitation för mindre båtar, speciellt *tip vortex*-kavitation som kan vara en betydande bullerkälla redan vid relativt låga hastigheter. Att byta propeller på en existerande båt är en möjlig åtgärd för att reducera undervattensbullret. För att den åtgärden ska bli så verkningsfull som möjligt behövs god förståelse av den miljö som propellern verkar i, speciellt vattenflödet runt skrov och propeller.

En av de mest centrala parametrarna som man vill påverka när man utvecklar båtar med lägre undervattensbuller är *Cavitation Inception Speed*,

(CIS). CIS anger den hastighet vid vilken kavitation först uppträder och är därmed starkt kopplad till undervattensbuller, se avsnitt 3.1. Eftersom kavitation generellt dominerar vid högre farter innebär en högre CIS att risken för kraftfull alstring av undervattensbuller kan skjutas till högre hastigheter.

Den civila kunskap som finns om optimering av propellrar för lågt undervattensbuller kommer uteslutande från fartygsbranschen. Under senare år har åtgärdsförslag sammanställts i flera översikter, vilka bland annat behandlar propellerdesign (Smith och Rigby, 2022; Vard Marine Inc., 2023; American Bureau of Shipping, 2025; Noise Control Engineering, LLC, 2025). En central princip är att minska bladbelastningen, särskilt vid bladspetsarna, vilket kan uppnås genom större propellerdiameter. Detta medför dock begränsningar kopplade till skrovgeometri och krav på avstånd till skrovet. Även specifika designåtgärder återfinns i litteraturen, exempelvis bakåtsvepta propellerblad som minskar belastningen vid bladspetsen, olika former av bladspetsmodifieringar, små hål i bladspetsen (*pressure pores*), optimering av bladprofilens stigningsvinkel (*pitch*), samt en så kallad *anti-singing edge* som hindrar att propellerbladet kommer i självsvängning.

Det empiriska stödet för flera av dessa åtgärder är dock begränsat och i många fall saknas oberoende verifiering i fullskala. Ingen av åtgärderna har heller hittills testats på fritidsbåtar. Eftersom propellrar för fritidsbåtar och fartyg bygger på samma grundprinciper så finns det ändå anledning att pröva deras överförbarhet, men det kräver systematiska jämförande mätningar.

Framdrivningseffektivitet är en central målsättning vid propellerdesign. För kommersiella fartyg är minskad bränsleförbrukning ett övergripande mål och de åtgärder mot undervattensbuller som prioriteras är i regel sådana som samtidigt bidrar till energieffektivisering (IMO, 2023). I detta sammanhang har senare studier uppmärksammat att minskad kavitation och lägre undervattensbuller inte alltid sammanfaller med hög framdrivningseffektivitet.

- Baudin m.fl. (2025) presenterade en optimeringsstudie där propellerutformningar utvärderades med avseende på både undervattensbuller och framdrivningseffektivitet, med särskilt fokus på frekvensområden relevanta för marina organisms hörsel. I studien jämfördes propellrar med standardiserade bladprofiler, baserade på etablerade NACA-profiler, med mer anpassade bladprofiler framtagna inom ramen för studien. Resultaten indikerade att bullerreduktion i flera fall var förenad med något ökat effektbehov, medan vissa anpassade bladprofiler uppvisade

potential för betydande bullerminskning utan tydlig försämring av verkningsgraden. Man noterade dock att dessa bladprofiler var förknippade med andra utmaningar och att resultaten behöver verifieras vidare.

- Foet (2025) genomförde en optimeringsstudie för ett containerfartyg där en familj av propellerutformningar analyserades med avseende på undervattensbuller och framdrivningseffektivitet. Resultaten visade att propellrar utan kavitation uppvisade lägre buller men också lägre effektivitet. För propellrar med hög verkningsgrad blev *tip vortex*-kavitation en betydande bullerkälla.

Det är viktigt att notera att de flesta propelleroptimeringsstudier bygger på numeriska beräkningar och modellförsök, där osäkerheter i kavitation- och bullermodellering kan påverka resultaten. Fullskalemätningar av undervattensbuller är fortfarande ovanliga, vilket begränsar möjligheten att verifiera de numeriska resultaten. Ett undantag är retrofit-studien inom PIAQUO-projektet, rapporterad av Tani och Marino (2025), och Gaggero m.fl. (2025), där en ny propeller optimerad för en mindre passagerarbåt utvärderades genom numerisk optimering och modellförsök. Det unika med studien är de efterföljande fullskalemätningarna där den nya propellern jämfördes med den befintliga. Resultaten visade godtagbar överensstämmelse mellan modellskala och fullskala för kavitationsrelaterade ljudkomponenter och att undervattensbullret kunde minskas avsevärt med marginellt försämrade framdrivningseffektivitet.

Propellerns verkningsgrad och det undervattensbuller som den genererar påverkas även av det strömningsfält som den verkar i och som skapas av skrov, roder och andra kringliggande strukturer. Inom fartygsbranschen har olika tekniska lösningar utvecklats för att optimera och nyttja flödet, till exempel *dysor* (rörliknande strukturer som placeras runt propellern), fenor eller utskott, och påbyggnader på propellernavet (Gaggero och Martinelli, 2021; Vard Marine Inc., 2023; Portillo-Juan m.fl., 2024; American Bureau of Shipping, 2025; Noise Control Engineering, LLC, 2025). Det är dock oklart vilka av dessa, om någon, som är lämpliga för fritidsbåtar.

För mindre båtar, specifikt med planande skrov, har både passiva och aktiva lösningar föreslagits som syftar till att minska motstånd samt förbättra trim och komfort (Eslamdoost, Larsson och Brown, 2021; Karimkhani, Ghassemi och He, 2025). Hur dessa åtgärder påverkar undervattensbuller är i dagsläget oklart, men en indirekt effekt via minskad propellerbelastning är möjlig.

Sammanfattningsvis visar litteraturen att propelleroptimering med avseende på undervattensbuller för fartyg är metodiskt komplex. För fritidsbåtar saknas i dag dokumenterade exempel på systematiska optimeringsstudier

med explicit fokus på undervattensbuller. Samtidigt bygger propellerutformning för fritidsbåtar och fartyg på gemensamma hydrodynamiska grundprinciper, vilket innebär att etablerade metoder i princip kan anpassas även till mindre båtar.

Utöver konventionell geometrisk optimering av propeller och flödesfält kan det på längre sikt även finnas potential i att studera propellerbladens ytbehandling och materialegenskaper (Asnaghi *m.fl.*, 2021; Zhu och Ma, 2024). Dessa angreppssätt är dock i dagsläget främst av forskningsintresse och saknar etablerade tillämpningar, särskilt för fritidsbåtar.

4.2.2 Bottenfärger med låg friktion

Bottenfärger för fritidsbåtar har länge varit ett problem, både för miljön som utsätts för utsläpp av koppar och för båtägarna själva då färgerna inte alltid varit så effektiva på att förhindra påväxt. Nyare silikonbaserade, biocidfria bottenfärger har visat god effekt mot påväxt i både Östersjön och på västkusten (Kim *m.fl.*, 2025; Ytreberg, 2025). De bygger på en ytstruktur som gör det svårt för organismer att fästa, utan att avge koppar eller andra biocider. Tester visar också att de har lägre giftighet för vattenlevande organismer än traditionella kopparfärger även de inte nödvändigtvis är helt fria från miljöpåverkan (Lagerström *m.fl.*, 2022).

Enligt tillverkare⁴ kan färgerna minska skrovets vattenmotstånd enligt, vilket i sin tur skulle kunna leda till lägre propellerbelastning. Om så är fallet finns en potentiell synergieffekt i form av minskat undervattensbuller. Inom den kommersiella sjöfarten lyfts skrovets ytbehandling och skrovrengöring ofta fram som åtgärder för ökad energieffektivitet och minskat undervattensbuller (Vard Marine Inc., 2023), men publicerade studier som verifierar och kvantifierar dessa effekter är begränsade.

4.2.3 Vibrationsisolering av motorer och maskinell utrustning

Strukturöverfört buller från motor och maskinell utrustning utgör en viktig källa till undervattensbuller, särskilt vid låga hastigheter. Vibrationsisolering syftar till att minska överföringen av vibrationer från motor och drivlina till skrov och vidare till det omgivande vattnet.

