

# Overvågning af lavfrekvent undervandsstøj i danske havområder

Statusrapport til Miljøstyrelsen 2024

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 18. Februar 2025 | 14



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Overvågning af lavfrekvent undervandsstøj i danske havområder  
Undertitel: Statusrapport til Miljøstyrelsen 2024

Forfattere: Siri L. Elmegaard, Emily T. Griffiths, Michael Ladegaard, Jakob Tougaard  
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

Faglig kommentering: Simone K. A. Videsen  
Kvalitetssikring, DCE: Anja Skjoldborg Hansen

Ekstern kommentering: Miljøstyrelsen. [Kommentarerne findes her](#):

Rekvirent: Miljøstyrelsen

Bedes citeret: Elmegaard, S.L., Griffiths, E.T., Ladegaard, M., Tougaard, J. 2024. Overvågning af lavfrekvent undervandsstøj i danske havområder. Statusrapport til Miljøstyrelsen 2024. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, s. 19 – Fagligt notat nr. 14 2025

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: S.L. Elmegaard

Sideantal: 19

# Indhold

<b>Resumé</b>	<b>4</b>
<b>1 Baggrund</b>	<b>5</b>
1.1 Havstrategidirektivets kriterium D11C2	5
1.2 Tærskelværdier	6
<b>2 Metoder</b>	<b>7</b>
2.1 Målestationer	7
2.2 Udstyr	8
2.3 Dataanalyse	10
<b>3 Indsamlede data</b>	<b>12</b>
<b>4 Tendensanalyse</b>	<b>16</b>
<b>5 Referencer</b>	<b>18</b>

## Resumé

Vedvarende lavfrekvent undervandsstøj overvåges i Danmark via støjloggere udsat på fire stationer i indre danske havområder samt to stationer i Nordsøen. Der roteres imellem stationerne, så der måles på mindst tre stationer hvert år. I 2023 blev der indsamlet data fra Lillebælt, Hjelm, Horns Rev III og Gule Rev. Målingerne er kontinuerte optagelser af støj fra 20 Hz til 20 kHz, som opgøres i månedlige medianer og percentiler ( $L_{95}$ ,  $L_{75}$ ,  $L_{25}$ ,  $L_{05}$ ) i dekadebånd omkring 63 Hz, 125 Hz og 2 kHz. Tilgangen er i overensstemmelse med HELCOM's guidelines for overvågning af undervandsstøj.

Data viser variationer i støjniveauer fra måned til måned. En tendensanalyse for den længst kørende station, Lillebælt, som ligger i et relativt beskyttet område, viser dog ikke en udvikling af støjniveauet gennem tid. Efterhånden som de øvrige stationer indsamler mere data, forventes det at kunne lave tilsvarende analyser for dem.

# 1 Baggrund

Dette notat beskriver status for overvågningen af vedvarende lavfrekvent undervandsstøj i indre danske havområder og Nordsøen frem til sommeren 2024 som led i Miljøstyrelsens overvågning. Denne overvågning foregår som en del af opfyldelsen af Danmarks forpligtelser i henhold til EU's havstrategidirektiv (EU Kommissionen, 2008). Miljøstyrelsen har haft mulighed for at kommentere et udkast til notatet inden offentliggørelsen.

Havstrategidirektivet (EU Kommissionen, 2008) pålægger medlemslandene at opnå og fastholde god miljøtilstand i EU's havområder. For at kunne nå dette mål stiller direktivet en række krav til medlemslandene, fordelt på 11 forskellige deskriptorer, med dertilhørende kriterier for god miljøtilstand. Deskriptor 11 omhandler indførelsen af energi til havmiljøet, herunder menneskeskabt vedvarende lavfrekvent lyd.

Dette notat er en afrapportering af de indsamlede data efter en basal dataanalyse i henhold til anbefalinger fra EU (TG-Noise; Dekeling *et al.*, 2014) og HELCOM (EG-Noise/Sea-based Pressures HELCOM, 2018) og indeholder derfor ikke en tilbundsående analyse eller syntese af målingerne. For første gang undersøges for en mulig tendens (trend) i niveauet af undervandsstøj ved målestationen i Lillebælt, som har indsamlet data siden overvågningens begyndelse i 2016.

Kilder til vedvarende lavfrekvent undervandsstøj gennemgås ikke her i notatet, men kan findes i f.eks. baggrundsrapporten for basisanalysen (Tougaard *et al.*, 2023).

## 1.1 Havstrategidirektivets kriterium D11C2

Direktivets deskriptor 11 omhandler tilførsel af energi til havmiljøet, herunder menneskeskabt undervandsstøj (EU Kommissionen, 2017). Deskriptoren omfatter to kriterier, der beskriver hvorledes miljøtilstanden for undervandsstøj skal vurderes. Dette notat fokuserer på deskriptorens andet kriterium, D11C2, om lavfrekvent, vedvarende støj.

Den lavfrekvente, vedvarende støj vurderes ved hjælp af gennemsnitlige lyd-niveauer (dB re 1 $\mu$ Pa, Root Mean Square (rms)) inden for specifikke decidekadebånd<sup>1</sup>. I den danske overvågning af undervandsstøj anvendes decidekadebåndene 63 Hz, 125 Hz og 2 kHz. Decidekadebåndene ved 63 Hz og 125 Hz er valgt efter EU-Kommissionens retningslinjer (EU Kommissionen, 2008; 2017) som de mest repræsentative bånd for skibstrafikken, som er den dominerende støjkilde for D11C2. Ifølge HELCOM's overvågningsguidelines (HELCOM, 2021) samt anbefalinger fra EU's TG-Noise (Dekeling *et al.*, 2014) bør støjniveauet måles inden for frekvensområdet 20 Hz til 20 kHz. Støjen opgøres således i 2 kHz-båndet for at overholde HELCOMs anbefalinger og til anvendelse i (pre-CORE) indikatoren "Continuous low frequency anthropogenic sound" (HELCOM, 2023a). 2 kHz-båndet er særlig relevant for havpat-

<sup>1</sup> Et decidekadebånd har båndbredden 1/10 af en dekade (~23% af centerfrekvensen), i praksis det samme som en tredjedel oktav, som er den traditionelle betegnelse.

tedyr og især for marsvin (*Phocoena phocoena*), det eneste havpattedyr i Østersøen, som er nævnt i Habitatdirektivets bilag IV og dermed er under streng beskyttelse (EU Kommissionen, 1992).

