



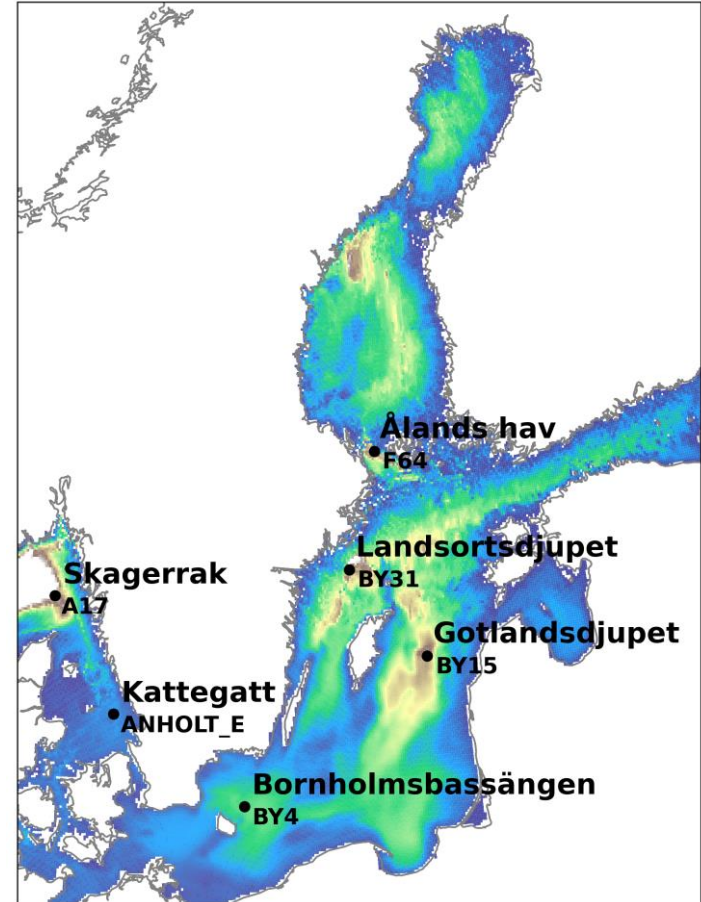
Oceanografisk klimatpåverkan på ljudutbredningen i Östersjön och Västerhavet

Frida Thörn och Ylva Ljungberg Rydin

Foto: Forsvarsmakten/Johan Lundahl

Dagordning

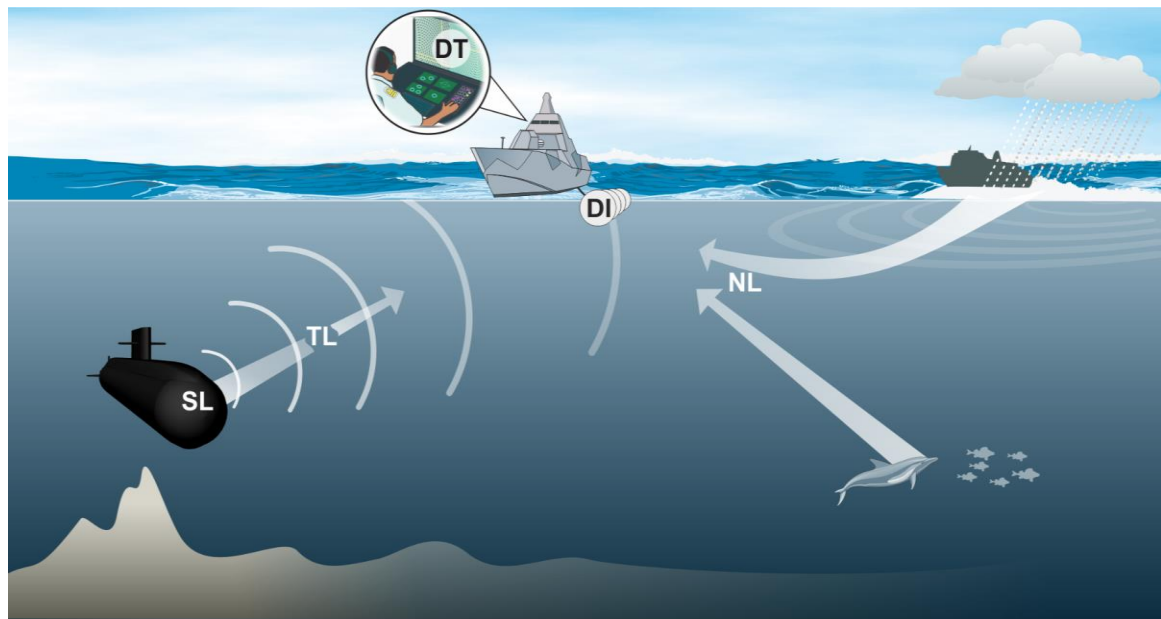
- Mål och frågeställningar
- Introduktion till hydroakustisk spaning
- Studerad data
- Resultat
- Fortsatt arbete