Effektiva åtgärder kan innefatta korrekt dimensionering av vibrationsisolerande upphängning och elastiskt montage av motor och maskinell utrustning (Guy *m.fl.*, 2024; Noise Control Engineering, LLC, 2025). Sådana lösningar är väletablerade inom buller- och vibrationskontroll i andra tillämpningar, men det saknas i dagsläget rena åtgärdsstudier där

⁴ <https://www.hempelyacht.com/sv-se/silic-one>

vibrationsisolering har implementerats på fartyg eller fritidsbåtar och där effekten på utstrålat undervattensbuller har kvantifierats.

Vibrationsisolering kan genomföras som retrofit, men åtgärdens effektivitet beror på flera faktorer, inklusive skrovets styvhet, motorinstallationens utformning och samspelet med övriga bullerkällor ombord. För fritidsbåtar utgör vibrationsisolering därmed en principiellt relevant men hittills sparsamt studerad åtgärd för att minska undervattensbuller.

4.2.4 Bärplansteknik

Bärplansteknik minskar kontaktytan mellan skrov och vatten och därmed motståndet vilket skulle kunna minska undervattensbullret. I Sverige utvecklas eldrivna fritidsbåtar med bärplansteknik av företaget Candela. De har visat sig ha en tyst drift ovan ytan och mycket lite svallvågor, men det saknas fortfarande studier som visar hur undervattensbullret påverkas. Företaget uppger att deras teknik ger en energibesparing på 80 %. Om det innebär att det går åt så mycket mindre energi för att driva båten i en viss hastighet jämfört med en konventionellt driven båt med samma lastkapacitet så borde detta medföra reducerat undervattensbuller. Tidigare erfarenheter från större bärplansfartyg tyder på att kavitation kring propeller och bärplansvingar kan bli en viktig bullerkälla vid högre hastigheter (Li *m.fl.*, 2019).

4.2.5 Alternativa framdrivningstekniker

Utöver konventionell propellerdrift har även alternativa framdrivningskoncept föreslagits i syfte att minska undervattensbuller.

Fendrift utforskas av det svenska företaget Dolprop Industries. De har ersatt propellern med en fena, som svänger fram och tillbaka. Fenans rörelsetakt är betydligt lägre än en propellers rotationshastighet. Dess stora yta jämfört med en propeller bidrar till att den kan uppnå god framdrivningseffekt trots sin låga rörelsetakt. Den lägre rörelsehastigheten jämfört med en propeller bör medföra reducerad kavitation, men det återstår att verifiera i mätningar.

Vattenjet används av vattenskotrar och vissa snabbgående fartyg och skiljer sig från propellerdrift genom att dragkraften skapas av en intern impeller, ett roterande pumphjul, som accelererar vatten genom ett utloppsmunstycke. Trots att vattenskotrar ofta uppfattas som bullriga ovan ytan visar de få studier som finns att deras undervattensbuller i flera fall är betydligt lägre än bullret från små propellerdrivna småbåtar i samma fartintervall. Jämförelsen haltar något eftersom vattenskotrar är betydligt mindre och lättare än fritidsbåtar. Vattenjet kan också vara mer energikrävande än propellerdrift, utom i mycket höga farter. Därför är vattenjetdrift troligen inte en lämplig åtgärd för att reducera fritidsbåtars undervattensbuller.

4.2.6 Eldrift

Eldrift hos fritidsbåtar kan i vissa situationer bidra till lägre undervattensbuller, men effekten är starkt beroende av den individuella båtens förutsättningar och driftförhållanden där olika bullerkällor generellt sett dominerar vid olika hastigheter. Vid låga farter, där strukturöverfört buller från motor och maskinell utrustning kan vara betydande, kan frånvaron av en förbränningsmotor innebära lägre undervattensbuller. Vid högre farter där kavitation dominerar är däremot skillnaderna i undervattensbuller mellan eldrift och konventionell drift i regel små.

En övergång till eldrift kan även påverka hur båten används. En tystare gång, det vill säga minskat luftburet buller, kan bidra till att själva färden blir mer njutbar och att en lägre marschfart kan accepteras. En lägre hastighet är i praktiken en av de mest effektiva åtgärderna för att minska undervattensbuller men effekten beror på båttyp och hur stor fartsänkningen är (se avsnitt 3.4.2). I samband med konvertering till eldrift bör dock potentiella nya bullerkällor beaktas, exempelvis från system som reglerar motorns effekt.

4.2.7 Luftinjektionssystem

Olika tekniker där luft injiceras i vattnet runt skrov eller propeller har demonstrerats på fartyg och kan möjligtvis på längre sikt även bli relevanta åtgärder mot undervattensbuller för fritidsbåtar, förutsatt att systemen vidareutvecklas för mindre skrov och lägre effektbehov.

Luftsmörjningssystem, *Air Lubrication Systems* (ALS), innebär att luft tillförs under skrovet för att skapa ett bubbellager mellan skrovytan och det omgivande. Tekniken har utvecklats med fokus på att minska friktion och därmed fartygs energiförbrukning, men fullskalemätningar på ett befintligt kryssningsfartyg har även visat på betydande minskning av undervattensbuller (Alvarez, 2025).

Inom projektet SATURN har även ett så kallat *masker*-system studerats i modellskala, där luftbubblor sprids under delar av skrovet i syfte att skapa en akustisk barriär mellan bullerkällor ombord och det omgivande vattnet. Försöken visar på att tekniken kan minska det utstrålade bullret markant men främst för högre frekvenser, och samtidigt noterades att framdrivningseffektiviteten minskade något (Lloyd, Lafeber och Bosschers, 2024; Bosschers *m.fl.*, 2025).

Inom SATURN-projektet har luftinjektion i ett band framför propellern studerats i modellskala med syfte att dämpa kavitationsrelaterat buller (Lloyd, Lafeber och Bosschers, 2024; Baudin *m.fl.*, 2025). Den tillförda luften förändrar kavitationsprocessen och kan även ge viss akustisk skärmning. Försöken visade på bullerreduktion, främst för lägre frekvenser,

men också på en viss försämring av framdrivningseffektiviteten. Det kan inte uteslutas att en liknande underliggande mekanism är verksam i det fall som diskuteras av Smith m.fl. (2024), där bubblor runt propellern kan ha fungerat som en akustisk skärm hos den fritidsbåt de studerade för ett driftsfall med lågt utstrålat undervattensbuller.

4.2.8 Trim och gångläge

En rad tekniska lösningar har föreslagits för att minska motstånd, förbättra trim och komfort hos planande skrov, både genom passiva konstruktioner och genom aktiv styrning (Karimkhani, Ghassemi och He, 2025). Även om det saknas publicerade studier som direkt kvantifierar effekterna på undervattensbuller kan åtgärder som leder till mer stabilt gångläge och minskad propellerbelastning potentiellt bidra till lägre bullerutstrålning. Ett exempel på en teknik som nyligen utvecklats i Sverige är den så kallade *Transom Pushing Device*, en struktur som placeras i recirkulationszonen bakom en våt akterspegel och som kan minska motståndet i lägre hastigheter för planande och semi-planande skrov (Eslamdoost, Larsson och Brown, 2021). Även för större fartyg ses trimoptimering som en effektiv åtgärd för att minska bränsleåtgång, propellerbelastning och undervattensbuller (Noise Control Engineering, LLC, 2025).

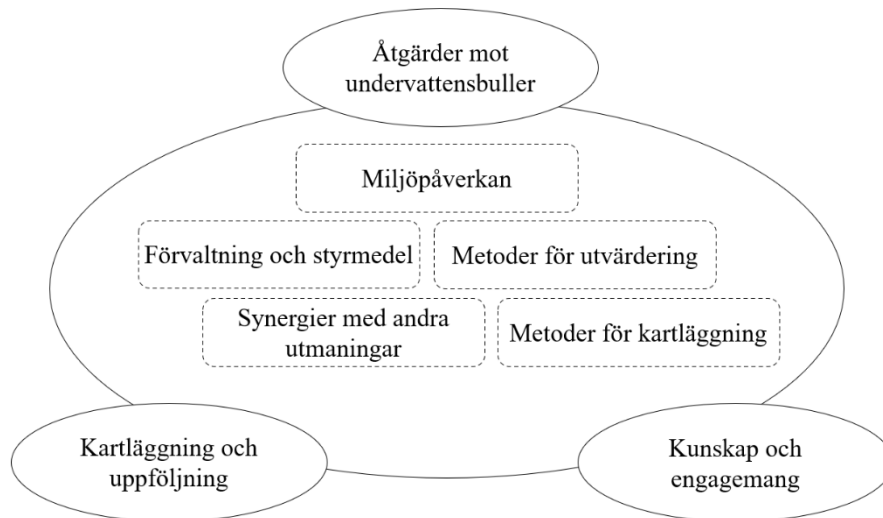
5 Vägen mot en reduktion av fritidsbåtars undervattensbuller och dess miljöpåverkan

Det föregående kapitlet beskrev olika åtgärder som kan bidra till att minska undervattensbullret från fritidsbåtar. För att sådana åtgärder ska vara relevanta och leda till faktisk miljönytta krävs dock mer än enskilda åtgärder. Implementeringen behöver ses i ett bredare sammanhang där teknisk utveckling, kunskapsuppbyggnad, uppföljning och samhällelig förankring samverkar. Detta kapitel behandlar förutsättningar och inriktningar för ett sådant samlat arbete med fokus på hur reduktion av fritidsbåtars undervattensbuller och dess miljöpåverkan kan uppnås i praktiken.

