

Havet røber mere, end øjet ser:

Fra et overfladeorienteret overvågningsbillede mod et flerlaget situationsbillede i dybden ved hjælp af AI-understøttet, akustisk teknologi

Havet er blevet mere komplekst. Kritisk infrastruktur ligger på havbunden; data, energi, handel og sikkerhed afhænger af maritime forbindelser.

Samtidig bliver teknologien til at operere skjult, billigt og fleksibelt under havet stadig mere tilgængelig – også for fjendtlige aktører.

I fremtidens maritime sikkerheds-billede er det ikke nok at kigge ud over havet. Vi bliver også nødt til at kunne lytte ned i det.



*Af Rasmus Lyngdal-Christensen,
projektleder, seniorspecialist i støj og
vibration, FORCE Technology*

Sikkerhedssituationen til havs er under forandring. Men ændringen sker ikke primært på havoverfladen. Den sker i støjbilledet under vandet, omkring kabler og rørledninger, og i de zoner hvor små, ubemandede enheder kan operere skjult mellem civil trafik og kritisk infrastruktur. Det moderne trusselsbillede handler ikke længere kun om at se, hvad der bevæger sig på havet. Det handler i stigende grad om at høre, forstå og fortolke, hvad der sker i vandet.

Sortehavet har vist, hvor hurtigt maritime doktriner kan ændre sig. Ukraine har med relativt billige ubemandede overflade-fartøjer og maritime droner udfordret en betydeligt større russisk flåde og ændret det operative risikobillede i en hel region. I Østersøen har sprængningen af Nord Stream-gasrørledningen i 2022 og en

stribet efterfølgende kabelskader gjort sårbarheden konkret: kritisk infrastruktur kan rammes på en måde, hvor efterforskning og ansvarsplacering er vanskelige. Vi har set flere episoder, hvor fartøjer med uklart tilhørsforhold gentagne gange har ligget for anker i danske farvande over længere perioder. Det giver en aktør med uhensigtsmæssige intentioner mulighed for at operere i vores kystnære zoner, tæt på kabler, rørledninger og anden kritisk infrastruktur, og herfra både kortlægge, aflytte og i værste fald sabotere undersøiske installationer eventuelt ved brug af droner. Sårbarheden er konkret og geografisk nær.

NATO lancerede i januar 2025 missionen Baltic Sentry for at styrke beskyttelsen af kritisk, undersøisk infrastruktur i Østersøen gennem patruljefly, fregatter, national overvågning og nye teknologier. EU og medlemslandene har skærpet fokus på undersøiske kabler, og der ligger nu både et nationalt og internationalt mandat

UDPLUK AF POLICY-ANBEFALINGER

1. Etabler fast-track finansiering fra lovende forsvarsteknologi til udvidet pilot og operativ test.
2. Investér i et netværk af målestationer ved kritisk undersøisk infrastruktur.
3. Oppriorité udvikling af realtidsdetektion af undervandsdroner og andre ubemandede enheder.
4. Søværnet, beredskabsmyndigheder og relevante infrastructurejere bør tage medejerskab over arbejdet med at vurdere, hvilke data, alarmer og samarbejdsformer der skal til, før akustisk overvågning kan anvendes som praktisk støtte i beskyttelsen af kritisk undersøisk infrastruktur.

Læs mere på sidste side.



til at handle. Men mandatet skal omsættes til operativ kapacitet, og kapacitet bygges ikke alene gennem indkøb fra udlandet. Den bygges også gennem dansk forskning og teknologisk innovation i og omkring danske farvande.

Hvorfor lytte?

Et nærliggende spørgsmål er, hvorfor man overhovedet skal lytte under vandet, når man kan se med radar, satellitter og kameraer. Svaret ligger i, hvordan havet opfører sig som medium.

Lys, radiobølger og radarsignaler trænger stort set ikke ned i vandet, og GPS virker heller ikke under overfladen. Lyd derimod udbreder sig over store afstande i vand, ofte langt bedre end i luft, og lyd er en af de få informationskilder, der overhovedet kan komme ud af det undersøiske domæne. Hvis man vil vide, hvad der foregår under overfladen, er lyd det medium, der bærer informationen.

