



equinor

Teknologiutvikling for å hindre effekter av støy på marine arter

Peter Sabel

Senior Manager Geohazard and Site-Survey, Equinor

Offshore Norge Fagseminar

Gardermoen, 28-Apr-2026



Agenda

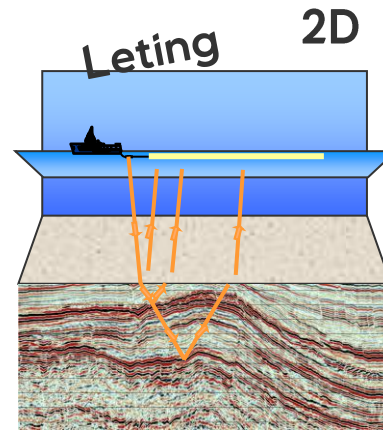
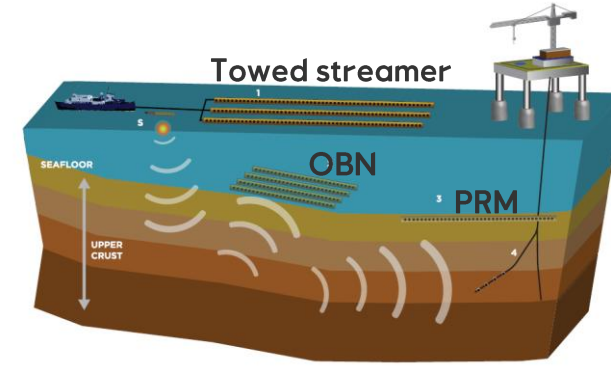
- Hva er seismikk og hva brukes det til?
- Hvordan påvirkes marin fauna
- Regulering / forskrifter
- Teknologeutvikling
 - Seismiske kilder
 - Monitorering / overvåkning av fauna
- Vitenskapelige undersøkelser av påvirkning
- Oppsummering



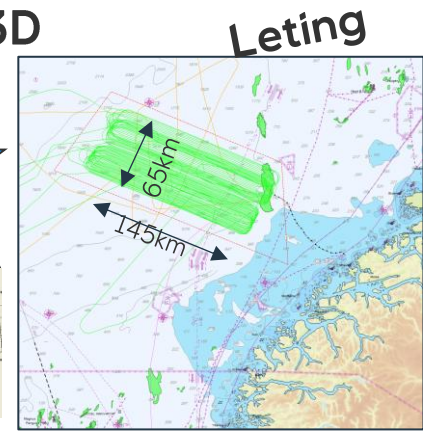
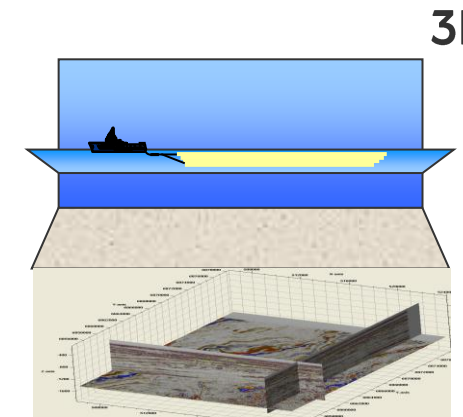


Hva er seismikk og hva brukes det til?

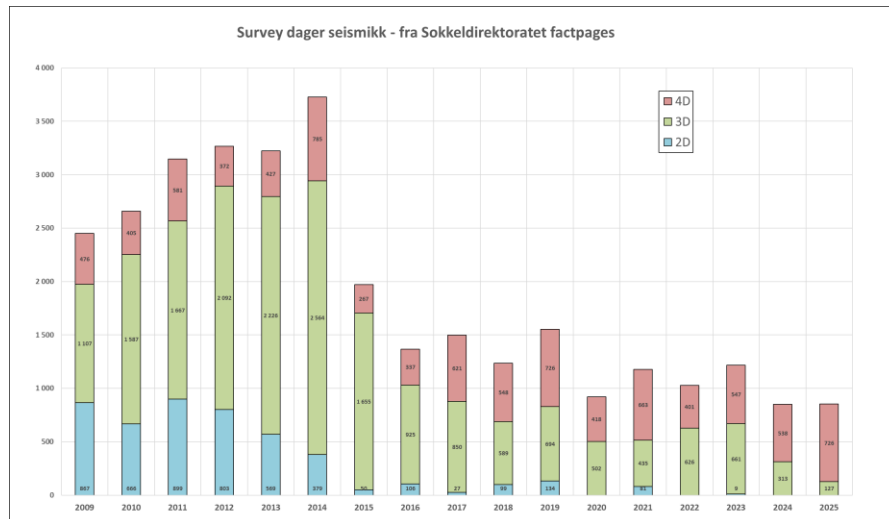
- Pneumatisk kilde taues bak båten og genererer lydbølger
- Lydbølgene reflekteres av lagene i undergrunnen
- De reflekterte signalene måles deretter av sensorer som enten taues bak båten eller er plassert på sjøbunnen



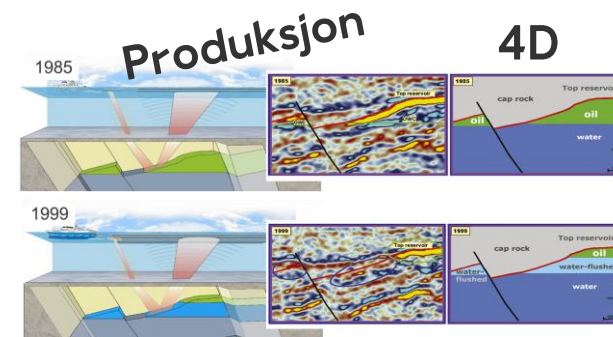
Lange linjer (typisk 100 – 1,000 km)



Store områder (typisk 1,000 – 10,000 km²)