5.1 Huvudspår i arbetet med att minska miljöpåverkan av fritidsbåtars undervattensbuller

Arbetet med att minska miljöpåverkan från fritidsbåtars undervattensbuller kan struktureras i tre huvudsakliga spår, schematiskt illustrerade i Figur 1. Det första spåret rör kartläggning av bullrets förekomst och miljöpåverkan i tid och rum samt uppföljning av utvecklingen. Det andra rör teknikutveckling och implementationen av verifierade lösningar som

minskar undervattensbullret från fritidsbåtar. Det tredje spåret rör ökad kunskap och ökat engagemang hos allmänhet, båtägare, tillverkare och utvecklare i syfte att skapa intresse, öka efterfrågan på tystare båtar och bidra till acceptans för åtgärder som kan komma att påverka båtlivet.



Figur 1: Huvudspår i arbetet med att minska miljöpåverkan från fritidsbåtars undervattensbuller samt understödjande forskning- och utvecklingsområden (streckade boxar) som möjliggör framsteg.

Kartläggning och modellering av fritidsbåtars undervattensbuller är en förutsättning för att kunna bedöma var och när negativa miljöeffekter riskerar att uppstå och därmed var åtgärder har störst potential att ge miljönytta. Genom studier som analyserar trovärdiga scenarier kan även åtgärders relevans på kort och lång sikt bedömas ur ett förvaltningsperspektiv. Det är dock inte tillräckligt att kunna beräkna och mäta själva bullernivåerna. För att kartläggningen ska vara relevant krävs också kunskap om vid vilka ljudnivåer olika organismer påverkas och om spektrala och temporala egenskaper hos bullret är av betydelse. Målbilden för detta spår är därför att möjliggöra:

- Tillräcklig kunskap om undervattensbullers påverkan på marina organismer för att relevanta mått och gränsvärden ska kunna fastställas och användas för att begränsa risken för negativa effekter på populations- och ekosystemnivå.
- Verifierade verktyg för modellering av fritidsbåtars undervattensbuller som möjliggör utvärdering av om gränsvärdena uppfylls inom ett område. Verktygen ska kunna användas för att analysera effekter av föreslagna åtgärder samt följa utvecklingen över tid i takt med förändringar i teknik, båtliv och lokala förhållanden.

Tekniska och operativa lösningar som minskar undervattensbullret från fritidsbåtar är en central del i arbetet för en hållbar ljudmiljö under ytan. Utvecklingen och införandet av sådana lösningar är dock beroende av flera samverkande faktorer. Dels krävs det en efterfrågan och drivkrafter hos individer och organisationer att implementera åtgärder och i vissa fall acceptera ökade kostnader. Dels krävs förutsättningar för kostnadseffektiv utveckling, testning och innovation. För att kunna bedöma behovet av förbättringar krävs kännedom om nuläget, vilket förutsätter standardiserade och jämförbara mätningar. Metoder för analys och konceptutveckling i tidiga skeden behövs för att potentiella tekniska lösningar ska kunna utvärderas och vidareutvecklas innan mer resurskrävande tester genomförs. Slutligen är verifiering avgörande. Även om ett flertal åtgärder har föreslagits saknas det i många fall fullskaliga utvärderingar av deras effektivitet, vilket begränsar möjligheterna till bred implementering.

Undervattensbuller är fortfarande en relativt ouppmärksammasad miljöförorening med låg medvetenhet hos berörda aktörer, särskilt i fritidsbåtssektorn. Informationsinsatser i sig är sannolikt inte en tillräcklig åtgärd för att åstadkomma förändring, men i kombination med ökad kunskap om lokala ekologiska effekter, individers handlingsutrymme och tillgängliga tekniska lösningar kan frågan ges ökad relevans. Sådana insatser kan bidra till förändrade beteenden, en ökad efterfrågan på tystare fritidsbåtar och ökad acceptans för åtgärder som kan komma att påverka båtlivet. Samtidigt kan tillverkare av båtar och båtkomponenter uppmärksammas på potentiella marknadsmässiga fördelar med att utveckla och synliggöra sitt arbete för minskat undervattensbuller, något som redan har identifierats och tillämpas inom delar av den internationella sjöfarten.

För att de tre huvudspåren ska kunna omsättas i ett effektivt och långsiktigt arbete krävs att ett antal grundläggande forsknings- och utvecklingsfrågor adresseras. Dessa delområden, som i Figur 1 illustreras som streckade boxar, behandlas var för sig i de följande kapitlen.

5.2 Miljöpåverkan av fritidsbåtars undervattensbuller behöver utredas

Kapitel 2 ger exempel på studier som visar att undervattensbuller påverkar det marina djurlivet negativt. Det finns idag hundratals, kanske tusentals, sådana studier, men det räcker inte eftersom det finns så många olika djurarter i havet och studierna har genomförts med vitt skiftande metodiker vilket gör att de inte alltid är jämförbara. För att kunna välja de åtgärder som ger störst miljönytta behövs en bättre förståelse av vilken miljöpåverkan som fritidsbåtars undervattensbuller har. Det behövs både studier i kontrollerad labbmiljö och fältstudier i djurens naturliga miljö, och det är viktigt att dessa studier genomförs enligt etablerad praxis och tar fram dos-

responskurvor. Den bullermiljö som försöksdjuren utsätts för måste vara så realistisk som möjligt, både till frekvensinnehåll och tidskaraktäristik.

5.3 Metoder för kartläggning av undervattensbuller från fritidsbåtar behöver vidareutvecklas

Bullerkartor kan fungera som ett verktyg för att identifiera områden där ljudnivåer riskerar att överstiga tröskelvärden för känsliga arter, eller där kumulativa effekter från olika stressorer sammanfaller. Dagens storskaliga bullerkartor omfattar bara sjöfarten vilket innebär att det saknas en beskrivning av den totala bullerexponeringen i kustnära miljöer där fritidsbåtar dominerar.

Utvecklingsarbetet inom bland annat DEMASK-projektet visar att det är tekniskt möjligt att producera lokala bullerkartor för fritidsbåtar (Andersson m.fl., 2026). För att sådana kartor ska bli tillförlitliga krävs dock fortsatt metodutveckling och validering. Detta gäller särskilt underlag för båtdensitet, källmodeller för olika typer av fritidsbåtar samt beskrivningar av ljudutbredning i grunda och komplexa kustmiljöer, där osäkerheterna i dag är betydande.

5.4 Bedömning av miljöstatus bör ta hänsyn till fritidsbåtars undervattensbuller

Resultat från bullerkartläggning utgör ett centralt underlag i bedömningen av miljöstatus med avseende på undervattensbuller. I dag baseras dessa bedömningar på bullerkartor som endast omfattar sjöfarten, vilket innebär att fritidsbåtars undervattensbuller inte ingår.

I Sverige publicerade Havs- och vattenmyndigheten för första gången en bedömning av tillståndet i svenska havsområden med avseende på undervattensbuller under 2024. Indikatorn 11.2A *Förekomst och effekt av kontinuerligt lågfrekvent undervattensljud* bygger på tröskelvärden för maskeringseffekter hos sälar, sill- och torskfiskar, med andra ord deras möjlighet att uppfatta viktiga akustiska signaler. Beskrivningen av tillståndet i havsbassängerna baseras på modellerade bullerkartor som bygger på AIS-data. Detta innebär att fritidsbåtars buller inte ingår i beräkningarna och Klauson et al. (2024) visar att dessa modelleringar därför sannolikt underskattar exponeringen i kustnära och grunda områden.