Hertil kommer en sikkerhedspolitisk pointe: lytning er passiv. En målestation, der lytter, udsender ikke selv signaler og kan derfor ikke opdages på den måde, en aktiv sonar eller en radar kan. Det betyder, at man kan opbygge situationsforståelse over et område uden samtidig at afsløre, hvor man lytter fra, eller hvad man interesserer sig for. Det er en stor fordel, både for at beskytte selve overvågningskapaciteten og for at undgå at signalere ens prioriteringer til andre aktører.

RUSK-AI

Projektet er ledet af **FORCE Technology** i samarbejde med **Aalborg Universitet**, **Aarhus Universitet** og **Søværns-kommandoen**. I starten af 2026 begyndte holdet bag at udføre de første undervandstests til havs ud for Djursland

Endelig er undervandsstøj rig på information. Alle fartøjer og undervandsenheder skaber lyd: propeller, motorer, pumper, kavitation (dannelse og kollaps af luftbobler i vandet), hydrodynamik og elektronik bidrager hver især til et akustisk fingeraftryk, der kan bæres mange kilometer gennem vandet. Kombinationen af stor bæreevne, lytningens passive karakter og den mængde information, lyden indeholder, gør undervandsakustik til et af de stærkeste værktøjer, der findes til at forstå, hvad der foregår under havoverfladen.

Ét projekt i to faser

Det er i dette krydsfelt, at et flerårigt udviklingsprojekt med titlen "Realtidsdetektion af undervandsstøjkilder med kunstig intelligens" (RUSK-AI) skal forstås. Projektet er støttet af **Nationalt Forsvarsteknologisk Center (NFC)** og handler om at bruge kunstig intelligens til at lytte til undervandsstøj. Det er ledet af **FORCE Technology** i samarbejde med



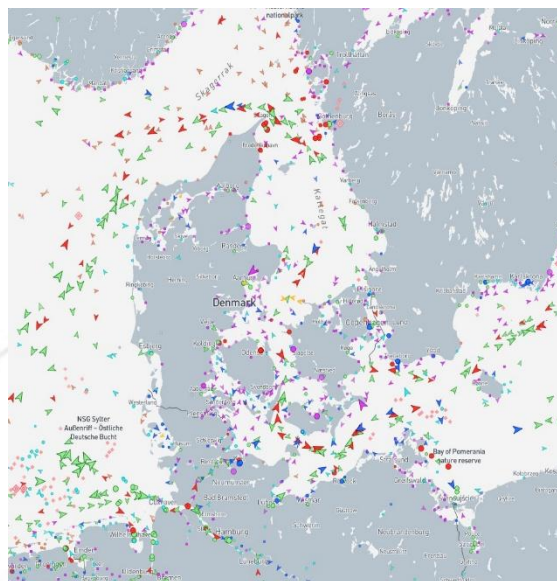
Aalborg Universitet, Aarhus Universitet og Søværnskommandoen, og det er tilrettelagt i to faser.

Første fase er en indledende afklaring af forskellige AI-modeller, der afprøves og sammenlignes for at se, hvor langt man kan nå med at genkende fartøjer på deres lyd. Hvert fartøj har sit eget akustiske fingeraftryk, og modellerne skal lære at skelne mellem disse aftryk. Modellerne trænes på åbne lyddatabaser suppleret med eksisterende måledata fra større, kommercielle skibe.

Projektet påbegyndte fase 2 i starten af 2026. Her blev arbejdet flyttet ud i danske farvande tæt på dansk kritisk infrastruktur med den trinvis etablering af en målestation på en lokation, hvor der er konkret interesse i fremtidig sikring og overvågning. Stationen måler undervandsstøjen løbende og kombinerer den med tre andre datakilder: a) data fra Automatic Identification System (AIS), b) kameradetektion af fartøjer uden AIS, samt c) oplysninger om vejr, strøm og temperaturforhold i vandet.