## 1.2 Tærskelværdier

Under havstrategidirektivet skal der sættes fælles tærskelværdier for god miljøtilstand. For undervandsstøj skal tærskelværdierne gælde tidsmæssig og rumlig udbredelse af støj, samt niveauer af støj, som har negativ effekt på populationer af marine dyr (EU Kommissionen, 2017). I 2022 vedtog medlemslandene i EU således tærskelværdier for vedvarende undervandsstøj ift. tidsmæssig og rumlig udbredelse (Borsani *et al.*, 2023), imens tærskelværdier for støjniveauer stadig udestår.

For HELCOM-området er de vedtagne tærskelværdier anvendt i BLUES-projektet i forbindelse med HELCOM's tilstandsvurdering, Holistic Assessment 3 (HOLAS 3, HELCOM, 2023b). Dette er gennemgået i baggrundsrapporten til basisanalysen (Tougaard *et al.*, 2023). Vedvarende lavfrekvent undervandsstøj vurderes for Nordsøen som en del af OSPAR's tilstandsvurdering, Quality Status Report (QSR) 23 (Kinneking and Tougaard, 2021). Støjindikatorerne under QSR 23 blev afsluttet før EU's tærskelværdier blev fastsat, og tærskelværdierne er derfor endnu ikke anvendt i OSPAR-sammenhæng. Tærskelværdierne er dog anvendt i den danske del af Nordsøen i forbindelse med baggrundsrapporten til basisanalysen (Tougaard *et al.*, 2023).

Der pågår fortsat arbejde i regionale fora med at definere de udestående niveau-tærskelværdier (kaldet LOBE-værdier, TG-Noise, 2022), som afhænger af indikatorarter. Der mangler desuden konkret vejledning om metoder til at anvende tærskelværdierne direkte på data fra punktmålinger, som i det danske overvågningsprogram. Dette arbejde er iværksat på EU-niveau (TG-Noise) og forventes først at udmunde i konkrete anbefalinger tidligst i 2025

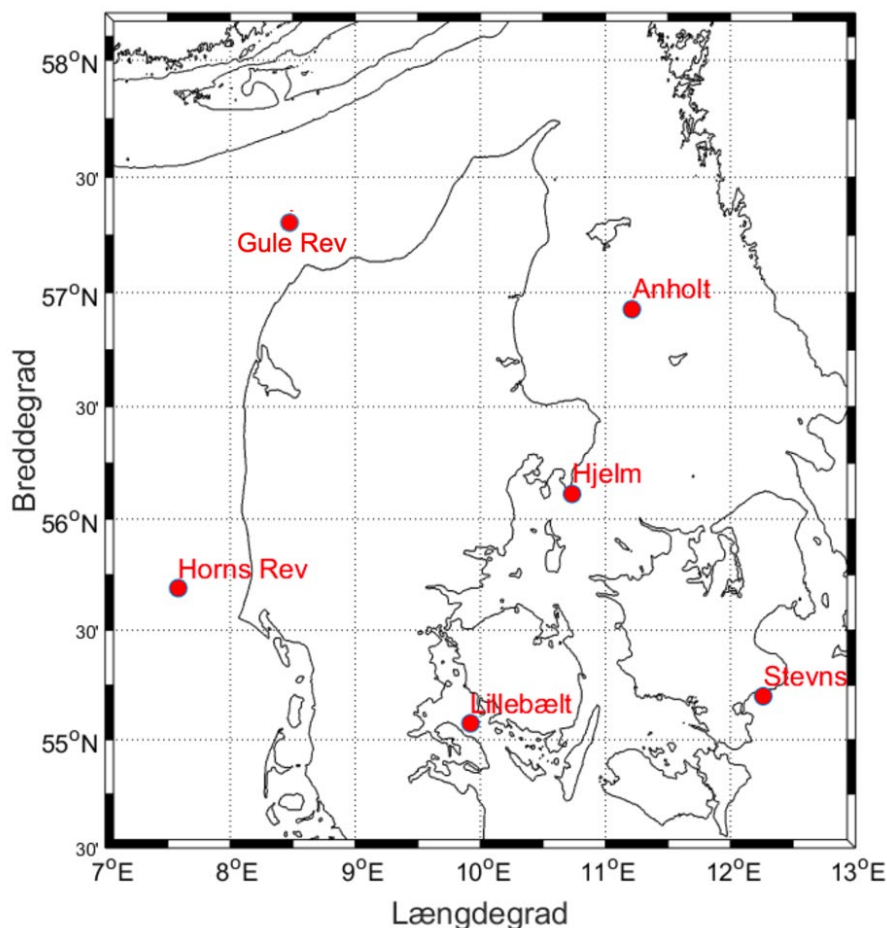
## 2 Metoder

De anvendte måle- og analysemetoder følger anbefalingerne fra HELCOM (HELCOM, 2021) og den tekniske anvisning for vedvarende undervandsstøj (Tougaard, 2019).

### 2.1 Målestationer

Det danske overvågningsprogram opererer gennem seks målestationer, hvor der skiftevis indsamles data, således at mindst tre stationer leverer data hvert år. Rotationen imellem stationer har været anvendt siden 2021, hvor Gule Rev blev føjet til listen over målestationer. Det nøjagtige antal af aktive stationer hen over et givet år kan være højere hvis stationer er aktive hen over nytår (se figur 3.1). I Kattegat er der to stationer: ved Anholt (Station 104) og Hjelm (Station 103). I den sydlige del af de indre danske farvande findes to stationer: i Lillebælt (Station 35) og ved Stevns (Station 38). I Nordsøen er stationerne placeret ved Horns Rev 3 (Station 201) og Gule Rev (Station 202). Målestationerne fremgår af Figur 2.1, med positioner angivet i Tabel 2.1.

**Figur 2.1.** Kort med angivelse af de seks faste stationer i danske farvande. Farvandet omkring Bornholm dækkes af målestationer i den svenske, tyske og polske overvågning.



**Tabel 2.1.** Målestationer anvendt siden 2019. Station 35-104 blev også anvendt i 2016-2018. Koordinatsystem: WGS 1984.