Vidare är indikatorn 11.2A konstruerad för att fånga effekter av lågfrekvent buller och använder 500 Hz som representativt frekvensband för marina däggdjur. Tumlare ingår formellt i bedömningen, men alltså via ett frekvensband där dess känslighet är låg. De högre frekvenser där tumlare är som mest känsliga och där fritidsbåtar, ekolod och antifouling-system bidrar med betydande buller, omfattas inte av indikatorn.

Givet indikatorns nuvarande utformning och det faktum att fritidsbåtars buller skiljer sig från sjöfartens både avseende frekvensinnehåll, tidskaraktär och geografisk fördelning finns det flera möjliga sätt att hantera dessa bidrag inom miljöstatusbedömningen. Den befintliga indikatorn skulle kunna anpassas eller kompletteras, alternativt skulle fritidsbåtars undervattensbuller kunna behandlas genom separata bedömningar med fokus på kustnära, särskilt utsatta och känsliga områden.

Utöver indikator 11.2A används även indikator E.4.1 *Tillförsel av kontinuerlig ljudenergi* för att bedöma om miljökvalitetsnormen följs (Havs- och vattenmyndigheten, 2025). E.4.1 följer den sammanlagda mängden utstrålad ljudenergi från mänskliga aktiviteter över tid och är ett verktyg för att avgöra om tillståndet i miljön närmar sig god miljöstatus. I dagsläget baseras indikatorn endast på fartygstrafik, men i faktabladet anges att metoden avses utvecklas för att även inkludera fritidsbåtars bidrag. Detta innebär att fritidsbåtars undervattensbuller redan är identifierat som relevant inom den nationella miljöförvaltningen, även om det ännu inte ingår i den operativa bedömningen.

5.5 Källmodeller för fritidsbåtar behöver vidareutvecklas

För att kunna ta fram bullerkartor krävs en källmodell som beskriver hur starkt en viss båt bullrar under givna förhållanden. Källmodeller kan utformas med olika detaljnivå beroende på tillgång till data och syfte. Den enklaste kan tilldela alla båtar en genomsnittlig källstyrka medan mer avancerade modeller relaterar bullret till hastighet. I teorin kan även båttyp och tekniska faktorer som motoreffekt och propellerdesign ingå, men sådan information saknas normalt i de underlag som beskriver båtarnas rumsliga och tidsmässiga fördelning.

För fartyg finns idag flera etablerade källmodeller vilka skiljer sig i komplexitet och tillämpningsområde. Vilken modell man väljer har visat sig påverka resultaten från storskaliga bullerkartläggningar och utvärderingar av åtgärder (dos Santos *m.fl.*, 2025; MacGillivray och Schuster, 2025).

För fritidsbåtar finns däremot ännu ingen vedertagen källmodell även om utveckling pågår på flera håll. I Danmark pågår till exempel ett arbete där kontinuerliga bullermätningar kombineras med radar- och kameradata för att utveckla modeller för källstyrka för mindre båtar (HELCOM, 2025). Det nyligen avslutade svenska projektet *Miljöpåverkan från fritidsbåtars undervattensbuller – undersökning av bullrets karaktär och utvärdering av åtgärder för att minska belastningen*⁵ har tagit fram en källmodell för

⁵ *Miljöpåverkan från fritidsbåtars undervattensbuller – undersökning av bullrets karaktär och utvärdering av åtgärder för att minska belastningen*, 2022-2024, finansierat av Formas. <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/vatten/miljopaverkan-fran-fritidsbatars-undervattensbuller.html>

fritidsbåtar baserad på mätningar av 25 olika båtar. Resultatet var vid denna rapportts färdigställande ännu inte publicerat.

Källmodeller utgör ett centralt underlag för både bullerkartläggning och utvärdering av åtgärder och behöver kunna tillämpas och vidareutvecklas parallellt med utvecklingen av bullerreducerande åtgärder.

5.6 Mät- och utvärderingsmetoder behöver standardiseras

För att kartläggning av fritidsbåtars undervattensbuller ska kunna användas för uppföljning över tid och för utvärdering av åtgärder krävs att mät- och utvärderingsmetoder är jämförbara och reproducerbara. Hitintills har resultat från olika studier av mindre båtar undervattensbuller ofta varit svårjämförbara på grund av variationer och osäkerheter vad gäller utrustning, mätgeometri, analys och omgivande förhållanden. En vägledning har föreslagits av svenska forskare för mätningar av mindre båtar källstyrka i grunda vatten (Svedendahl *m.fl.*, 2021) och är i dag en viktig referens, men metodiken behöver vidareutvecklas. Osäkerheter i ljudutbredningen är särskilt kritiska eftersom små skillnader i transmissionsförlust kan ge stora utslag i beräknade källnivåer. Variationer i källans djup med hastighet kan vara ytterligare en komplicerande faktor, beroende på syftet med mätningarna.

5.7 Kostnadseffektiv mätteknik behöver utvecklas

Kostnadseffektivitet är en central fråga i utvecklingsarbetet med att minska undervattensbuller. För att möjliggöra både kartläggning och teknikutveckling i större skala krävs metoder som kan tillämpas återkommande och av fler aktörer än ett fåtal forskningsmiljöer. För fritidsbåtar är variationen i skrov, propellrar och motorinstallationer stor och tillgången till jämförbara mätdata är idag ytterst begränsad.

Mätkampanjer på enskilda båtar är krävande i fråga om tid, utrustning och den specialistkompetens som behövs för att utforma försöken, säkerställa mätkvalitet och analysera resultaten. För att identifiera och på djupet förstå komplexa fenomen som kavitation kan avancerade mätuppställningar behövas (Smith *m.fl.*, 2025). Fältförsök blir snabbt kostsamma och svåra att genomföra i iterativa utvecklingsprocesser vilket begränsar möjligheterna för båt- och komponenttillverkare att systematiskt arbeta med bullerreducering i tidiga utvecklingsskeden.

Stationära mätstationer för fartygs undervattensbuller finns i dag på några platser i världen, och en sådan station utvecklas av det svenska projektet InciteShip (2024–2026). De tekniska principerna för dessa mätstationer skulle på sikt kunna anpassas till mindre båtar och därigenom bidra till mer tillgänglig och kostnadseffektiv mätning, både för uppföljning och för teknikutveckling.

Ett sätt att minska behovet av omfattande iterativa fälttester kan vara att beakta undervattensbuller redan i designfasen med hjälp av numerisk modellering, exempelvis med *Computational Fluid Dynamics* (CFD) i kombination med hydroakustiska modeller. Sådana verktyg kan stödja konceptutveckling innan prototyper byggs. Trots en snabb metodutveckling och beräkningskraft är modellernas tillförlitlighet för kvantitativa prediktioner av utstrålat undervattensbuller i dagsläget begränsad. En bidragande orsak är den begränsade tillgången till öppet publicerade studier där modelleringsresultat verifieras mot fullskaliga fältmätningar. I dagsläget lämpar sig metoderna främst för jämförande analyser och kan ge indikativa svar på svåra frågor. Med fortsatt utveckling och validering kan de på sikt bidra även till mer kvantitativa bedömningar av utstrålat undervattensbuller.

5.8 Synergier mellan energieffektivitet och bullerreducering behöver identifieras och klargöras

De mekanismer som ger upphov till undervattensbuller hänger nära samman med hur effektivt en båt omvandlar (kemisk) energi till framdrivning. Kavitation, vibrationer och turbulenta flöden representerar energiförluster som både minskar verkningsgraden och bidrar till ökat buller. Inom forskningen på större fartyg har man visat att åtgärder som förbättrar effektiviteten ofta leder till lägre ljudnivåer, exempelvis genom sänkt hastighet, propellerdesign, flödesförbättrande åtgärder och bättre matchning mellan motor, växel och propeller (Leaper och Renilson, 2012; Smith och Rigby, 2022; IMO, 2023; Vard Marine Inc., 2023; Weilgart, 2023). För fritidsbåtar är dessa samband ännu inte systematiskt studerade. De studier som finns har främst fokuserat på hur bullret beror av båttyp och hur det förändras med hastighet, propellerbelastning och kavitationsform snarare än på energieffektiviteten (Shipton *m.fl.*, 2025; Smith *m.fl.*, 2025). En ökad förståelse för hur buller, framdrivningseffektivitet och bränsleförbrukning samvarierar för olika typer av fritidsbåtar skulle kunna ge ett viktigt underlag för både teknikutveckling och styrmedel.