AIS er et af de centrale elementer i den kobling. Systemet er en international standard, hvor skibe over en vis størrelse løbende udsender en række metadata via radio om deres identitet, position, kurs, hastighed, fartøjstype, destination og status. Når målestationen registrerer en lyd, kan man via AIS slå op, hvilket fartøj der befandt sig i området, hvilken type det

var, og hvad det foretog sig. Det er denne kobling, der gør det muligt at træne AI-modellerne på rigtige data, fordi lyden får en kendt afsender. AIS har dog sine begrænsninger. Et fartøj kan slukke sin AIS-sender, manipulere sine data, eller helt mangle systemet, hvis det er under en vis størrelse. Det er præcis derfor, undervandsakustik suppleret med kamera og miljødata bliver så vigtig: når AIS svigter, skal de andre datakilder kunne bære informationen.



På en gennemsnitlig dag befinder der sig ifølge Søfartsstyrelsen op mod 2.500 aktive fartøjer i dansk farvand på samme tid. Forsvaret overvåger således omkring 400.000 skibspassager årligt gennem danske stræder. De farvede markører er fartøjer, der kan identificeres gennem AIS. De øvrige skal Forsvaret selv opspore. Foto: Marine Traffic

Alle data samles i en cloudbaseret platform, hvor AI-modeller kan arbejde i realtid på rigtige data fra danske farvande, og hvor modeludviklingen fortsætter på et helt andet grundlag end i fase 1. Datagrundlaget bliver nemlig markant bredere. Hvor fase 1 især bygger på data



fra større, kommercielle fartøjer, opfanger målestationen nu hele bredden af den almindelige skibstrafik fra store handelsskibe og færger til mindre fritidsfartøjer, fiskerbåde og arbejdsfartøjer.

Hertil kommer en række kontrollerede tests sammen med Søværnet, hvor bestemte fartøjstyper og undervandsenheder måles under kendte forhold. Det gør det muligt at opbygge akustiske referencer på netop de kilder, der er relevante i nutidens og i langt større omfang i fremtidens sikkerhedsbillede: mindre og støjsvage enheder, ubemandede systemer og undervandsdroner. Den slags fartøjer findes ikke i åbne databaser, og de ligner ikke nødvendigvis noget, der tidligere er målt på. Man kan forestille sig, at netop støjprofiler i fremtiden bliver noget, som den teknologiske innovation vil forsøge at mindske hos ubemandede undervandsfartøjer for bedre at kunne manøvrere i det skjulte.

RUSK-AI skal derfor snarere betragtes som starten på et langt udviklingsspor inden for kritiske teknologier, hvor vi i Danmark har muligheden for at være på forkant.

Den brede dataindsamling har et formål, der rækker ud over at kunne sætte navn på det enkelte fartøj. Når man over længere tid kombinerer lyddata med AIS, kameraer og oplysninger om vand og vejr,

opbygges der gradvist en grundig forståelse af, hvordan det pågældende farvand normalt lyder under forskellige forhold. Det er dette normalbillede, der er den egentlige værdi. For først når man ved, hvad der er normalt, kan man pålideligt opdage det, der afviger i form af en ukendt lydkilde, et fartøj uden AIS i et område, hvor der ikke burde være nogen, eller et støjmønster, der ikke passer til den kendte trafik og de aktuelle forhold. Den slags afvigelser kan flages som anomalier, der måske kræver nærmere opmærksomhed eller egentlig handling. Det er her, teknologien går fra at være et analyseværktøj til at være en operativ kapacitet i beskyttelsen af kritisk infrastruktur.

Det er først i fase 2, at teknologien for alvor bliver modnet. Når realtids-målestationen er i drift, kan modellerne løbende trænes, forfines og udskiftes på baggrund af rigtige data fra danske farvande fra både den almindelige skibstrafik og fra de kontrollerede test. Det skaber en læringsløkke, hvor data og modeller forbedrer hinanden over tid, og hvor systemet kan følge med, når trusselsbilledet ændrer sig.