Aktivitetsnivået er redusert siden 2014



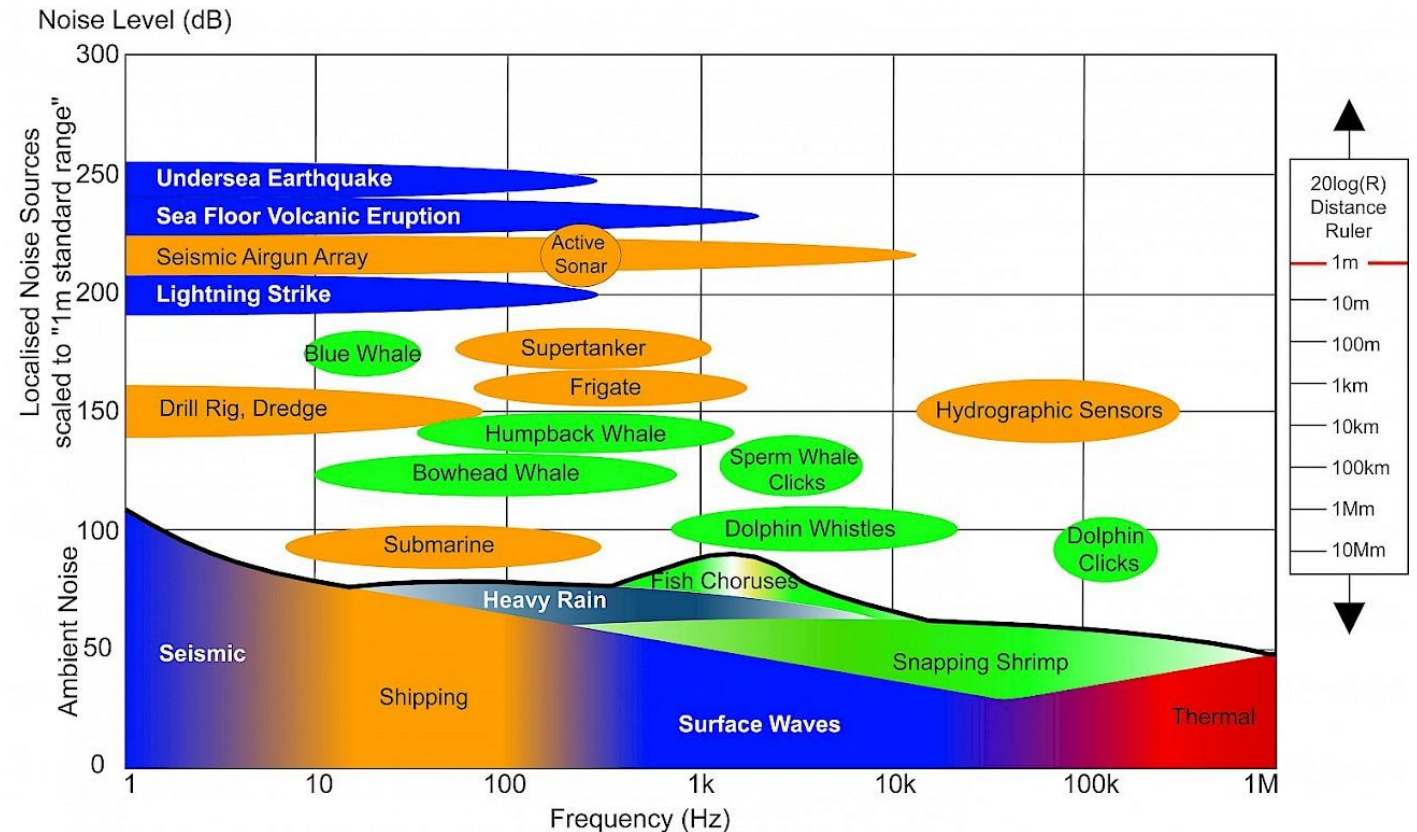
Mindre områder (typisk 100-1,000 km²)





Hvordan påvirkes marin fauna av lyd

- Effekter av støyforurensning på havmiljø - kunnskapsstatus og forvaltningsrådgeving (FFI/Hi, 2020)
- Nesten alle høyerestående marine organismer bruker lyd enten til å orientere seg, finne mat, unngå å bli spist eller for å kommunisere med andre
- Menneskeskapt lyd kan i større eller mindre grad påvirke disse aktivitetene



Lydnivå (spektralnivå eller akustisk intensitet pr Hz målt i dB re 1 μ Pa/Hz) og frekvens (svingninger per sekund målt i Hertz) til ulike menneskeskapte- (orange), naturlige (blå) og biologiske (grønne) lyder
Kilde: OSPAR 2019

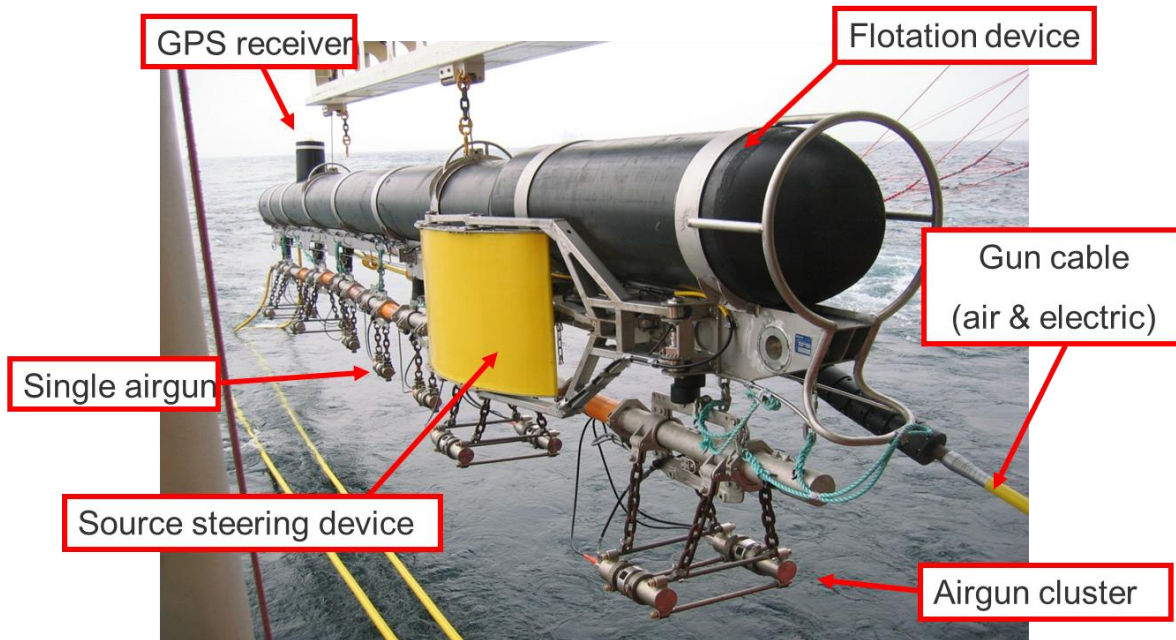
- Kommentarer: (1) lyden av fiskekor vanligvis er mer lavfrekvent enn det fremkommer av plottet
(2) seismiske kilder har sterkt fallende lydnivå over 100 Hz



Relevante reguleringer/forskrifter/veiledninger

- Myndigheter
 - [«Lov om petroleumsvirksomhet \[petroleumsloven\]»](#)
 - [«Forskrift om ressursforvaltning i petroleumsvirksomheten \(ressursforskriften\)»](#)
 - [«Lov om forvaltning av viltlevande marine ressursar \(havressurslova\)»](#)
 - [Veileder «Gjennomføring av seismiske undersøkelser på norsk kontinentalsokkel»](#) (ED / NFD, 2013)
 - [Veileder for geofysiske undersøkelser](#) (Sodir / FDir, 2026)
 - [Havforskningsinstituttets rådgivning for menneskeskapt støy i havet](#) (HI, 2025)
- Offshore Norge
 - [126 - Anbefalte retningslinjer for fiskerikyndiges involvering og deltakelse i seismiske undersøkelser](#)
 - [136 - Anbefalte retningslinjer for sameksistens med fiskerisektoren i forbindelse med seismiske undersøkelser](#)
 - (Veileder 126 vil erstattes av de nye "Anbefalte retningslinjer for sameksistens mellom Fiskeri og seismikk" som er utarbeidet i samarbeid mellom Norges Fiskarlag og Offshore Norge - forventes publisert mai 2026)
- **Seismiske undersøkelser meldes inn via Sodir's meldesystem**
 - **FDir og HI vurderer innmeldingene og gir sine uttalelser (frarådning/tilrådning)**