Rotation	Nummer	Navn	Længdegrad	Breddegrad	Dybde (m)
A	35	Lillebælt	9° 55,28' Ø	55° 4,53' N	25
B	38	Stevns	12° 15,66' Ø	55° 11,97' N	11
B	103	Hjelm	10° 43,95' Ø	56° 6,78' N	10
B	104	Anholt	11° 12,13' Ø	56° 55,57' N	12
C	201	Horns Rev	7° 35,1' Ø	55° 41,4' N	15
C	202	Gule Rev	8° 24,1' Ø	57° 18,7' N	35

Stationerne roteres mellem overvågningsår efter mønsteret: A) overvågning hvert år, B) på skift hvert tredje år, C) på skift hvert andet år. Stationsnumre under 100 stammer fra BIAS projektet (Mustonen *et al.*, 2019) og er fastholdt. Øvrige stationsnumre er unikke for støjovervågningen: 1xx i Kattegat, 2xx i Nordsøen/Skagerrak.

## 2.2 Udstyr

Der er anvendt tre typer af dataloggere i måleprogrammet: SM2M (Wildlife Acoustics, Boston), ST500HF og ST600HF (begge Ocean Instruments, New Zealand). Selvom dataloggerne adskiller sig i konstruktionen, fungerer de grundlæggende ens og leverer målinger, i overensstemmelse med standarderne (HELCOM, 2018; Tougaard, 2019). De primære forskelle mellem dataloggerne ligger i hukommelseskapaciteten (som stiger fra SM2M til ST500HF og ST600HF) samt batterilevetiden (som også øges fra SM2M til ST500/600HF). Disse forskelle har muliggjort, at driftscyklusset gradvist er blevet justeret fra 50 % (30 minutters optagelse hver time) til næsten 100 % (59 minutters optagelse hver time), samtidig med at båndbredden er blevet udvidet fra 20 kHz til 40 kHz eller mere.

Dataloggerne blev placeret med hydrofonen vendt opad i vandsøjlen, cirka 3 meter over havbunden. Udstyret blev fastgjort til et anker bestående af to jutesække fyldt med granitskærver. Mellem ankeret og dataloggeren var anbragt en akustisk styret udløsermekanisme (Sonardyne LRT, U.K. eller Sub-SeaSonic Release system), som kan frigøre loggeren fra stensækkene ved hjælp af en kodet lydkommando fra overfladen. Jutesækkene og hamperebet efterlades på bunden, da de er bionedbrydelige. Ved opsætningen med SM2M loggeren blev der placeret en trawlkugle mellem den akustiske udløser og dataloggeren for at give ekstra opdrift. For ST500 loggeren blev trawlkuglen placeret ovenfor loggeren, som desuden var indlejret i et flamingobøjeflåd for at sikre yderligere opdrift. Se opsætningerne i Figur 2.2.



**Figur 2.2.** Eksempel på opsætningen af de to typer af målestationer. Venstre: Opsætning med ST500 dataloggeren. Højre: Opsætning med SM2M dataloggeren.



### 2.2.1 SM2M dataloggeren

SM2M dataloggerens hydrofon (HTI96min) har en følsomhed på  $-164$  dB re  $1\text{V}/\mu\text{Pa}$ . Dataloggeren optager lyden digitalt (16 bit, sampling rate: 32 ksamples/s) og gemmer optagelserne som ukomprimerede wav-filer på SD-hukommelseskort (128 GB, med 1-4 kort per datalogger). Med en driftscyklus på 50 % optager SM2M loggeren i 30 minutter hver time. Under disse indstillinger har denne type logger en optagetid på omtrent 3 måneder, som er begrænset af batterilevetiden. SM2M dataloggeren er udgået af produktion og anvendes ikke længere i det danske måleprogram.

### 2.2.2 ST500 dataloggeren

ST500 dataloggerens hydrofon har en følsomhed på  $-158$  dB re  $1\text{V}/\mu\text{Pa}$ . Den optager lyden digitalt (16 bit, sampling rate: 96 ksamples/s) og gemmer optagelserne som komprimerede datafiler i intern hukommelse samt på op til 3 mikro-SD hukommelseskort. I alt kan lagres op til 1 TB komprimeret data. ST500 loggerne optager kontinuerligt, og ifølge producentens oplysninger kan denne type logger optage data i omkring 4 måneder, hvilket er begrænset af batterilevetiden.

De ST500 dataloggere, der blev anskaffet til overvågningen, har dog haft tekniske problemer, herunder skader på en hydrofon og fejl i elektronikken, hvilket

har medført betydelige datatab. Derfor er de blevet udfaset fra overvågningsprogrammet (og er endvidere ikke længere tilgængelige fra producenten) og er blevet erstattet af den nyere og forbedrede model, ST600. En enkelt ST500 datalogger, som har fungeret uden problemer, er stadig bevaret som reserveudstyr.

### 2.2.3 ST600 dataloggeren

ST600 dataloggeren ligner ST500, men er udstyret med en indbygget hydrofon (nominel følsomhed/klipniveau = 177 dB re 1  $\mu$ Pa) og har en mere robust konstruktion. Desuden er de firmware-fejl, der har forårsaget problemer og datatab i ST500-udlægningerne, blevet udbedret i ST600 modellen. Dataloggeren optager lyden digitalt (16 bit, samplingrate: 96 ksamples/s) og gemmer optagelserne som komprimerede datafiler på op til 4 mikro-SD hukommelseskort. Der kan således lagres op til 2 TB komprimeret data i alt. ST600 loggerne optager kontinuerligt, og ifølge producentens oplysninger kan denne type logger optage data i cirka 6 måneder, hvilket er begrænset af batterilevetiden. ST600 er den foretrukne datalogger til overvågningen, og de øvrige logger anvendes kun, hvis der ikke er en ST600 ledig på udlægningstidspunktet.

## 2.3 Dataanalyse

Målingerne blev analyseret ved hjælp af en Matlab-rutine (R2017b, Mathworks), udviklet i overensstemmelse med HELCOM's specifikationer (HELCOM, 2021) samt den tekniske anvisning for vedvarende undervandsstøj (Tougaard, 2019). For at sikre kvaliteten af rutinen blev den kalibreret i forhold til en Matlab-rutine, udviklet af FOI i Stockholm som en del af BIAS-projektet (Baltic Sea Information on the Acoustic Soundscape). BIAS-standarden kan findes i Betke *et al.* (2015). Hver datafil, på 30-59 minutter, blev opdelt i 1-sekunds blokke. For hver blok blev det totale lydtryk ( $L_{eq}$ , rms-gennemsnittet over 1 sekund) samt lydtrykket inden for decidekade-båndene ( $L_{63,1s}$ ,  $L_{125,1s}$  og  $L_{2000,1s}$ ) beregnet.  $L_{63,1s}$ ,  $L_{125,1s}$  og  $L_{2000,1s}$  blev udregnet som summen af effekttæthedsspektret ved hjælp af en fast Fourier transform (FFT) algoritme, Hann-vægtet, med 32000 eller 96000 punkter for henholdsvis SM2M og ST500/ST600. Baseret på værdierne for hver 1-sekunds periode blev de øvre percentiler  $L_5$ ,  $L_{25}$ ,  $L_{50}$  (median),  $L_{75}$  og  $L_{95}$  beregnet.  $L_5$  repræsenterer det lyd-niveau, der kun overskrides 5 % af tiden og dermed er et mål for de kraftigste lyde i måleperioden, mens  $L_{95}$  angiver det niveau, som overskrides 95 % af tiden, hvilket gør det til et mål for det laveste støjniveau på målestationen.