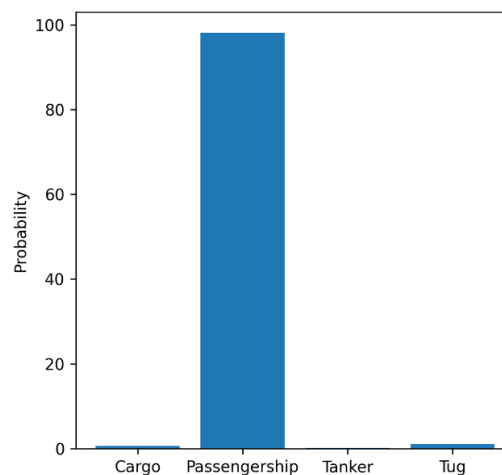
At forstå havet

Undervandsmiljøet er komplekst. Lyd udbreder sig over store afstande, men påvirkes af dybde, temperatur, saltholdighed, bundforhold, vejr, strøm og biologisk aktivitet. I danske farvande er



billedet yderligere præget af tæt trafik, lavvandede områder, broer, havne og energiinstallationer. For et menneske kan undervandsstøj fremstå uoverskueligt. For en AI-model kan det samme støjbillede blive et mønster, hvis modellen trænes på tilstrækkeligt relevante data. Derfor kombinerer projektet den akustiske datastrøm med oplysninger om vejr, bølger, strøm og temperaturlagdeling i vandsøjlen. En blæsende dag, kraftig strøm eller termisk lagdeling kan ændre, hvordan lyd opfattes ved en målestation. Uden konteksten risikerer en AI-model at forveksle naturlige variationer med relevante hændelser. Med konteksten kan den skelne mellem baggrundsstøj, kendte fartøjer og mulige anomalier.

I fase 2 bliver dette operationelt. AIS er implementeret direkte i den lokale målestation, så trafikinformation kan streames i realtid for det område, hvor stationen er placeret. Der arbejdes på at udvide kapaciteten med kamerabaseret detektion og klassifikation af små fartøjer, der ikke sender AIS, men som befinder sig i fokusområder af særlig interesse. De akustiske data, AIS-data og kameradata korreleres samtidig med vejr- og oceanografiske data, så støjbilledet kan tolkes i den rette miljøkontekst. Alle data behandles med fokus på GDPR og persondatabeskyttelse. Det er skiftet fra



Rådata fra lyttestationer under vandet bliver analyseret af AI-modeller og vises endeligt på en skærm i det operative led som et estimat af, hvilket fartøj der er tale om et givent sted. Figur: FORCE Technology.

simpel detektion til egentlig situationsforståelse, og det er den type kapacitet, der skal kunne lægges oven på radar, AIS, satellitter og patruljer i et samlet maritimt, flerdimensionelt overvågningsbillede.

Søværnet som afgørende bindeled

Teknologi af denne type kan ikke alene drives fra et laboratorium. Den kræver adgang til virkelige målinger, operativ forståelse og løbende dialog med dem, der i praksis skal bruge den. Derfor er samarbejdet med Forsvaret, og særligt Søværnet, ikke en formalitet, men en forudsætning for, at forskningen rammer rigtigt.



Søværnet bidrager til RUSK-AI med viden, koordination, sparring og test. Det betyder, at projektet kan trække på operativ forståelse af, hvilke scenarier der er relevante, og at AI-modellerne kan valideres mod kontrollerede målinger af fartøjstyper og undervandsenheder, der ikke findes i åbne databaser. Hertil kommer adgang til en konkret måleposition stillet til rådighed af **Vejdirektoratet**, der ser projektet som relevant for fremtidig sikring og overvågning af infrastruktur.