Seismiske kilder - introduksjon



- Lydstyrken er proporsjonal til:
 - Antall individuelle kilde-elementer i et kilde-array
 - Luftrykket (2000 psi er standard)
 - Kubikkroten ($\sqrt[3]{V}$) av totalt kildevolum

- Lydstyrke uttrykkes som oftest som
 - Spisstrykk (maksimalt lydnivå) - SPL
 - Energinivå (lyddose) - SEL

$$SPL_{peak} = 20 \log_{10} \left(\frac{p_{peak}}{p_0} \right)$$

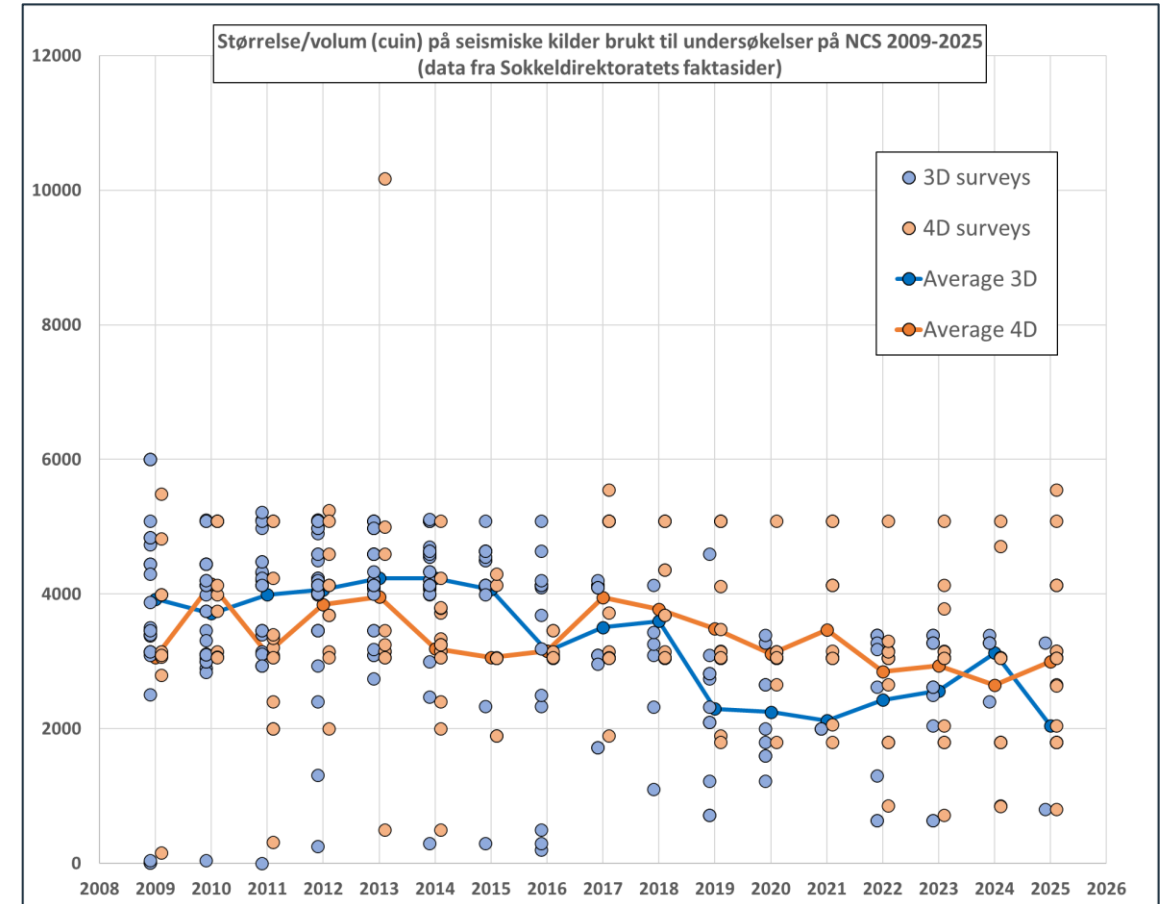
$$SEL = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{p_0^2 T_0} \int_0^T p^2 t(dt) \right)$$

$$p_0 = 1 \mu Pa$$



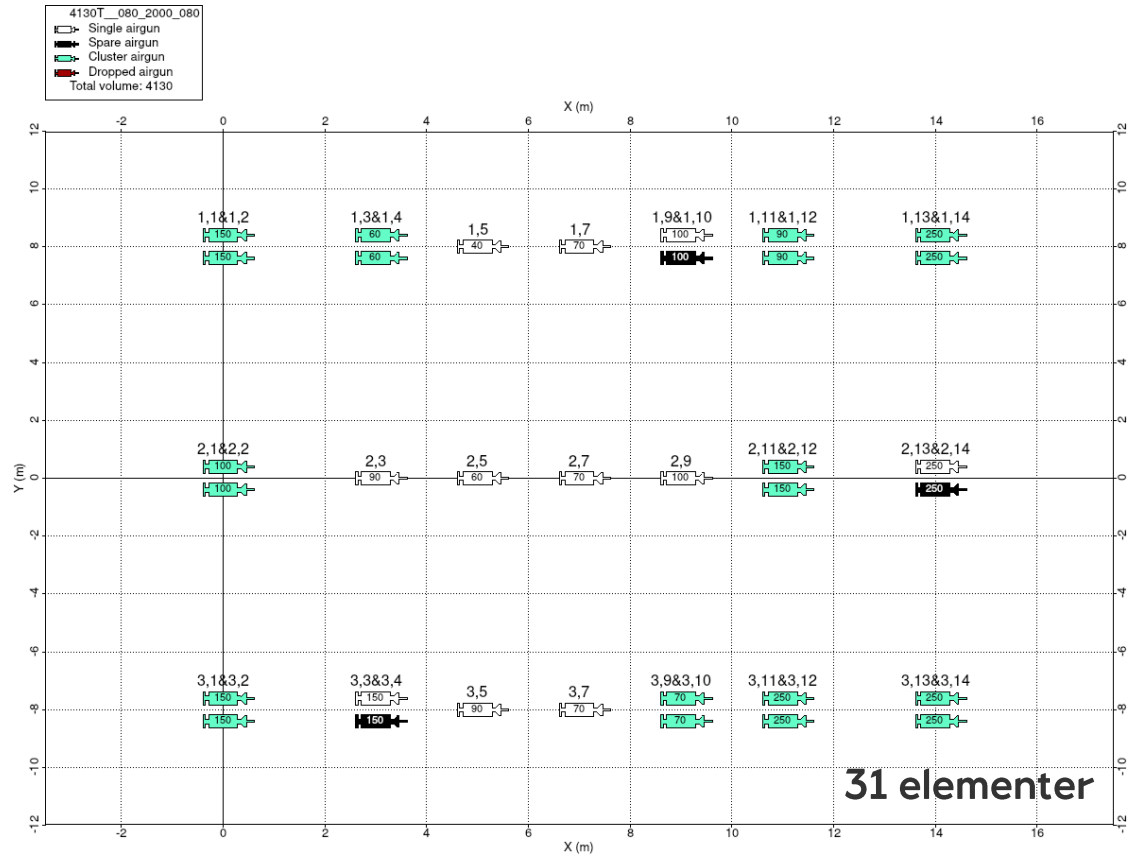
Det brukes mindre seismiske kilder på norsk sokkel nå enn tidligere