5.9 Förändring kräver styrmedel, legitimitet och efterfrågan

För att tekniska och operativa åtgärder för att minska undervattensbuller från fritidsbåtar ska få genomslag kan beteendepåverkan, information och styrning vara särskilt viktiga verktyg. Resultat från Båtlivsundersökningen 2020 (Lagerqvist, 2021) visar att många båtägare vill minska sin miljöpåverkan⁶, vilket tyder på att det finns förutsättningar för förändring.

⁶ I den senaste båtlivsundersökningen har andelen som vill lära sig mer om att minska fritidsbåtars miljöpåverkan sjunkit drastiskt (Nygren Greus, 2025). Frågan formuleras dock inte exakt på samma sätt och svarsalternativen är något annorlunda vilket gör förändringen svårtolkad.

Informationsinsatser kan bidra till att synliggöra undervattensbuller som miljöaspekt i val av båt, motor, propeller och körsätt och därigenom förstärka konsumenters möjligheter att påverka utvecklingen. Om bullerreducerande lösningar blir begripliga och jämförbara kan efterfrågan på tystare produkter öka, vilket i sin tur kan ge drivkrafter för tillverkare och leverantörer att utveckla, verifiera och kommunicera bullerprestanda.

Därutöver finns en potential i mer deltagarbaserade angreppssätt där båtägare involveras i insamling och tolkning av bullerdata. Information om hur en båt låter under ytan kan, utöver miljöaspekten, även ge indikationer på tekniskt skick och därigenom vara direkt relevant för båtägaren. På sikt skulle sådan kunskap kunna användas som ett komplement i underhållsarbetet och belysa kopplingen mellan undervattensbuller och bränsleförbrukning.

Samtidigt visar erfarenheter att efterlevnaden av frivilliga eller svagt reglerade bullerbegränsande åtgärder kan vara låg, särskilt bland fritidsbåtar (Burnham *m.fl.*, 2021). Utformning av styrmedel behöver därför inte bara bygga på teknisk kunskap utan även på insikter från beteendevetenskap. För att åtgärder ska få genomslag krävs incitament och återkoppling som uppfattas som relevanta och legitima samt mät- och utvärderingsmetoder som är tillförlitliga och praktiskt användbara.

Inom den kommersiella sjöfarten finns flera exempel på hur ekonomiska incitament och koppling mellan sänkt undervattensbuller och minskad bränsleförbrukning har använts för att stimulera införandet av bullersänkande åtgärder.

Det tydligaste exemplet på ekonomiska incitament är Vancouver Fraser Port Authoritys ECHO-program där fartyg kan erhålla reducerade hamnavgifter om de uppfyller särskilda miljökriterier, inklusive krav som rör undervattensbuller (The Vancouver Fraser Port Authority, 2025). Globala miljöindex som Environmental Ship Index (ESI) och det svenska Clean Shipping Index (CSI) undersöker möjligheten att integrera undervattensbuller som bedömningsparameter. Liknande incitamentssystem kan på sikt utvecklas även för fritidsbåtar.

Inom den kommersiella sjöfarten har *slow steaming* länge använts för att minska bränsleförbrukningen, med lägre undervattensbuller som en positiv bieffekt. Motsvarande samband förväntas för fritidsbåtar även om relationen mellan hastighet, bränsleförbrukning och buller är icke-linjär och skiljer sig åt mellan båttyper. Systematiska undersökningar av dessa samband saknas i dag men skulle kunna bidra till styrmedel och kommunikation som kombinerar ekonomiska och miljömässiga incitament.

6 Sammanställning och slutsatser från seminarium om åtgärder mot fritidsbåtars undervattensbuller, 16 mars 2026

Detta kapitel är avsett att sammanfatta centrala resultat, diskussioner och slutsatser från seminariet om åtgärder mot fritidsbåtars undervattensbuller som hålls den 16 mars 2026.

I denna version av rapporten som distribueras inför seminariet utgör kapitlet en plats-hållare. En sammanställning kommer att tas fram efter genomfört seminarium som baseras på presentationer, gemensamma diskussioner och behov som framkommer under dagen.

Syftet med sammanställningen är att lyfta fram gemensamma slutsatser, möjliga prioriteringar samt frågor där ytterligare kunskapsuppbyggnad, samverkan eller åtgärdsutveckling bedöms vara särskilt angelägna. Detta kapitel kommer därmed att fungera som en brygga mellan rapportens kunskapsunderlag och det fortsatta arbetet inom forskning, förvaltning och praktisk tillämpning.

Referenser

Alvarez, D. (2025) "The Market Uptake of Energy Saving Technologies". *2025 Workshop on the relationship between ship energy efficiency and underwater radiated noise*, London, 6 november. Tillgänglig vid: <https://sway.cloud.microsoft/O9T8ZP3rYy4rzbx?ref=Link>.

American Bureau of Shipping (2021) *Practical Considerations for Underwater Noise Control*. Spring, Texas: American Bureau of Shipping. Tillgänglig vid: <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/whitepaper/underwater-noise-control-whitepaper-21011.pdf>.

American Bureau of Shipping (2025) *Energy Efficiency and Underwater Radiated Noise Technologies*. Technical Guide. Tillgänglig vid: <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/Energy%20Efficiency%20and%20Underwater%20Noise%20Technologies.pdf>.

Amoser, S., Wysocki, L.E. och Ladich, F. (2004) "Noise emission during the first powerboat race in an Alpine lake and potential impact on fish communities", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(6), s. 3789–3797. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/1.1808219>.

Asnaghi, A., Svennberg, U., Gustafsson, R. och Bensow, R.E. (2021) "Propeller tip vortex mitigation by roughness application", *Applied Ocean Research*, 106, s. 102449. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2020.102449>.

Baudin, E., Grassi, D., Muller, P., Foeth, E.-J., Lloyd, T. och de Angelis, E. (2025) "SATURN Stakeholder Webinar 2025: Demonstration of underwater noise reduction measures", 8 juli. Tillgänglig vid: <https://saturnh2020.eu/news/saturn-stakeholder-webinar> (Åtkomstdatum: 14 juli 2025).

Blom, E.-L. (2025) "Hur påverkar buller livet under ytan?" *Ekosystembaserad Havsförvaltning - Frukostseminarium*, 4 februari. Tillgänglig vid: <https://ebhf.se/frukostseminarium-arkiv/>.

Blom, E.-L., Dekhla, I.K., Bertram, M.G., Manera, J.L., Kvarnemo, C. och Svensson, O. (2024) "Anthropogenic noise disrupts early-life development in a fish with paternal care", *Science of The Total Environment*, 935, s. 173055. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173055>.

Blom, E.-L., Kvarnemo, C., Dekhla, I., Schöld, S., Andersson, M.H., Svensson, O. och Amorim, M.Clara.P. (2019) "Continuous but not

intermittent noise has a negative impact on mating success in a marine fish with paternal care”, *Scientific Reports*, 9(1), s. 5494. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41786-x>.

Bosschers, J., Foeth, E.-J., Lloyd, T. och Lafeber, F.H. (2025) ”Reducing ship URN by propeller design and air injection and its effect on energy efficiency”. *2025 Workshop on the relationship between ship energy efficiency and underwater radiated noise*, London, 7 november. Tillgänglig vid: <https://sway.cloud.microsoft/O9T8ZP3rYy4rzbxid?ref=Link>.

Burnham, R.E., Vagle, S., O’Neill, C. och Trounce, K. (2021) ”The Efficacy of Management Measures to Reduce Vessel Noise in Critical Habitat of Southern Resident Killer Whales in the Salish Sea”, *Frontiers in Marine Science*, 8, s. 664691. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.664691>.

Catineau, H., Cauchy, P., Robin, O., Gervaise, C., Mercure-Boissonnault, P., Lafrance, S. och St-Onge, G. (2022) ”Identification of Sources and Their Directivity in the Global Underwater Radiated Noise from a Merchant Ship”, *Canadian Acoustics*, 50(3), s. 108–109. Tillgänglig vid: <https://jcaa.caa-aca.ca/index.php/jcaa/article/view/3872> (Åtkomstdatum: 05 november 2024).