Dataanalysen i overvågningsprogrammet er blevet udvidet i overensstemmelse med retningslinjerne fra Interreg-projektet JOMOPANS (Ward *et al.*, 2021) og omfatter nu alle decibel-bånd mellem 20 Hz og 20 kHz. Ændringerne implementeres for at optimere processen med kvalitetskontrol af data, lette upload af analyserede data til HELCOM's database for vedvarende støj (hos ICES) samt muliggøre dataekstraktion til videre analyse. Aktuelt arbejdes på harmonisering af retningslinjerne for dataindrapportering mellem OSPAR og HELCOM til den fælles database hos ICES.

### 2.3.1 Tendensanalyse

For at bestemme tendenser i støjniveauer gennem tid, undersøgte vi data fra den længst kørende station, Lillebælt, som har været overvåget siden 2016. Generaliserede additive mixed-modeller (GAMM) blev anvendt ved hjælp af R (v4.4.2) med pakken mgcv (Wood, 2017) til at korrelere støjdata over tid. Fraktiler (overskridelsesniveauer) blev beregnet i 6-timers intervaller for de cidekadebåndene ved 125 Hz og 2 kHz. For at undersøge trends i højeste og laveste støjniveau, testede vi for hvert bånd 5% fraktilen ( $L_{05}$ , det niveau, der blev overskredet 5% af tiden) og 95-fraktilen ( $L_{95}$ , det niveau, der blev overskredet 95% af tiden) af overskridelsesniveauet. Medianen ( $L_{50}$ ) blev endvidere testet. Hver fraktil for hvert frekvensbånd ( $E_{L\_Band}$ ) blev testet ved hjælp af følgende formel:

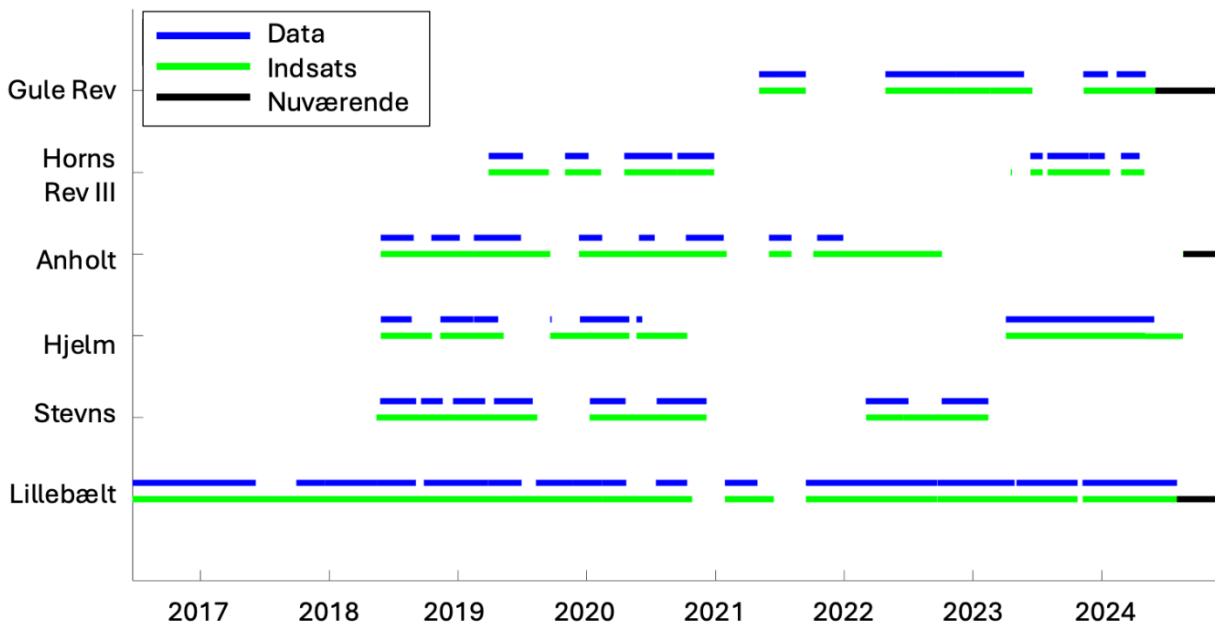
```
gamm( $E_{L\_Band} \sim s(nTime, k=15)$ , correlation = corAR1(form= $\sim 1 | nDay$ ), family=gaussian())
```

Den forklarende variabel ( $nTime$ ), den numeriske dato og tid for hver fraktil blev tilpasset dataene med en udglatningsfunktion for at forklare, om og hvordan støj tendenser ændrede sig gennem overvågningsperioden, med hensyntagen til sæsonvariation gennem årene ( $k$ ). En korrelationsfaktor for dag-på-året (Juliansk dag,  $nDay$ ) blev også inkluderet for at informere gamm-modellen om, at ikke kun de 6-timers intervaller, der ligger tæt på hinanden, er korrelerede, men også på tværs af årene: Således forventes støjniveauet den 22. juni 2016 at korrelere med niveauet den 22. juni 2017 og fremdeles.  $nDay$  blev beregnet med den pågældende dag i året (1-365) + timefraktionen. Således bliver 22. juni 2016 06:00:00 til dagen (174) plus timefraktionen (0.25) = 174.25. Denne model antog en Gaussisk fordeling, som er passende for kontinuerlige støjmålinger. Residualer var normalfordelte og uden overdispersion.