- Gjennomsnittlig kildevolum er omtrent halvert siden 2015 for 3D undersøkelser (fra ~4000 cuin til ~2000 cuin)
 - Tilsvarende omtrent 20% reduksjon i lydstyrke
- For 4D undersøkelser er det mindre reduksjon i kildevolum enn for 3D da man er avhengig av å bruke samme kilde som man har brukt tidligere
 - Tilsvarende omtrent 5% reduksjon i lydstyrke
- (Nye felt som samler inn 4D seismikk vil bruke det første 3D surveyet som "baseline" så man burde etterhvert se en tilsvarende nedgang i kildevolum for 4D også)

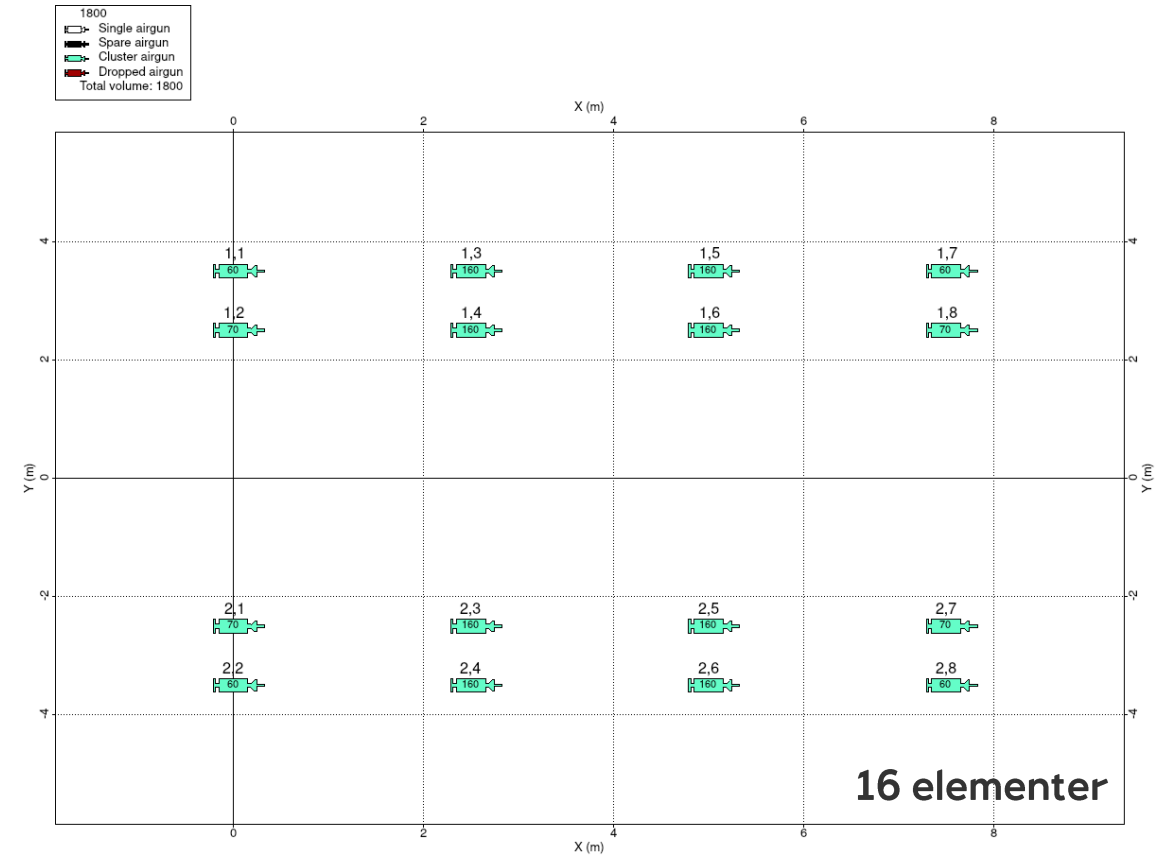




Hver kilde har færre individuelle kildeelementer



“Standard” 4130 cuin kilde (ofte brukt til 3D tidligere)