Mål och frågeställningar

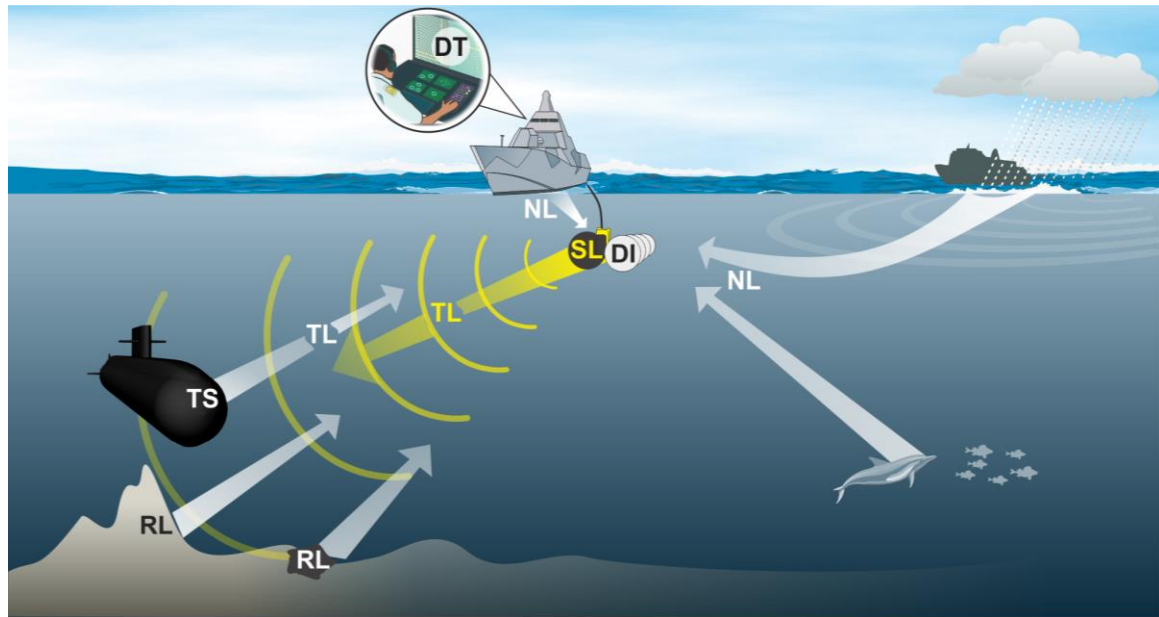
- Treårigt projekt som sker i samarbete mellan FOI och SMHI (Dorothee Vallot, Lars Axell & Magnus Hieronymus)
- Frågeställningar:
 - Hur kommer klimatförändringarna påverka Östersjöns och Västerhavets oceanografiska egenskaper och förhållanden?
 - Hur kommer dessa förändringar påverka Försvarsmaktens undervattensförmåga med fokus på akustisk detektion?

Hydroakustik – passiv spaning



- Utbredningsförlust (TL)
- Buller (NL)
- Källstyrka (SL)
- Sonarprestanda (DT och DI)