### 3 Indsamlede data

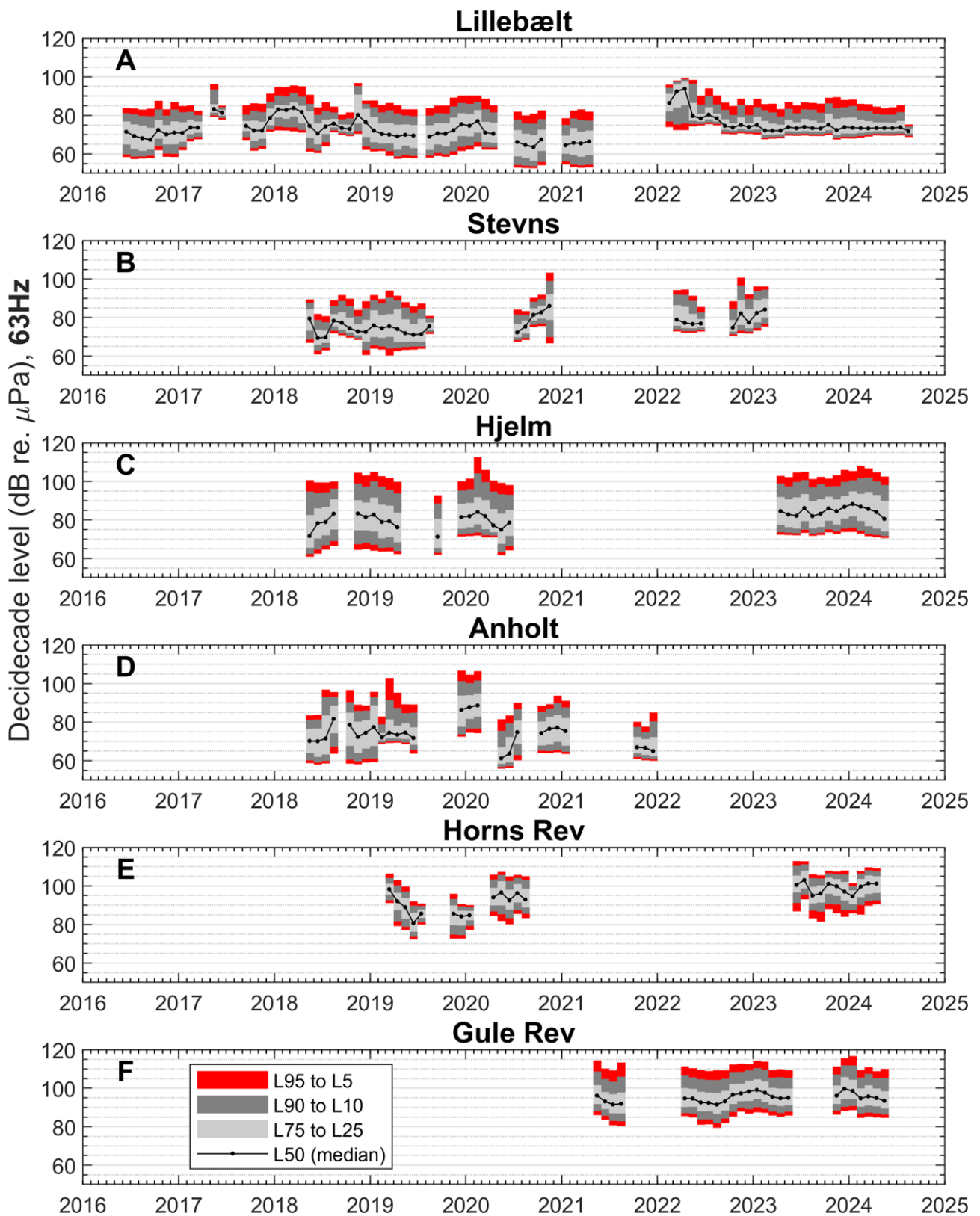
I 2023 blev data indsamlet på stationerne Lillebælt, Hjelm, Horns Rev III og Gule Rev. Dataindsamlingen forløb uden tab af udstyr og stort set uden tab af data i 2023.

Perioder, hvor udstyr har været udlagt og data indsamlet frem til sommeren 2024 fremgår af Figur 3.1.