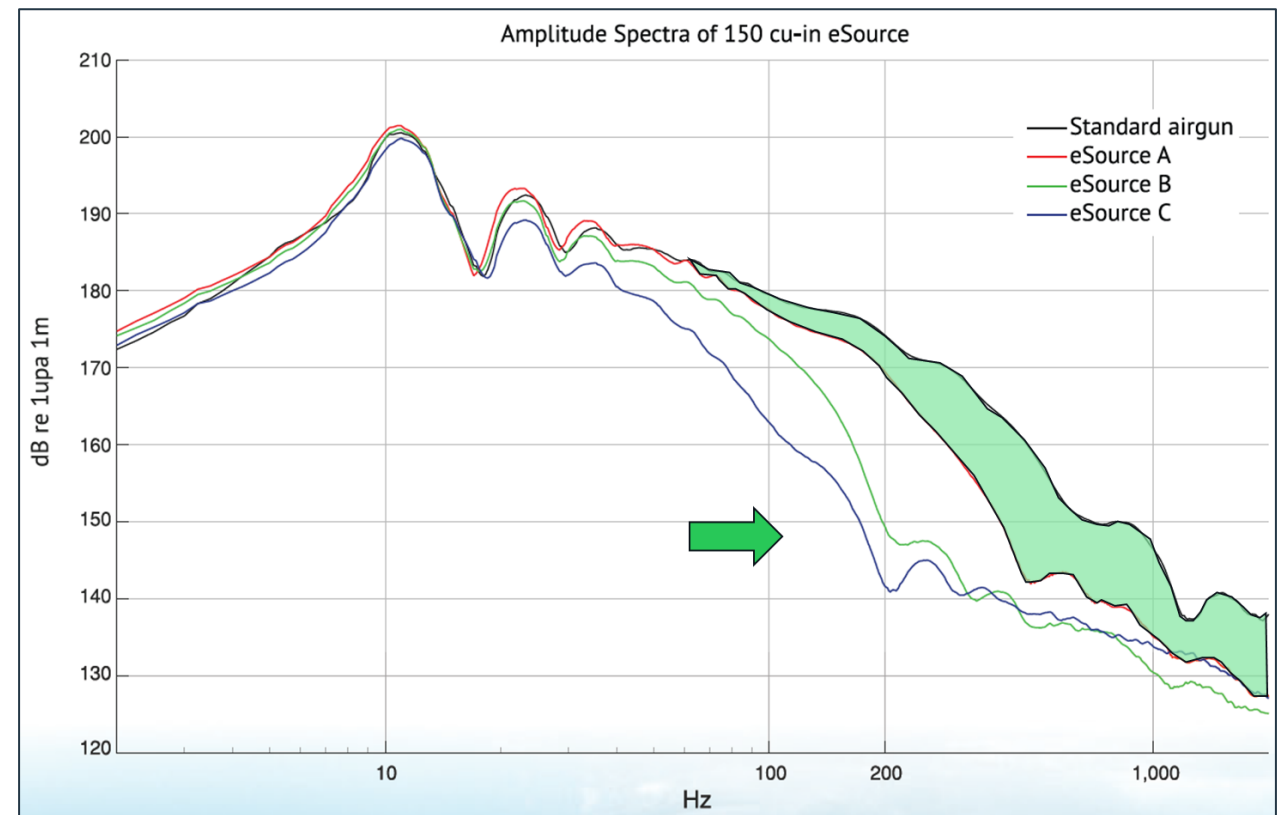
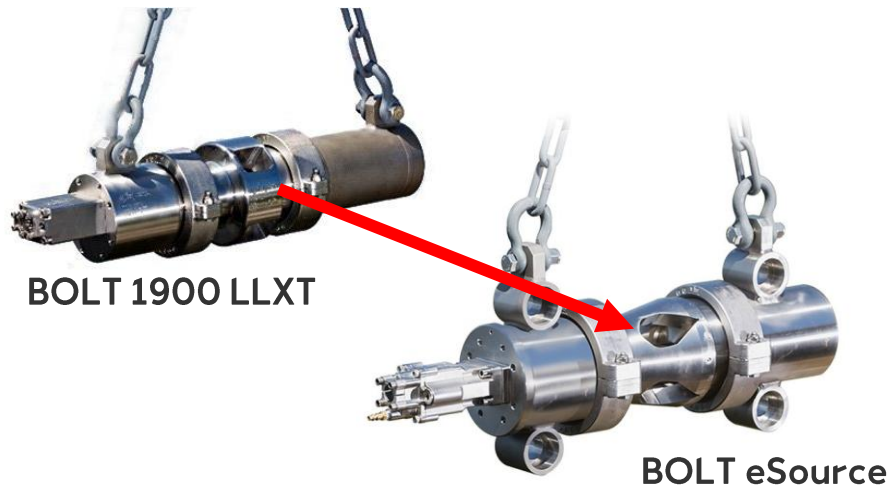
Johan Castberg PRM kilde

Reduksjon fra **31 elementer** til **16 elementer** tilsvarer ca. 50% reduksjon i lydstyrke



Utvikling i kildeteknologi – 1 (3)

- Nye kildeelementer som reduserer/fjerner høye frekvenser
 - eSource (Bolt Teledyne)
 - BluePulse (Sercel)
- Relativt små design-endringer av eksisterende kilder
- Disse kildetyperne er installert på enkelte seismikkfartøy
- Brukes på norsk sokkel for noen surveys



From Bolt website

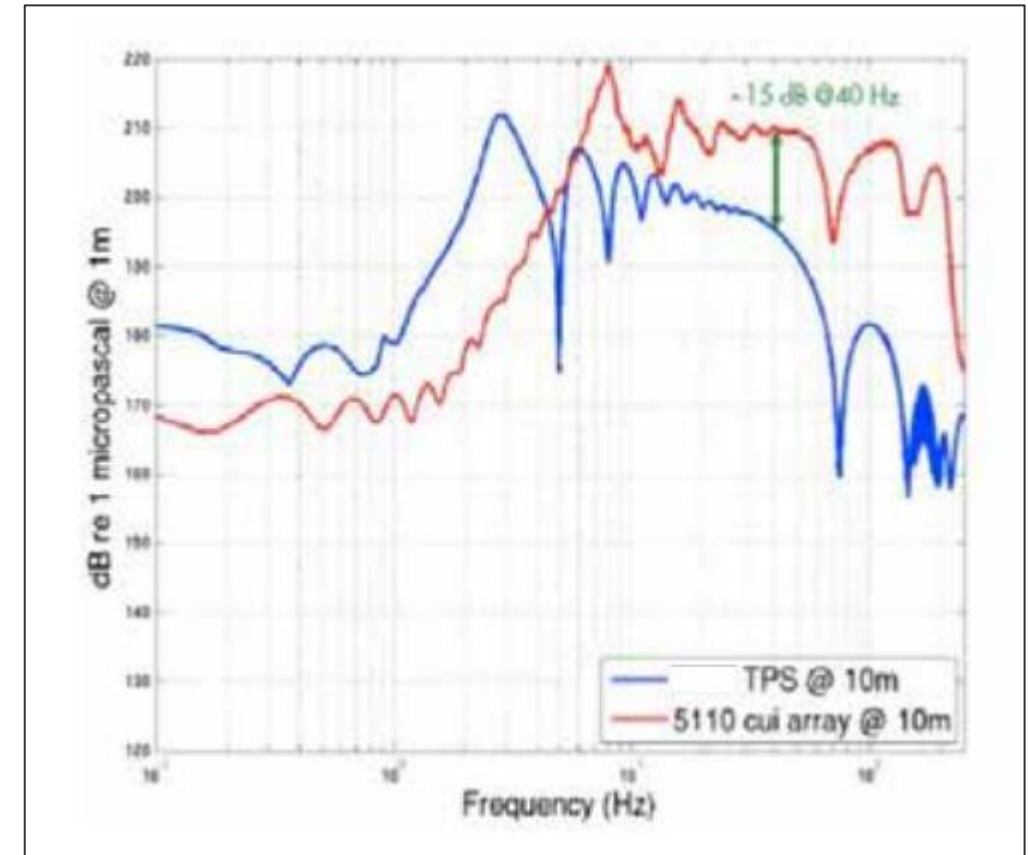


Utvikling i kildeteknologi – 2 (3)

- Lavfrekvente kilder
 - Gemini (TGS)
 - TPS - Tuned Pulse Source (Sercel)
 - Harmony (Shearwater)
- Stort volum i et enkelt kildelement som operer med lavere trykk (500-1000 psi)
- Godt egnet for dype reservoarer
- Foreløpig ikke tatt i bruk på norsk sokkel