Chapuis, L., Ainslie, M., Harding, H.R., Campbell, J., Radford, A.N., Simpson, S.D. och Nedelec, S. (2025) ”Motorboat sound in shallow waters and implications for mitigation”, *Journal of the Acoustical Society of America* [Preprint].

Cruz, E., Lloyd, T., Lafeber, F.H., Bosschers, J., Vaz, G. och Djavidnia, S. (2022) ”The SOUNDS project: towards effective mitigation of underwater noise from shipping in Europe”. *22nd International Symposium on Nonlinear Acoustics*, Oxford, UK, s. 070021. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/2.0001638>.

Duarte, C.M., Chapuis, L., Collin, S.P., Costa, D.P., Devassy, R.P., Eguiluz, V.M., Erbe, C., Gordon, T.A.C., Halpern, B.S., Harding, H.R., Havlik, M.N., Meekan, M., Merchant, N.D., Miksis-Olds, J.L., Parsons, M., Predragovic, M., Radford, A.N., Radford, C.A., Simpson, S.D., Slabbekoorn, H., Staaterman, E., Van Opzeeland, I.C., Winderen, J., Zhang, X. och Juanes, F. (2021) ”The soundscape of the Anthropocene ocean”, *Science*, 371(6529), s. eaba4658. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1126/science.aba4658>.

El-Dairi, R., Outinen, O. och Kankaanpää, H. (2024) ”Anthropogenic underwater noise: A review on physiological and molecular responses of

marine biota”, *Marine Pollution Bulletin*, 199, s. 115978. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115978>.

Erbe, C. (2013) ”Underwater noise of small personal watercraft (jet skis)”, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(4), s. EL326–EL330. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/1.4795220>.

Erbe, C., Duncan, A.J., Gavrilov, A., Landero, M., McCauley, R.D., Parnum, I., Salgado-Kent, C. och Sidenko, E. (2025) ”Sources of Underwater Noise”, i C. Erbe, A.J. Duncan, A. Gavrilov, M. Landero, R.D. McCauley, I. Parnum, C. Salgado-Kent, och E. Sidenko (red.) *Marine Mammal Acoustics in a Noisy Ocean*. Cham: Springer, s. 85–162. Tillgänglig vid: https://doi.org/10.1007/978-3-031-77022-7_2.

Erbe, C., Liong, S., Koessler, M.W., Duncan, A.J. och Gourlay, T. (2016) ”Underwater sound of rigid-hulled inflatable boats”, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(6), s. EL223–EL227. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/1.4954411>.

Eslamdoost, A., Larsson, L. och Brown, M. (2021) ”A device for reducing the resistance of transom stern hulls”, *Ocean Engineering*, 235, s. 109351. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109351>.

Felli, M., Bosschers, J., De Angelis, E., Firenze, E. och Gjestland, T. (2025) *Report on source level assessment matrix for different propulsor types and mitigation solutions*. SATURN Deliverable 4.7. Tillgänglig vid: <https://www.saturnh2020.eu/results>.

Foeth, E.J. (2025) *Trade-off between Underwater Radiated Noise (URN) and Greenhouse Gas (GHG) Emissions in Propeller Design*. Report No. 77002-2-RD. Wageningen: MARIN – Maritime Research Institute Netherlands. Tillgänglig vid: <https://www.marin.nl>.

Gaggero, S., Gaggero, T., Tani, G., Villa, D., Rizzuto, E., Pinto, O., Becchi, P., De Angelis, E. och Viviani, M. (2025) ”Propeller design by optimisation for underwater radiated noise reduction: a full scale application”, *Ocean Engineering*, 333, s. 121412. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2025.121412>.

Gaggero, S. och Martinelli, M. (2021) ”Comparison of different propeller boss cap fins design for improved propeller performances”, *Applied Ocean Research*, 116, s. 102867. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102867>.

Gaggero, T., Armelloni, E., Codarin, A., Chicco, C., Spoto, M., Franzosini, C., Ciriaco, S. och Picciulin, M. (2024) "Electric boat underwater radiated noise and its potential impact on species of conservation interest", *Marine Pollution Bulletin*, 199, s. 115937. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115937>.

Gipperth, L. och Sjöholm, J. (2021) *Hållbart båtliv - Rapport från en förstudie om hållbart båtliv*. Maritima klustret i Västsverige.

Guy, M.-A., Kesour, K., Robin, O., Gagnon, S., St-Jacques, J., Vulliez, M., Tremblay, R. och Marquis, J.-C.G. (2024) "Effectiveness of standard mitigation technologies at reducing ships' machinery noise using a small-scale ship-like structure". *186th Meeting of the Acoustical Society of America and the Canadian Acoustical Association*, Ottawa, Ontario, Canada, s. 070001. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/2.0001912>.

Hasenpflug, H., Buul, W. van, Gilroy, L., Cintosun, E., Dupuis, J., Schael, S. och Homm, A. (2021) "BURNSi ORCA Class Acoustic and Vibration Characteristics", *Proceedings of DAGA 2021*. Vienna, Austria: DAGA Conference.

Havs- och vattenmyndigheten (2024a) "11.2A Förekomst och effekt av kontinuerligt lågfrekvent undervattensljud – Faktablad för att bedöma indikator för god miljöstatus enligt havsmiljöförordningen". Havs- och vattenmyndigheten. Tillgänglig vid: <https://www.havochvatten.se/download/18.1d23b59c190125a43f2e9596/1719557061100/11-2a-forekomst-och-effekt-av-kontinuerligt-lagfrekventundervattensbuller.pdf>.

Havs- och vattenmyndigheten (2024b) *Marin strategi för Nordsjön och Östersjön 2024–2029*. Rapport 2024:12. Havs- och vattenmyndigheten. Tillgänglig vid: <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/publikationer/2024-07-05-marin-strategi-for-nordsjon-och-ostersjon-2024-2029.html>.

Havs- och vattenmyndigheten (2025) "Faktablad för att bedöma indikator till miljö kvalitetsnorm enligt 19 § havsmiljöförordningen E.4.1 Tillförsel av kontinuerlig ljudenergi". Havs- och vattenmyndigheten. Tillgänglig vid: <https://www.havochvatten.se/download/18.78d8bc481964d44692f4306e/1745404414441/e-4-1-tillforsel-av-kontinuerlig-ljudenergi.pdf>.

Helal, K.M., Fragasso, J. och Moro, L. (2024) "Underwater noise characterization of a typical fishing vessel from Atlantic Canada", *Ocean Engineering*, 299, s. 117310. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117310>.

HELCOM (2025) "Danish contribution to the implementation of the actions of the HELCOM Regional Action Plan on Underwater Noise (IC RAP Noise 3-2025, document 4-1)". Helsinki Commission (HELCOM). Tillgänglig vid: <https://helcom.fi/>.

Hendricks, B., Pine, M.K., Baer, G., Welton, M., Symonds, H.K., Dakin, D.T., Alidina, H.M., Picard, C.R. och Wray, J. (2025) "Quantifying vessel noise and acoustic habitat loss in marine soundscapes", *Marine Pollution Bulletin*, 219, s. 118150. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118150>.

Hermannsen, L., Mikkelsen, L., Tougaard, J., Beedholm, K., Johnson, M. och Madsen, P.T. (2019) "Recreational vessels without Automatic Identification System (AIS) dominate anthropogenic noise contributions to a shallow water soundscape", *Scientific Reports*, 9(1), s. 15477. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51222-9>.

IMO (2023) "Revised Guidelines for the Reduction of Underwater Noise from Commercial Shipping to Address Adverse Impacts on Marine Life". International Maritime Organization, IMO. Tillgänglig vid: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/Documents/MEPC.1-Circ.906%20-%20Revised%20Guidelines%20For%20The%20Reduction%20Of%20Underwater%20Radiated%20NoiseFrom%20Shipping%20To%20Address...%20\(Secretariat\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/Documents/MEPC.1-Circ.906%20-%20Revised%20Guidelines%20For%20The%20Reduction%20Of%20Underwater%20Radiated%20NoiseFrom%20Shipping%20To%20Address...%20(Secretariat).pdf).

Johansson, T.A., Andersson, Carl, Krång, A.-S. och Andersson, Cecilia (2023) *Underwater noise from fairways – policies, incentives and measures to reduce the environmental impact*. C743. IVL Swedish Environmental Research Institute. Tillgänglig vid: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-4161> (Åtkomstdatum: 07 juli 2023).