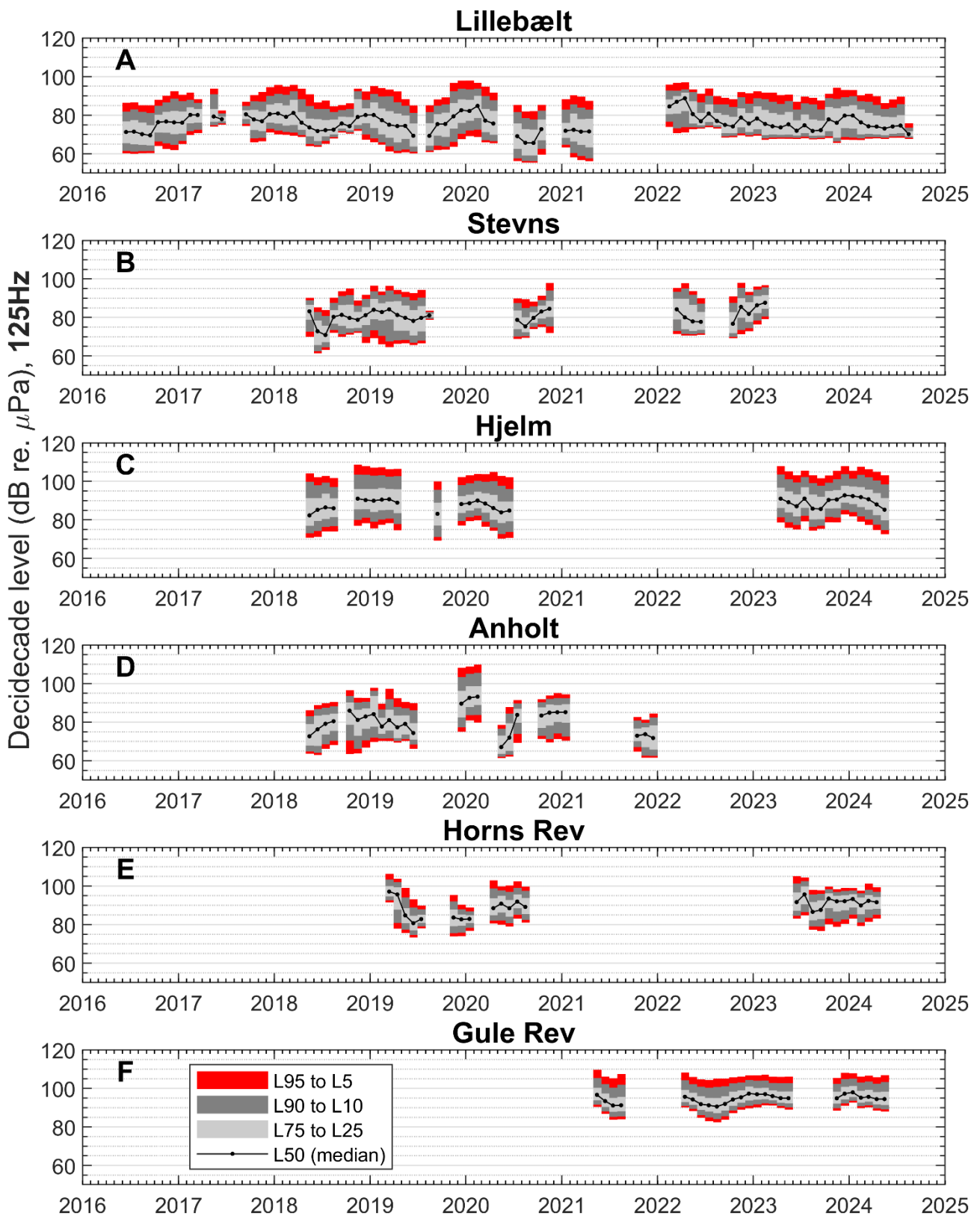


**Figur 3.1.** Oversigt over perioder med udlagt måleudstyr og indhentede data. Grønne linjer indikerer at udstyr var udlagt på målestationen, blå linjer at udlægningen resulterede i brugbare data.

Figur 3.2, 3.3 og 3.4 herunder viser de data, der er analyserede og indberettet til HELCOM og OSPAR's fælles database for vedvarende lavfrekvent støj hos ICES.



Figur 3.2. Månedlige fraktiler ( $L_5$ ,  $L_{50}$  og  $L_{95}$ ) for 63 Hz decidecade-båndet.



Figur 3.3. Månedlige fraktiler ( $L_5$ ,  $L_{50}$  og  $L_{95}$ ) for 125 Hz decidekade-båndet.

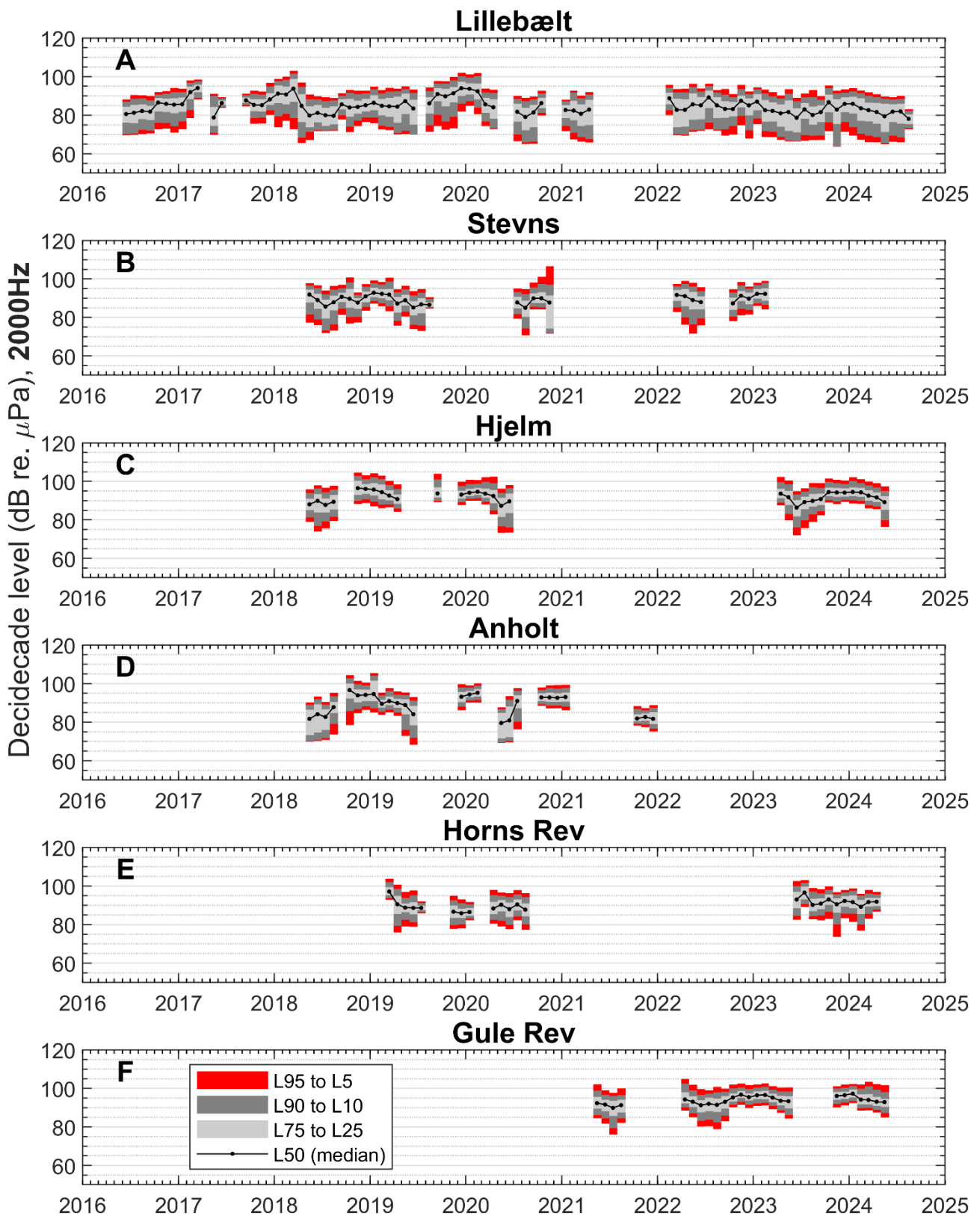


Figure 3.4. Månedlige fraktiler ( $L_5$ ,  $L_{50}$  og  $L_{95}$ ) for 2 kHz decidekade-båndet.