28000 cuin TPS kilde

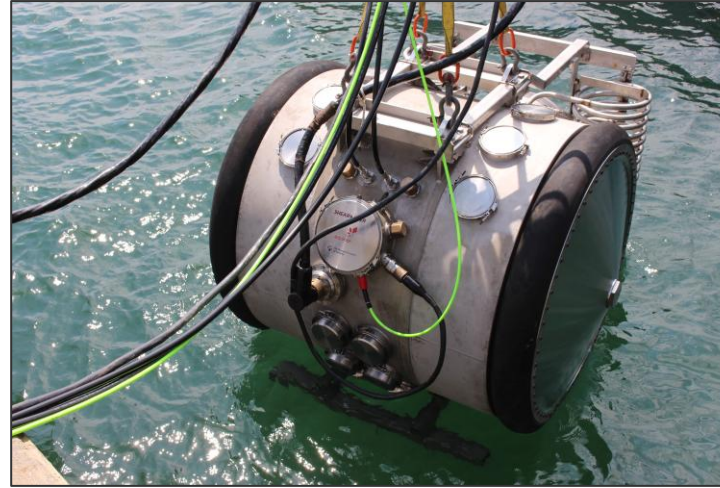


From Sercel website



Utvikling i kildeteknologi – 3 (3) – Andre typer kilder

- Marin Vibrator
 - Kontinuerlig lyd (frequency sweeps)
 - Full kontroll på amplitude og frekvens og man kan velge hvilket lydsignal man sender ut
 - Ikke kommersielt tilgjengelig
 - Har vært testet på norsk sokkel

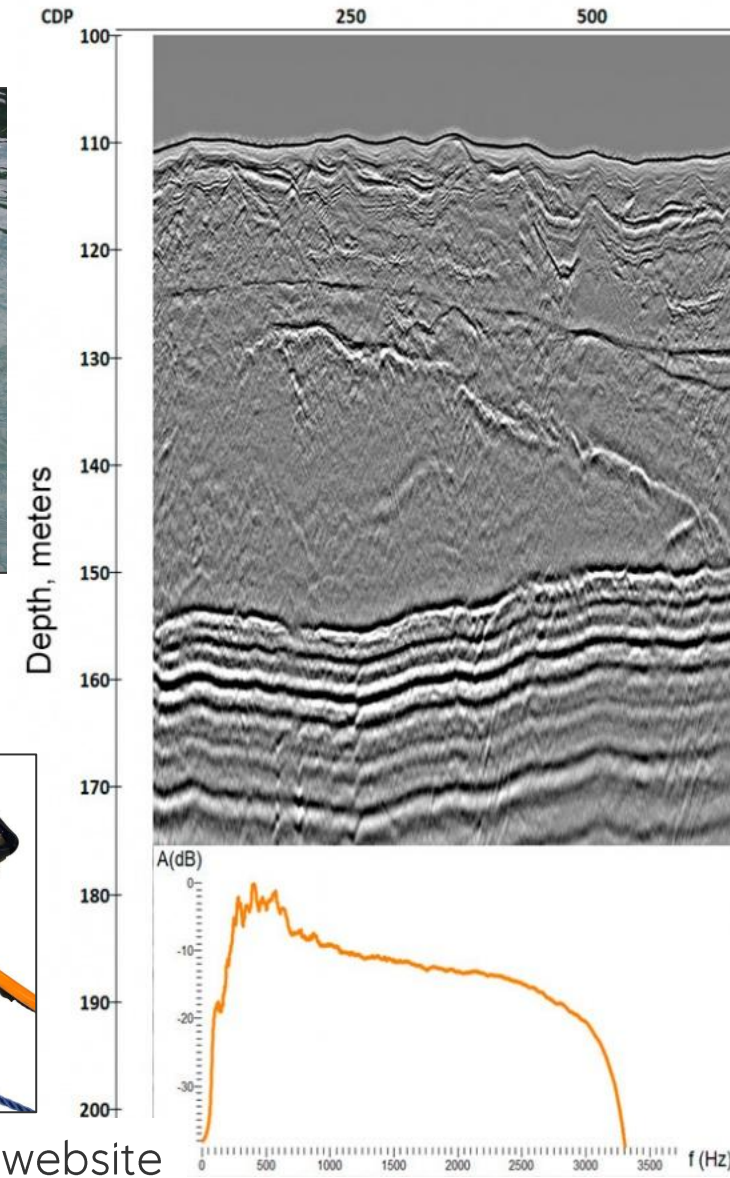


BASS marine vibrator (Shearwater)

- Sparker/boomer
 - Høyfrekvente kilder med relativt lav lydstyrke
 - Brukes til undersøkelser hvor man trenger svært høy oppløsning i de grunneste lagene av undergrunnen (først og fremst for offshore wind)