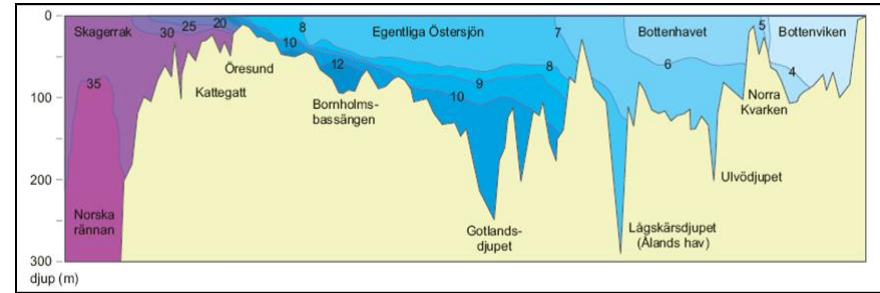
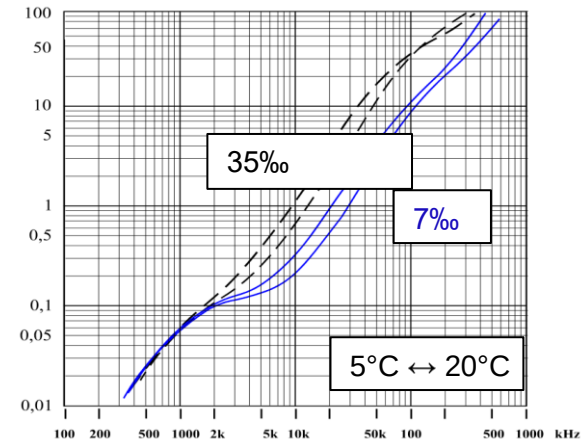
Hydroakustik - Aktiv spaning



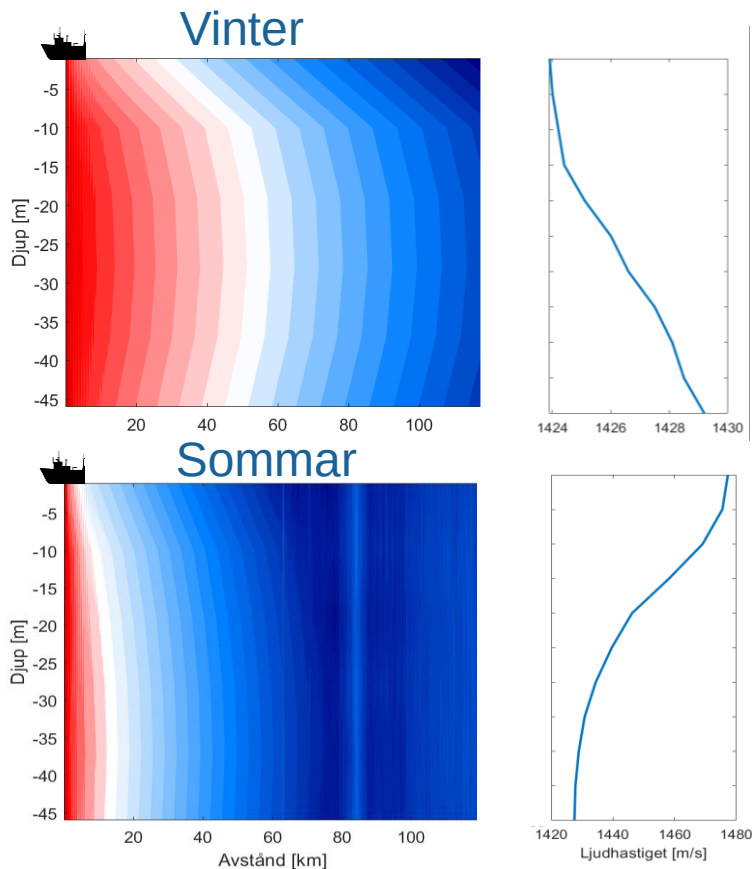
- Källstyrka (SL)
- Utbredningsförlust (TL)
- Tillbakaspridning (RL)
- Buller (NL)
- Målekostyrka (TS)
- Källstyrka (SL)

Förutsättningar i Östersjön

- Grund (medeldjup ~60 m)
- Till stora delar skärgård (svår botten-topografi)
- Varierande bottenegenskaper
- Säsongsvarierande temperatur- och saltprofiler
- Bräckt vatten