## 4 Tendensanalyse

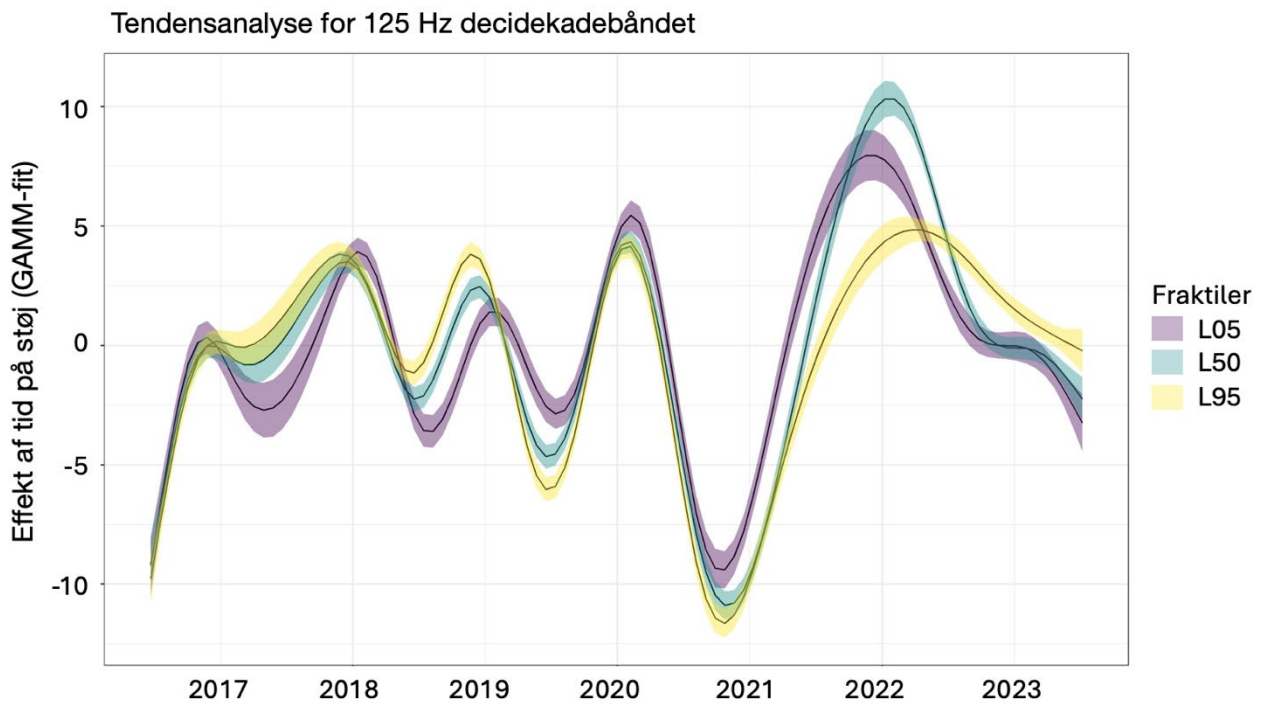
Der er nu målt i så mange år på en af stationerne (Lillebælt) at det giver statistisk mening at undersøge om der er en tidsmæssig udvikling i måleserien af støjniveauer (tendens- eller trend-analyse)

Både for 125 Hz- og 2 kHz-båndene viser alle tre fraktiler sæsonvariation med højere værdier om vinteren og lavere værdier om sommeren (figur 4.1 og 4.2). Den generelt lavere støj om sommeren skyldes bl.a. lavere vindhastigheder. Det gennemsnitlige niveau ændrer sig derimod ikke gennem årene, hvilket peger på, at der ikke er en udvikling (opadgående eller nedadgående) i støjniveauerne gennem perioden. Der er større variation i de senere år, hvilket dog tilskrives, at der er huller i tidsserien i 2020-21 (figur 3.1). De tilgængelige støjmålinger i perioden er lave, hvilket giver modellens forudsigelser større udsving. Udsvingene forventes at jævne mere ud efterhånden som tidsserien forlænges.

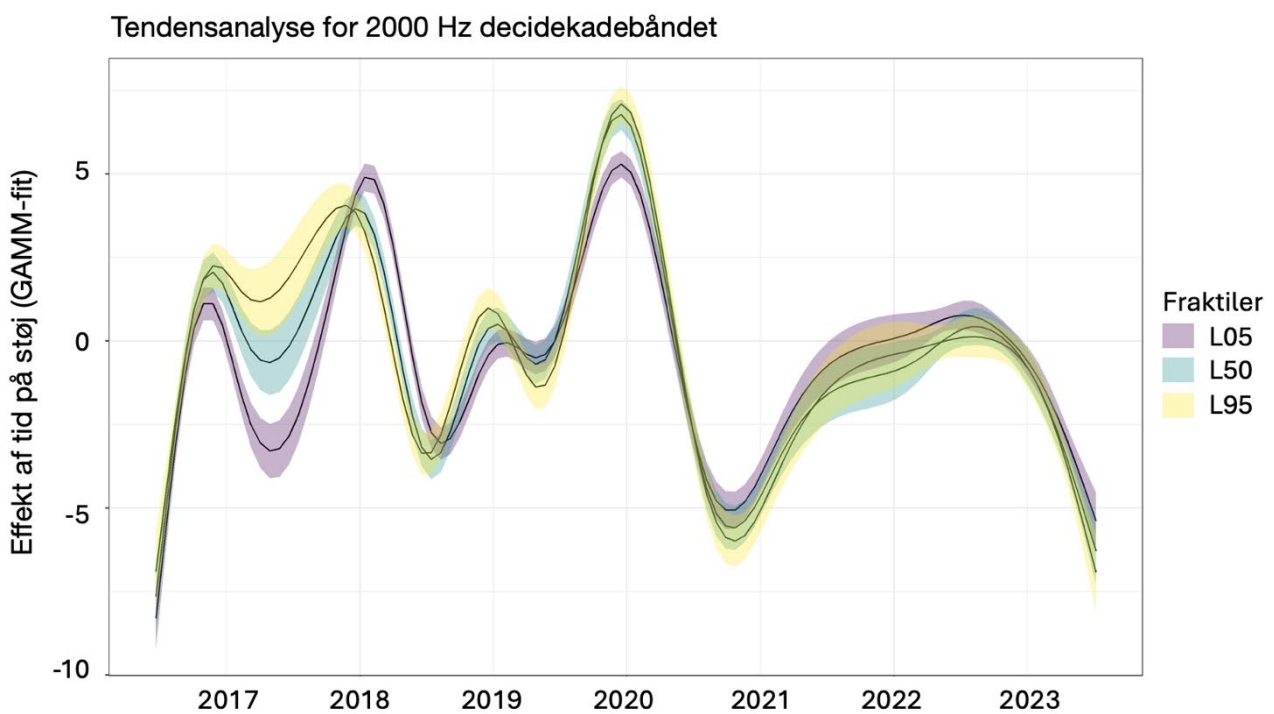
Især de ekstreme fraktiler ( $L_{05}$  og  $L_{95}$ ) er interessante, idet det er i disse at man vil forvente at se de første tegn på ændringer i det gennemgående niveau.  $L_{05}$  repræsenterer det niveau, der kun overskrides 5% af tiden og er derfor meget påvirkeligt af skibstrafik. Selv en mindre stigning i skibstrafikken vil man forvente at kunne se afspejlet i  $L_{05}$ , hvorimod der skal meget store ændringer til for at påvirke medianen ( $L_{50}$ ).  $L_{95}$  repræsenterer det niveau, der er overskredet 95% af tiden og er dermed et udtryk for hvor stille der er når der ikke er skibe eller andre punktkilder i nærheden.  $L_{95}$  er i områder langt fra store skibruter (som Lillebælt) meget påvirkelig af ændringer i den naturlige baggrundsstøj (genereret af vind og bølger).