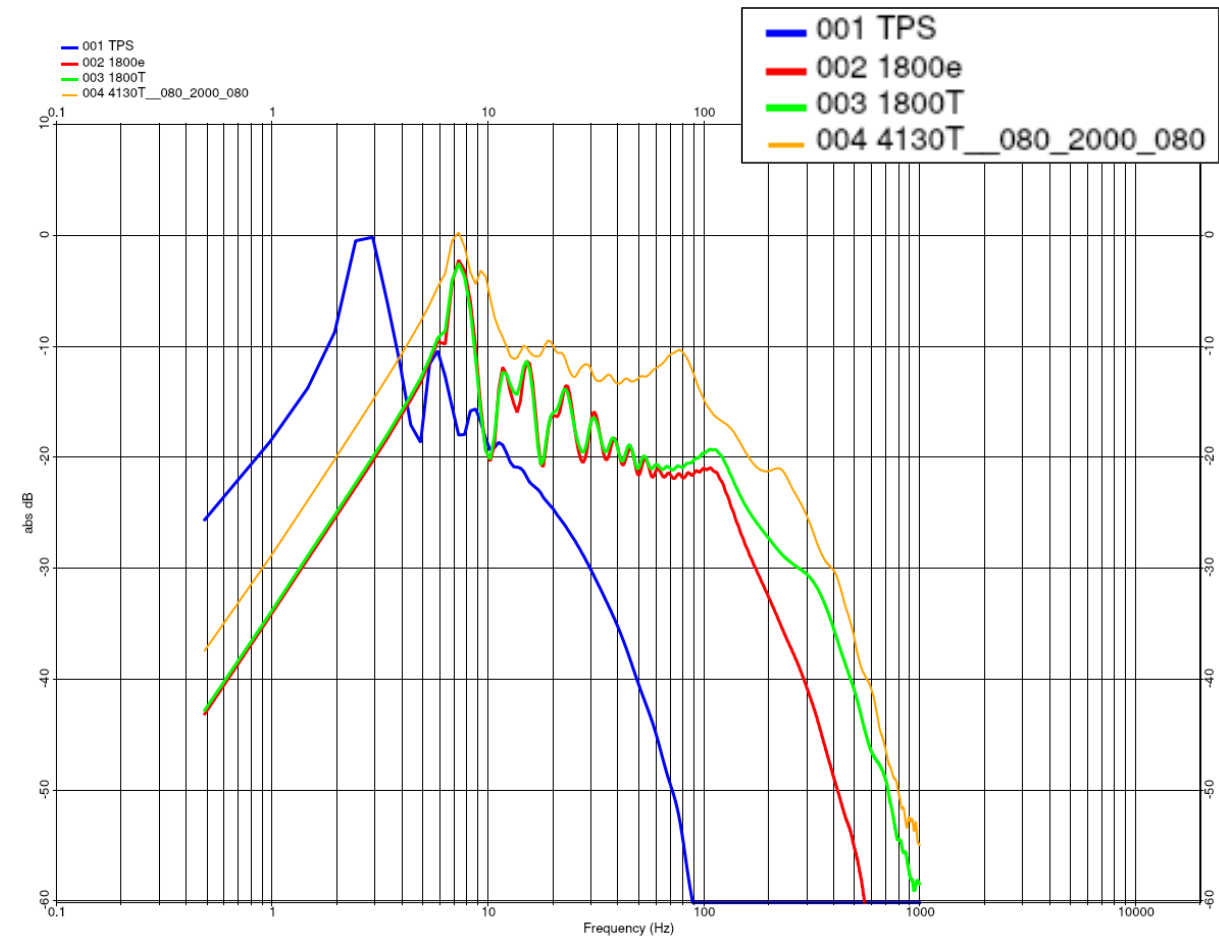
From Geodevice website





Oppsummering – endringer i kildekonfigurasjon over tid

- Det har vært en reduksjon i kildestørrelse
- Det har vært en reduksjon i antall kildeelementer
- Intervallet mellom hver aktivering av kilden er redusert. Det betyr at energien som sendes ut ikke nødvendigvis er redusert, men den er spredd ut i tid (mer kontinuerlig)
- Spisstrykket (SPL) er redusert
- Energinivået (SEL) er sammenlignbart eller lavere
- Nye kildetyper har ytterligere redusert lydnivå for høye frekvenser

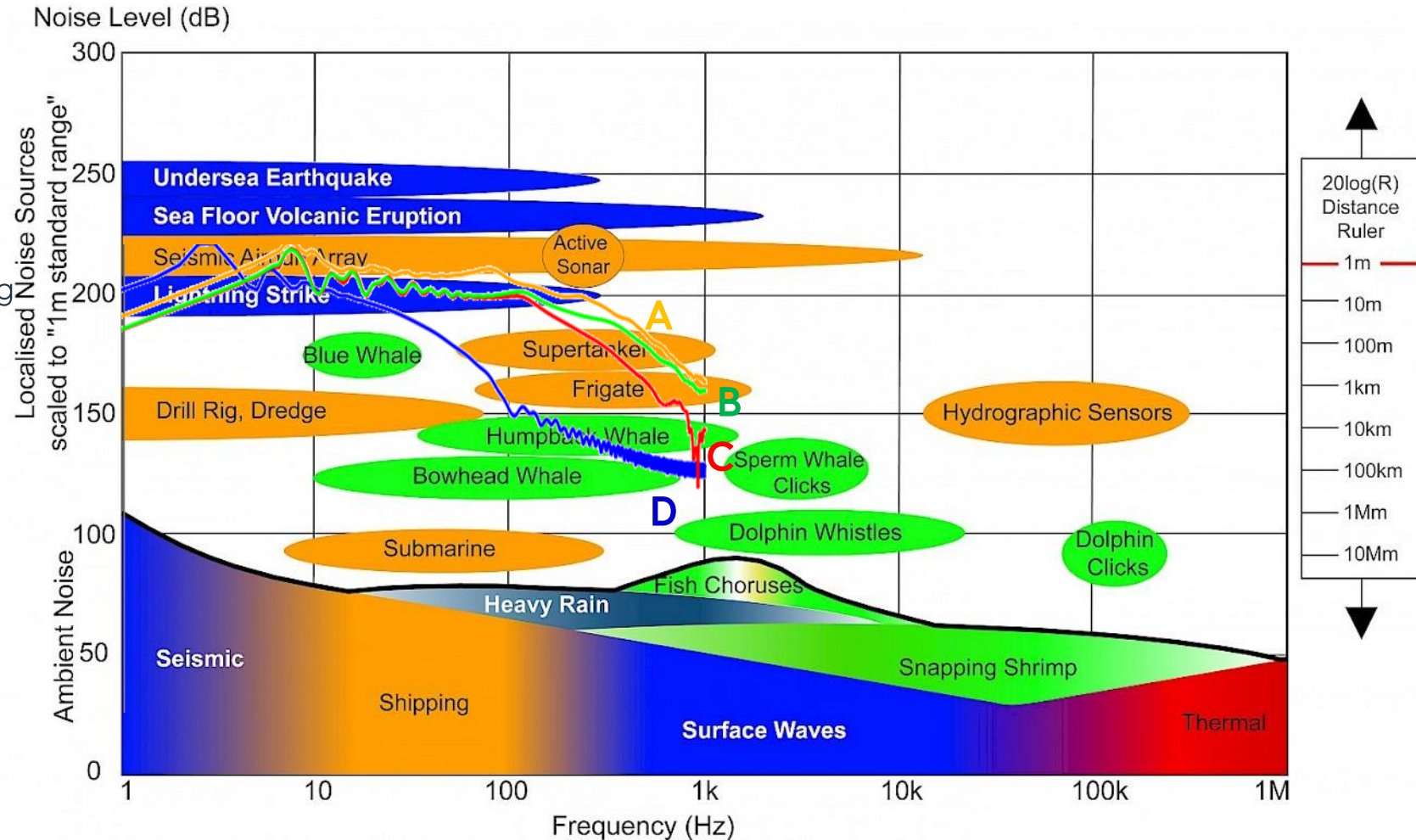




Forskjellige måter å redusere lydpåvirkningen

- Forskjellige seismiske kilder ifht OSPAR referansemodell
 - A. Oransje:** "standard" 4130 cuin kilde mye brukt til 3D tidligere
 - B. Grønn:** 1800 cuin kilde (reduisert lydnivå ifht **A.** pga. Redusert volum og færre individuelle kilde-elementer)
 - C. Rød:** 1800 cuin kilde med eSource elementer (reduisert høyfrekvensinnhold ifht. **B.**)
 - D. Blå:** TPS lavfrekvenskilde (ett stort kildeelement og lavere trykk gir stor reduksjon for høye frekvenser)

(Lydnivå ved 1m avstand til kilden)