Erfaringerne fra Sortehavet er, at systemer kan udvikles, afprøves og justeres på relativt kort tid. Den hastighed er vanskelig at genskabe i fredstidsforskning, hvor projekter typisk formuleres, ansøges, vurderes, bevilliges, igangsættes og rapporteres over længere perioder. Men man kan tilrettelægge sig til gunstige vilkår for innovation. Fællestrækkene fra lignende teknologiprojekter i lande, vi normalt sammenligner os med i Nord- og Vesteuropa er, at forskning, operativ test og kapacitetsopbygning kobles tæt sammen og over flere år. Det er en faglig pointe i sig selv: undervandsakustik er stedbunden og datatung. Modning kræver parallel udvikling på flere fronter som forskning, hardware, software, målinger på relevante enheder, længerevarende måleserier og iterativ modeludvikling. Det tager tid.

Danske farvande har naturligtvis deres egne karakteristika. De binder Østersøen

sammen med Nordsøen, rummer tæt civil trafik, kabler, rørledninger og strategiske passager. Et akustisk system, der fungerer i dybe oceaner, fungerer ikke nødvendigvis i lavvandet, snævert og trafikeret farvand. Lokale målinger og lokal validering er derfor en faglig nødvendighed, hvis teknologi af denne type skal kunne anvendes meningsfuldt i dansk kontekst.

Et nyt situationsbillede

Danmarks geografi, vores kritiske infrastruktur og vores internationale forpligtelser stiller krav til, at den eksisterende overvågning bliver udbygget med nye sensortyper, ny analysekapacitet og nye samarbejdsformer. NATO's Baltic Sentry peger i den retning, og det samme gør EU's CER-direktiv om kritiske enheders modstandsdygtighed, der i Danmark trådte i kraft som CER-loven den 1. juli 2025 og forpligter operatører af blandt andet søkabler, rørledninger og energiinstallationer til havs til at sikre sig mod fysiske trusler som sabotage. Hertil kommer vores eget nationale ansvar for danske kabler, rørledninger, havvindmølleparker og søterritorium.

AI-baseret analyse af undervandsstøj er ikke en mirakelløsning. Datakvalitet, sensorsvigt i hårde miljøer og skæve træningsdata er reelle risici, og projektet adresserer dem eksplicit. Men netop derfor er gradvis operationalisering nødvendig. Man kan ikke vente på den perfekte løsning, før man begynder at



opbygge kapacitet. Det afgørende er et lærende system, hvor data, modeller, operative erfaringer og teknisk udvikling løbende forbedrer hinanden.



Søværnet afprøver løbende teknologi på flere områder. Her er det ubemandede fartøjer i Køge Bugt fra producenten Saildrone i sommeren 2025. Foto: Jan Schelbech/Forsvaret.

Det stiller også krav til samarbejdsformerne. Den type kapacitet, der opbygges her, kan ikke leveres af én aktør alene, hverken af universiteterne, GTS-institutterne, industrien eller Forsvaret. Den opstår i mødet mellem dem, og den modnes kun, hvis mødet er vedvarende og forpligtende. Erfaringerne fra projektet peger på, at der er behov for at gøre denne type samarbejde mellem **Forsvaret** og det civile innovationsmiljø til en formel og forpligtende del af forsvarsudviklingen – ikke en undtagelse, der etableres fra projekt til projekt. Når **Søværnet** bidrager med operativ forståelse, kontrollerede test

og dialog om brugsscenarier, er det ikke en serviceydelse, men en forudsætning for, at teknologien overhovedet bliver anvendelig.

Det er en pointe med en særlig vægt i dansk kontekst. Internationalt samarbejde i de fællesskaber, der er bygget op efter Anden Verdenskrig, **NATO**, **EU** og de bilaterale forsknings- og forsvarssamarbejder, er og bliver afgørende. Men det internationale samarbejde kan ikke stå alene. Mindst lige så vigtigt, og på nogle områder vigtigere, er det, at Danmark selv har forskning, udvikling og innovationsmiljøer, der kan opbygge dansk know-how om netop de problemstillinger, der opstår i vores egne farvande og omkring kritisk infrastruktur inden for rigets grænser. Hvis al teknologi outsources og al ekspertise hentes udefra, bliver dansk, maritim sikkerhed til en funktion af andres prioriteringer, leveringsplaner og strategiske valg. Det skaber en unødvendig og dybtgående afhængighed, der i en sikkerhedspolitisk presset tid er en sårbarhed i sig selv. Derfor er den danske kapacitetsopbygning, hvor **Forsvaret**, GTS-institutterne, universiteterne og industrien arbejder sammen om at udvikle, validere og modne teknologi i dansk kontekst, ikke et alternativ til det internationale samarbejde, men forudsætningen for at indgå i det som en selvstændig og bidragende partner.