Lillebælt er den længst kørende danske nationale overvågningsstation med de fleste data til tendensanalysen. Stationen ligger dog også i et område, der er relativt godt beskyttet. Der er færger, kommercielle og rekreative fiskefartøjer samt fritidsbåde, men der er ikke meget pres fra skibsfarten. I takt med at mængden af data øges på de øvrige målestationer forventes tendensanalysen at kunne udvides i fremtidige analyser til også at inkludere disse stationer, herunder stationer, der er mere eksponerede for skibstrafik.





**Figur 4.1.** Tendensanalyse for 125 Hz decidekadebåndet. Figuren viser en GAMM-tilpasset kurve med den individuelle komponenteffekt af en glat (smooth) funktion på den forklarende variabel (nTime), betinget af at alle andre termer i modellen er sat til nul. Sæsonvariation imellem sommer og vinter er tydelig, men en udvikling hen over årene kan ikke ses.



**Figur 4.2.** Tendensanalyse for 2 kHz decidekadebåndet. Figuren viser en GAMM-tilpasset kurve med den individuelle komponenteffekt af en glat (smooth) funktion på den forklarende variabel (nTime), betinget af at alle andre termer i modellen er sat til nul. Sæsonvariation imellem sommer og vinter ses, men en udvikling hen over årene kan ikke ses.

## 5 Referencer

Betke, K., Folegot, T., Matuchek, R., Pajala, J., Persson, L., Tegowski, J., Tougaard, J., and Wahlberg, M. (2015). "BIAS standards for signal processing. Aims, processes and recommendations. Amended version," (Stockholm).

Borsani, J. F., Andersson, M., André, M., Azzellino, A., Bou, M., Castellote, M., Ceyrac, L., Dellong, D., Folegot, T., Hedgeland, D., Juretzek, C., Klauson, A., Leaper, R., Le Courtois, F., Liebschner, A., Maglio, A., Mueller, A., Norro, A., Novellino, A., Outinen, O., Popit, A., Prospathopoulos, A., Sigray, P., Thomsen, F., Tougaard, J., Vukadin, P., and Weilgart, L. (2023). "Setting EU Threshold Values for continuous underwater sound, Technical Group on Underwater Noise (TG NOISE), MSFD Common Implementation Strategy," edited by J.-N. Druon, G. Hanke, and M. Casier (Luxembourg).

Dekeling, R. P. A., Tasker, M. L., Van der Graaf, A. J., Ainslie, M. A., Andersson, M. H., André, M., Borsani, J. F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S. P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., and Young, J. V. (2014). "Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II: Monitoring Guidance Specifications," (Luxembourg).

EU Kommissionen (1992). "Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter (Habitatdirektivet)."

EU Kommissionen (2008). "Europa-parlamentets og Rådets direktiv 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (Havstrategidirektivet)."

EU Kommissionen (2017). "Kommissionens afgørelse 2017/848 af 17. maj 2017 om fastlæggelse af kriterier og metodiske standarder for god miljøtilstand i havområder samt specifikationer og standardmetoder for overvågning og vurdering og om ophævelse af afgørelse 2010/477/EU."

HELCOM (2018). "HELCOM Guidelines for monitoring continuous noise," (HELCOM sekretariat, Helsinki), p. 9.

HELCOM (2021). "Assessment methodology for low impulsive noise in HOLLAS III. Document 4J-76 presented to STATE&CONSERVATION 14-2021.," (Helsinki).

HELCOM (2023a). "Continuous low frequency anthropogenic sound (HELCOM pre-core indicator report)," (Helsinki).

HELCOM (2023b). "Final summary report: HELCOM biodiversity, litter, underwater noise and effective regional measures for the Baltic Sea. Available at [https://blues.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/08/HELCOM-BLUES\\_Final\\_summary\\_report.pdf](https://blues.helcom.fi/wp-content/uploads/2023/08/HELCOM-BLUES_Final_summary_report.pdf)," (Helsinki).

Kinneging, N., and Tougaard, J. (2021). "Assessment North Sea. Report of the EU INTERREG Joint Monitoring Programme for Ambient Noise North Sea (Jomopans)," (Rijkswaterstaadt, The Hague, Netherlands), p. 23.

Mustonen, M., Klauson, A., Andersson, M., Clorennec, D., Folegot, T., Koza, R., Pajala, J., Persson, L., Tegowski, J., Tougaard, J., Wahlberg, M., and Sigray, P. (2019). "Spatial and Temporal Variability of Ambient Underwater Sound in the Baltic Sea," *Sci. Rep.* **9**, 13237.

TG-Noise (2022). "Setting of EU Threshold Values for continuous underwater sound. Recommendations from the Technical Group on Underwater Noise (DL4)."

Tougaard, J. (2019). "Kontinuerlig undervandsstøj. Teknisk anvisning M32," (DCE/Aarhus Universitet, Roskilde).

Tougaard, J., Ladegaard, M., Griffiths, E., and Marcolin, C. (2023). "Vurdering af tilstanden i de danske havområder for Havstrategidirektivets deskriptor 11. Kriterierne D11C1 impulsstøj og D11C2 vedvarende lavfrekvent støj. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Videnskabelig rapport nr. 568," p. 93.

Ward, J., Wang, L., Robinson, S., and Harris, P. (2021). "Standard for Data Processing of Measured Data. Report of the EU INTERREG Joint Monitoring Programme for Ambient Noise North Sea (Jomopans)," (NPL, London).

Wood, S. N. (2017). *Generalized additive models: an introduction with R* (Chapman and Hall/CRC.).