Monitorering/overvåkning av fauna – 1 (2) – Planlegging

- Monitorering/overvåkning av fauna gir informasjon som kan brukes til bedre planlegging av seismiske undersøkelser
 - Gyteperioder for fisk (HI)
 - Aktivt fiske (FDir)
 - Beiteområde for hval (nordlige Barentshav)
- Eksempler på monitorering av hval-aktivitet
 - Equinor gjennomførte et 9 måneder langt program med midlertidige sensorer plassert på sjøbunnen i 2018-2019 for å registrere hval-aktivitet ved Johan Castberg-feltet i Barentshavet i forkant av utbygging.
 - Mulighet for å bruke permanent installerte sensorer er til vurdering (enten PRM systemet eller dedikerte sensorer)
 - Andre muligheter kan være bruk av DAS (Distributed Acoustic Sensing) hvor man kanskje kan bruke eksisterende fiberkabler til slik overvåkning

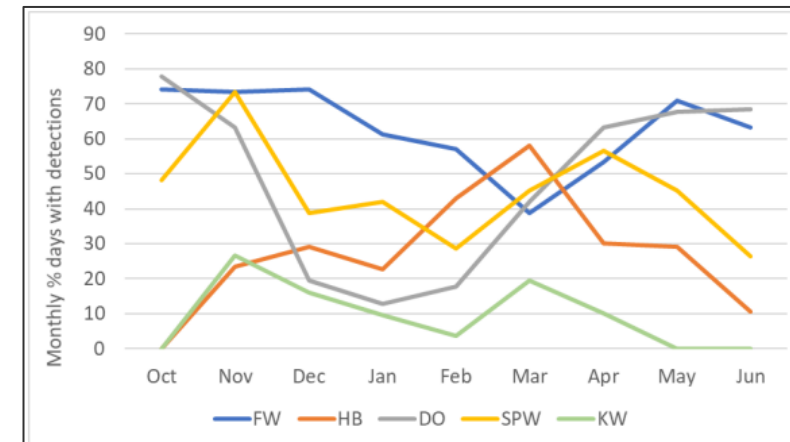
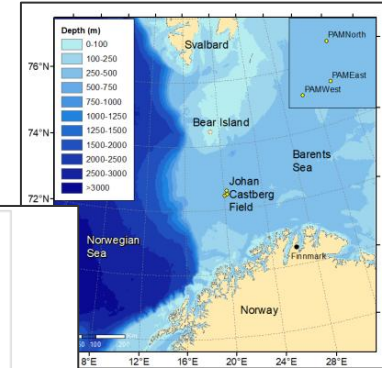
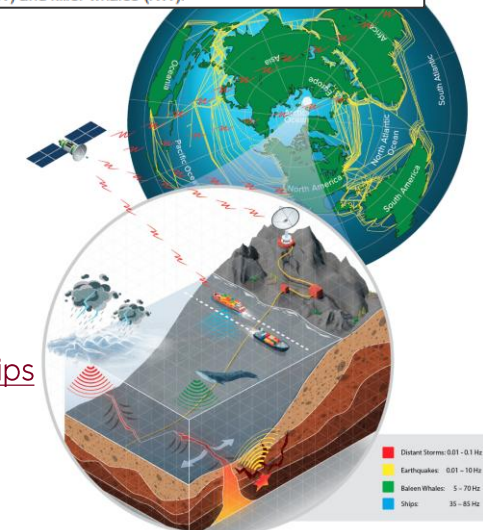


Figure 42. Monthly percent days with detections by month for PAMEast and PAMNorth combined for fin whales (FW), humpback whales (HB), dolphins (DO), sperm whales (SPW) and killer whales (KW).

Johan Castberg
Passive Acoustic
Monitoring
Marine Mammal
Acoustic Occurrence
and Soundscape
Analysis
(Jasco 2020)



Sensing whales, storms, ships
and earthquakes using an
Arctic fibre optic cable
Landrø et al, Nature 2022

Monitorering/overvåkning av fauna – 2 (2) - Operasjon

- Monitorering kan også brukes til å ta operasjonelle beslutninger
 - Eks: Equinor er pålagt å gjennomføre tiltak for å unngå skade på sjøpattedyr ifm. seismikk-undersøkelser på Johan Castberg-feltet i Barentshavet
 - MMO – Marine Mammal Observers
 - PAM – Passive Acoustic Monitoring
- Planlegger å teste varmesøkende (IR) kamera fastmontert på fartøy



Eksempel på varmesøkende kamera



Vitenskapelige undersøkelser/forsøk

- Det har vært gjennomført en rekke vitenskapelige forsøk både i Norge og internasjonalt for å undersøke hvordan marine fauna påvirkes av lyd
- I Norge har HI gjort mange undersøkelser for å se på hvordan fisk reagerer på lyd. Noen eksempler er listet under (Equinor og/eller andre O&G selskaper har vært partner i de fleste av disse forsøkene)
 - SpawnSeis (gytende torsk)
 - MackSeis (makrell)
 - FiskeriSeis (påvirkning på fiskeri)
 - ZoopSeis (dyreplankton)
 - KINO & KILO (kartlegging av gyteområder)
- Internasjonalt er det forsket mye på hvordan sjøpattedyr påvirkes av lyd.
- FFI gjennomførte nylig et kontrollert forsøk med vågehval som var midlertidig innesperret i en not (verdens første forsøk for å undersøke hørselen til bardehvaler)
- Petroleumsnæringen støtter vitenskapelige forsøk og er ofte samarbeidspartner for forskning instituttene som utfører arbeidet
- **Ny kunnskap danner grunnlaget for mer treffsikre reguleringer som ivaretar økosystemet**
- Seismikkindustrien og petroleumsnæringen har i tillegg sine egne internasjonale organisasjoner hvor problemstillinger ang. undervannsl lyd er tema
 - IOGP
 - O&G selskaper er medlemmer
 - Sub-committee on Sound and Marine Life
 - Sound and Marine Life JIP
 - Energeo Alliance (seismikkindustrien)
 - Seismikk-selskaper er medlemmer
 - O&G selskaper er "industry partners"



Oppsummering

- Seismikk er et svært viktig verktøy for å avbilde undergrunnen, også i fremtiden.
- De siste årene har vi sett en utvikling mot mindre kilder og ny kildeteknologi som reduserer effekten på miljøet.
- Det er et godt etablert system av reguleringer, foreskifter og veiledninger for å ivareta sameksistens med fiskerinæringen.
- Det er pågående forskning for å forstå effekten av støy på marine arter enda bedre.

Teknologiutvikling for å hindre effekter av støy på marine arter

Peter Sabel, Senior Manager Geohazard and Site-Survey, Equinor

© Equinor ASA

This presentation, including the contents and arrangement of the contents of each individual page or the collection of the pages, is owned by Equinor. Copyright to all material including, but not limited to, written material, photographs, drawings, images, tables and data remains the property of Equinor. All rights reserved. Any other use, reproduction, translation, adaption, arrangement, alteration, distribution or storage of this presentation, in whole or in part, without the prior written permission of Equinor is prohibited. The information contained in this presentation may not be accurate, up to date or applicable to the circumstances of any particular case, despite our efforts. Equinor cannot accept any liability for any inaccuracies or omissions.