Regeringsgrundlaget fra juni 2026: "Regeringen ønsker en styrket indsats mod cyberangreb og sabotage og bedre beskyttelse og overvågning af kritisk infrastruktur (...). Evnen til at opdage trusler og forebygge hybridangreb er afgørende for Danmarks sikkerhed". Foto: Peter Dalby / Forsvaret

Andre lande har over årtier opbygget vedvarende nationale samarbejder mellem forskning, industri og forsvar, og det er det, der i sidste ende har gjort dem til troværdige partnere i de internationale fællesskaber. Hvis Danmark skal opbygge en selvstændig kapacitet inden for undervandsdomænet, er en lignende strukturel forankring helt afgørende.

NFC-projektet bidrager til en bredere faglig udvikling: fra et overfladeorienteret overvågningsbillede mod et flerlaget situationsbillede, hvor det synlige kobles med det usynlige, det identificerede med det uidentificerede, og det normale med det afvigende. Og fra projekter, der hver især skal opfinde samarbejdsformerne, mod en mere formaliseret kobling mellem

Forsvaret og det danske innovationsmiljø, der skal levere fremtidens teknologi.

Policy-anbefalinger

1) Etabler fast-track finansiering fra lovende forsvarsteknologi til udvidet pilot og operativ test. Hvis en teknologi som RUSK-AI viser lovende resultater i dansk farvand og udvikles i tæt samarbejde med Søværnet, bør vejen til videre test, udrulning og kapacitetsopbygning være kortere.

2) Investér i et netværk af målestationer ved kritisk undersøisk infrastruktur. Første skridt bør være flere målestationer ved udvalgte kabler, rørledninger, havvindområder, broer og strategiske farvande, hvor undervandslyd, andre sensor- og informations-data kan samles og analyseres. På sigt kan erfaringerne danne grundlag for et bredere situationsbillede for danske farvande.

3) Oppriorité udvikling af realtidsdetektion af undervandsdroner og andre ubemandede enheder. Et målrettet test- og dataprogram kan opbygge danske akustiske reference-data på de enheder, der kan blive centrale i fremtidens trusselsbillede. Det vil styrke evnen til at opdage, klassificere og reagere på ukendte aktiviteter under havoverfladen

4) Søværnet, beredskabsmyndigheder og relevante infrastructurejere bør tage medejerskab over arbejdet med at vurdere, hvilke data, alarmer og



samarbejdsformer der skal til, før akustisk
overvågning kan anvendes som praktisk
støtte i beskyttelsen af kritisk undersøisk
infrastruktur ■





Nationalt
Forsvarsteknologisk
Center

Kroghsstræde 1,
9220 Aalborg Ø

Frederikskaj 10B,
2450 København SV

Rue De Luxembourg 3,
1000 Bruxelles

DEFTECH DEBRIEF er udgivet af Nationalt
Forsvarsteknologisk Center (NFC).

NFC er finansieret gennem Folketingets 'Aftaler
om Forskning og Innovation 2026-2029' og
samler danske universiteter og GTS'er om et
teknologisk løft af Forsvaret og den danske
forsvarsindustri.

Redaktion: Pola Rojan Bagger og Jeppe
Teglskov Jacobsen.

Kontakt redaktionen: pola@nfc.dk.

Forsidefoto: AI-designet grafisk illustration af
konceptet leveret af FORCE Technology.

Bagsidefoto: Søværnet overvåger kritisk
infrastruktur: Foto: Steffen Fog/Forsvaret



**National Defence
Technology Centre**