Johansson, T.A., Lalander, E., Krång, A.-S. och Andersson, M.H. (2024) "Speed dependence, sources, and directivity of small vessel underwater noise", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 156(4), s. 2077–2087. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/10.0028385>.

de Jong, K., Forland, T.N., Amorim, M.C.P., Rieucan, G., Slabbekoorn, H. och Sivle, L.D. (2020) "Predicting the effects of anthropogenic noise on fish reproduction", *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 30(2), s. 245–268. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09598-9>.

Karimkhani, M., Ghassemi, H. och He, G. (2025) "Review on the Active and Passive Control Systems for the Planing Boats", *American Journal of*

Civil Engineering and Architecture, 13(3), s. 62–72. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.12691/ajcea-13-3-2>.

Kastelein, R.A., Bunschoek, P., Hagedoorn, M., Au, W.W.L. och De Haan, D. (2002) "Audiogram of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) measured with narrow-band frequency-modulated signals", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 112(1), s. 334–344. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1121/1.1480835>.

Kim, Y., Lagerström, M., Granhag, L. och Ytreberg, E. (2025) "Sustainable Hull maintenance strategies in Baltic Sea region through case studies of RoPax vessels", *Marine Pollution Bulletin*, 211, s. 117453. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117453>.

Klauson, A., Mustonen, M., Folegot, T. och Tougaard, J. (2024) "Environmental impact assessment of continuous underwater noise in the Baltic Sea", *Marine Pollution Bulletin*, 209, s. 117105. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117105>.

Koschinski, S., Owen, K., Lehnert, K. och Kamińska, K. (2024) "Current species protection does not serve its porpoise—Knowledge gaps on the impact of pressures on the Critically Endangered Baltic Proper harbour porpoise population, and future recommendations for its protection", *Ecology and Evolution*, 14(9). Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1002/ece3.70156>.

Lagerqvist, M. (2021) *Båtlivsundersökningen 2020: En undersökning om båtlivet i Sverige*. Norrköping: Transportstyrelsen. Tillgänglig vid:
<https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/sjofart/tsfs/batlivsundersokningen-2020.pdf>.

Lagerström, M., Wrangé, A.-L., Oliveira, D.R., Granhag, L., Larsson, A.I. och Ytreberg, E. (2022) "Are silicone foul-release coatings a viable and environmentally sustainable alternative to biocidal antifouling coatings in the Baltic Sea region?", *Marine Pollution Bulletin*, 184, s. 114102. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114102>.

Lagros, D., Kowalski, C., Sénécal, J.-F., Martins, C.C.A. och Chion, C. (2023) "Low-to-Mid-Frequency Monopole Source Levels of Underwater Noise from Small Recreational Vessels in the St. Lawrence Estuary Beluga Critical Habitat", *Sensors*, 23(3), s. 1674. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.3390/s23031674>.

Leaper, R. och Renilson, M. (2012) "A review of practical methods for reducing underwater noise pollution from large commercial vessels", *International Journal of Maritime Engineering*, 154(A2).

Li, J., White, P.R., Roche, B., Davis, J.W. och Leighton, T.G. (2019) "Underwater radiated noise from hydrofoils in coastal water", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146(5), s. 3552–3561. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/1.5134779>.

Lloyd, T., Lafeber, F.H. och Bosschers, J. (2024) "Ship URN mitigation by air injection : model-scale experiments and application to full-scale measurement data". *Eighth International Symposium on Marine Propulsors smp'24, Berlin, Germany, March 2024*, Norwegian University of Science and Technology, Department of Marine Technology. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.15480/882.9336>.

MacGillivray, A.O. och Schuster, M. (2025) "Modeling source levels of marine shipping", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 157(4 Supplement), s. A179–A179. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/10.0037830>.

Magnhagen, C., Johansson, K. och Sigray, P. (2017) "Effects of motorboat noise on foraging behaviour in Eurasian perch and roach: a field experiment", *Marine Ecology Progress Series*, 564, s. 115–125. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.3354/meps11997>.

Maruf och Gullett, W. (2022) "Tackling anthropogenic underwater noise through the Convention on Biological Diversity: Progress and future development", *Marine Policy*, 146, s. 105293. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105293>.

Matzner, S., Maxwell, A., Myers, J., Caviggia, K., Elster, J., Foley, M., Jones, M., Ogden, G., Sorensen, E., Zurk, L., Tagestad, J., Stephan, A., Peterson, M. och Bradley, D. (2010) "Small vessel contribution to underwater noise". Seattle, WA. Tillgänglig vid: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5663818/> (Åtkomstdatum: 15 oktober 2023).

McKenna, M.F., Rowell, T.J., Margolina, T., Baumann-Pickering, S., Solsona-Berga, A., Adams, J.D., Joseph, J., Kim, E.B., Kok, A.C., Kügler, A., Lammers, M.O., Merckens, K., Reeves, L.P., Southall, B.L., Stimpert, A.K., Barkowski, J., Thompson, M.A., Van Parijs, S., Wall, C.C., Zang, E.J. och Hatch, L.T. (2024) "Understanding vessel noise across a network of marine protected areas", *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(4), s. 369. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12497-2>.

McQueen, K., Sivle, L.D., Forland, T.N., Meager, J.J., Skjæraasen, J.E., Olsen, E.M., Karlsen, Ø., Kvadsheim, P.H. och De Jong, K. (2024) "Continuous sound from a marine vibrator causes behavioural responses of free-ranging, spawning Atlantic cod (*Gadus morhua*)", *Environmental Pollution*, 344, s. 123322. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123322>.

Moksnes, P.-O., Eriander, L., Hansen, J., Albertsson, J., Andersson, M., Bergström, U., Carlström, J., Egardt, J., Fredriksson, R., Granhag, L., Lindgren, F., Nordberg, K., Wendt, I., Wikström, S. och Ytreberg, E. (2019) *Fritidsbåtars påverkan på grunda kustekosystem i Sverige*. Technical report 2019:3. Göteborg, Sweden: Havsmiljöinstitutet, s. 158. Tillgänglig vid: <https://havsmiljo.se/pdf/rapporter/2019-3.pdf> (Åtkomstdatum: 25 december 2023).

Muhr, T. (2025) *Automatic detection of boats in underwater recordings*. Master's thesis. Chalmers University of Technology. Tillgänglig vid: <https://www.chalmers.se>.

Noise Control Engineering, LLC (2025) *Current Technologies and Management Practices for Reducing Underwater Radiated Noise Produced by Vessels*. Report 2025-021. Billerica, MA: Noise Control Engineering, LLC. Tillgänglig vid: <https://noise-control.com>.

Nygren Greus, S. (2025) *Båtlivsundersökningen 2025 - En undersökning om båtlivet i Sverige*. TSS 2024-4887. Transportstyrelsen, Avdelning Sjö- och luftfart. Tillgänglig vid: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/om-oss/publikationer-och-rapporter/rapporter/rapporter-inom-sjofart/batlivsundersokningen-2025/>.

OSPAR (2023) *Underwater Noise Thematic Assessment*. London: OSPAR Commission. Tillgänglig vid: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/thematic-assessments/underwater-noise>.

Parsons, M.J.G., Duncan, A.J., Parsons, S.K. och Erbe, C. (2020) "Reducing vessel noise: An example of a solar-electric passenger ferry", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147(5), s. 3575–3583. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1121/10.0001264>.

Parsons, M.J.G., Erbe, C., Meekan, M.G. och Parsons, S.K. (2021) "A Review and Meta-Analysis of Underwater Noise Radiated by Small (<25 m Length) Vessels", *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(8), s. 827. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.3390/jmse9080827>.

Picciulin, M., Armelloni, E., Falkner, R., Rako-Gospić, N., Radulović, M., Pleslić, G., Muslim, S., Mihanović, H. och Gaggero, T. (2022)

”Characterization of the underwater noise produced by recreational and small fishing boats (<14 m) in the shallow-water of the Cres-Lošinj Natura 2000 SCI”, *Marine Pollution Bulletin*, 183, s. 114050. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114050>.

Pigeault, R., Ruser, A., Ramírez-Martínez, N.C., Geelhoed, S.C.V., Haelters, J., Nachtsheim, D.A., Schaffeld, T., Sveegaard, S., Siebert, U. och Gilles, A. (2024) ”Maritime traffic alters distribution of the harbour porpoise in the North Sea”, *Marine Pollution Bulletin*, 208, s. 116925.

Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116925>.

Popper, A.N. och Hawkins, A. (red.) (2012) *The Effects of Noise on Aquatic Life*. New York, NY: Springer New York (Advances in Experimental Medicine and Biology). Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7311-5>.

Popper, A.N. och Hawkins, A.D. (2019) ”An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes”, *Journal of Fish Biology*, 94(5), s. 692–713. Tillgänglig vid:

<https://doi.org/10.1111/jfb.13948>.

Portillo-Juan, A., Saettone, S., Andersen, P. och Ferrer, E. (2024) ”Hydro-acoustic optimization of propellers: A review of design methods”, *Applied Ocean Research*, 151, s. 104158. Tillgänglig vid:

<https://doi.org/10.1016/j.apor.2024.104158>.

dos Santos, F., Bosschers, J., Lloyd, T. och Hermans, M. (2025) *Effect of speed reduction on underwater radiated noise of ships sailing on the Dutch North Sea*. Report No. 77002-3-RD. Wageningen: MARIN – Maritime Research Institute Netherlands. Tillgänglig vid: <https://www.marin.nl>.

Schwarz, A.L. och Greer, G.L. (1984) ”Responses of Pacific Herring, *Clupea harengus pallasii*, to Some Underwater Sounds”, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(8), s. 1183–1192. Tillgänglig vid:

<https://doi.org/10.1139/f84-140>.

Shipton, M., Obradović, J., Mišković, N. och Diamant, R. (2025)

”Underwater radiated noise characteristics of small vessels - An analysis of the HearMyShip database”, *Marine Pollution Bulletin*, 216, s. 117903.

Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117903>.

Sierra-Flores, R., Attack, T., Migaud, H. och Davie, A. (2015) ”Stress response to anthropogenic noise in Atlantic cod *Gadus morhua* L.”,

Aquacultural Engineering, 67, s. 67–76. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.06.003>.

SLU Artdatabanken (2025) *Artfakta: tumlare (Phocoena phocoena)*.
Tillgänglig vid: <https://artfakta.se/taxa/100106> (Åtkomstdatum: 09 december 2025).

Smith, T.A., Grech La Rosa, A., Piggott, G., Gaivota, J.A.N. och McMorran, S.S. (2024) "An experimental study of underwater radiated noise from a small vessel with damaged and fouled propellers", *JASA Express Letters*, 4(12), s. 126002. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1121/10.0034612>.

Smith, T.A., Grech La Rosa, A., Piggott, G., Gaivota, J.A.N. och McMorran, S.S. (2025) "Propeller cavitation on small craft: Underwater noise measurements and visualisation from full-scale trials", *Ocean Engineering*, 317, s. 120024. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.120024>.

Smith, T.A., Grech La Rosa, A. och Wood, B. (2024) "Underwater radiated noise from small craft in shallow water: Effects of speed and running attitude", *Ocean Engineering*, 306, s. 118040. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.118040>.

Smith, T.A. och Rigby, J. (2022) "Underwater radiated noise from marine vessels: A review of noise reduction methods and technology", *Ocean Engineering*, 266, s. 112863. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112863>.

Stanley, J.A., Van Parijs, S.M. och Hatch, L.T. (2017) "Underwater sound from vessel traffic reduces the effective communication range in Atlantic cod and haddock", *Scientific Reports*, 7(1), s. 14633. Tillgänglig vid:
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-14743-9>.

Svedendahl, M., Andersson, M., Lalander, E. och Sigray, P. (2021) *Underwater acoustic source signatures from recreation boats - Field measurement and guideline*. Technical report FOI-R--5115--SE. Stockholm: Swedish Defence Research Agency, s. 40.

Tani, G. och Marino, A. (2025) "Propeller design by optimization: UNIGE and Fincantieri experience". *2025 Workshop on the relationship between ship energy efficiency and underwater radiated noise*, London, 6 november. Tillgänglig vid:
<https://sway.cloud.microsoft/O9T8ZP3rYy4rzbxd?ref=Link>.

The Vancouver Fraser Port Authority (2025) *Fee Document: Effective May 1, 2025*. Vancouver, Canada: Vancouver Fraser Port Authority. Tillgänglig vid: <https://www.portvancouver.com>.

Tougaard, J., Griffiths, E.T., Laadegaard, M., Marcolin, C., Kyhn, L.A. och Sveegaard, S. (2023) *Ekkolod og sonar som presfaktor - Foreløbige resultater af et pilotprojekt*. Fagligt notat nr. 2023:2. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, s. 12. Tillgänglig vid: https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2023/N2023_02.pdf.

Tougaard, J., Wright, A.J. och Madsen, P.T. (2015) "Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises", *Marine Pollution Bulletin*, 90(1–2), s. 196–208. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.10.051>.

Trickey, J.S., Cárdenas-Hinojosa, G., Rojas-Bracho, L., Schorr, G.S., Rone, B.K., Hidalgo-Pla, E., Rice, A. och Baumann-Pickering, S. (2022) "Ultrasonic antifouling devices negatively impact Cuvier's beaked whales near Guadalupe Island, México", *Communications Biology*, 5(1). Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03959-9>.

Vard Marine Inc. (2023) *Ship energy efficiency and underwater radiated noise*. Technical report Report 545-000-01. Ottawa: Vard Marine Inc. Tillgänglig vid: https://publications.gc.ca/collections/collection_2024/tc/T22-266-2024-eng.pdf.

Varello, R., Asnicar, D., Boaga, J. och Cima, F. (2023) "Behavioural Responses to Ultrasound Antifouling Systems by Adult Solitary Ascidians", *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(6), s. 1115. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.3390/jmse11061115>.

Weilgart, L. (2023) *Best Available Technology (BAT) and Best Environmental Practice (BEP) for Mitigating Three Noise Sources: Shipping, Seismic Airgun Surveys, and Pile Driving - Technical Series No. 46*. Technical report Technical Series No. 46. CMS Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. Tillgänglig vid: <https://www.cms.int/en/publication/best-available-technology-bat-and-best-environmental-practice-bep-mitigating-three-noise>.

Wilson, L., Pine, M.K. och Radford, C.A. (2022) "Small recreational boats: a ubiquitous source of sound pollution in shallow coastal habitats", *Marine Pollution Bulletin*, 174, s. 113295. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113295>.

Wisniewska, D.M., Johnson, M., Teilmann, J., Siebert, U., Galatius, A., Dietz, R. och Madsen, P.T. (2018) "High rates of vessel noise disrupt foraging in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*)", *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1872), s. 20172314. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2314>.

Ytreberg, E. (2025) "Enkelt att minska fritidsbåtars miljöpåverkan". *Baltic Breakfast – Östersjöcentrum, Stockholms universitet*, Stockholm, 14 maj. Tillgänglig vid: <https://www.su.se/stockholms-universitets-ostersjocentrum/policyverksamhet/baltic-breakfast> (Åtkomstdatum: 14 maj 2025).

Zhu, M. och Ma, L. (2024) "A review of recent advances in the effects of surface and interface properties on marine propellers", *Friction*, 12(2), s. 185–214. Tillgänglig vid: <https://doi.org/10.1007/s40544-022-0716-4>.

Denna rapport riktar sig till myndigheter, forskare och andra aktörer som arbetar med havsmiljöförvaltning, marin planering och miljöbedömning i kustnära vatten. Syftet är att sammanställa och analysera det aktuella kunskapsläget om fritidsbåtars undervattensbuller och dess potentiella miljöpåverkan.

Rapporten beskriver hur fritidsbåtar bidrar till undervattensbullret i grunda och kustnära områden, vilka tekniska och operativa faktorer som påverkar bullerutstrålningen samt vad som i dag är känt om biologiska effekter på fiskar, marina däggdjur och ryggradslösa djur. Vidare behandlas metoder för mätning, modellering och kartläggning av fritidsbåtars undervattensbuller samt möjliga åtgärder för att minska bullerutsläppen.

Avslutningsvis identifierar rapporten tre huvudsakliga spår för det fortsatta arbetet, med fokus på utveckling av kunskapsunderlag och metoder, tekniska och operativa åtgärder med miljösynergier samt styrmedel och samhällelig förankring. Rapporten är avsedd att utgöra ett underlag för fortsatt forskning, förvaltningsmässiga bedömningar och framtida policyutveckling.