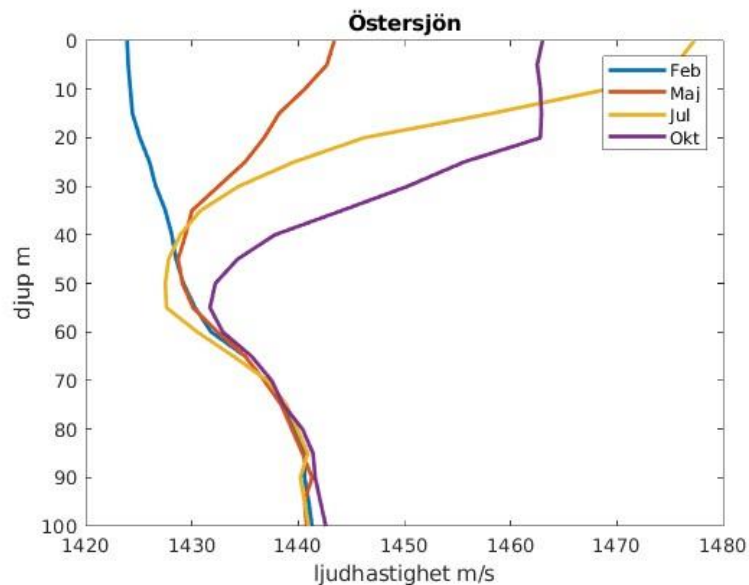
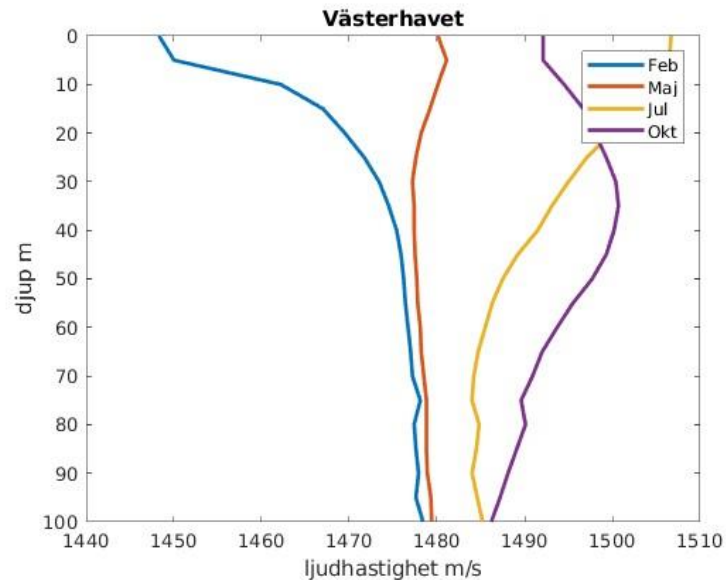


Vad påverkar räckvidden för akustiska sensorer?



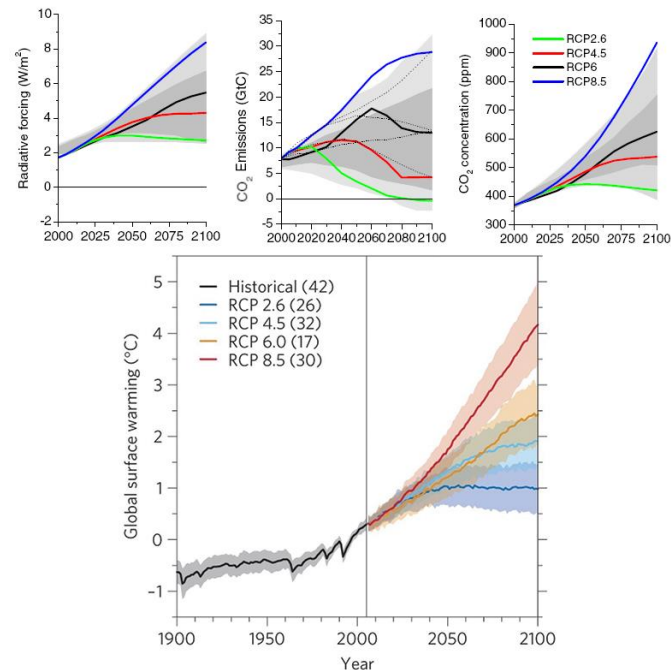
- Salthalt
 - Temperatur
 - Bottenegenskaper
 - Vind
 - Nederbörd
-
- Frekvens
 - Källstyrka
 - Källans placering i vattenvolymen

Exempel på ljudhastighetsprofiler



Oceanografisk modell, och klimatmodeller

- Oceanografiska modellen
NEMO-Nordic
- Klimatmodeller
 - EC-Earth
 - HadGEM
 - MPI
- CMIP5-scenarier
 - RCP2.6 (lågutsläppsscenario)
 - RCP4.5 (medelutsläppsscenario)
 - RCP8.5 (högutsläppsscenario)



Studerad data

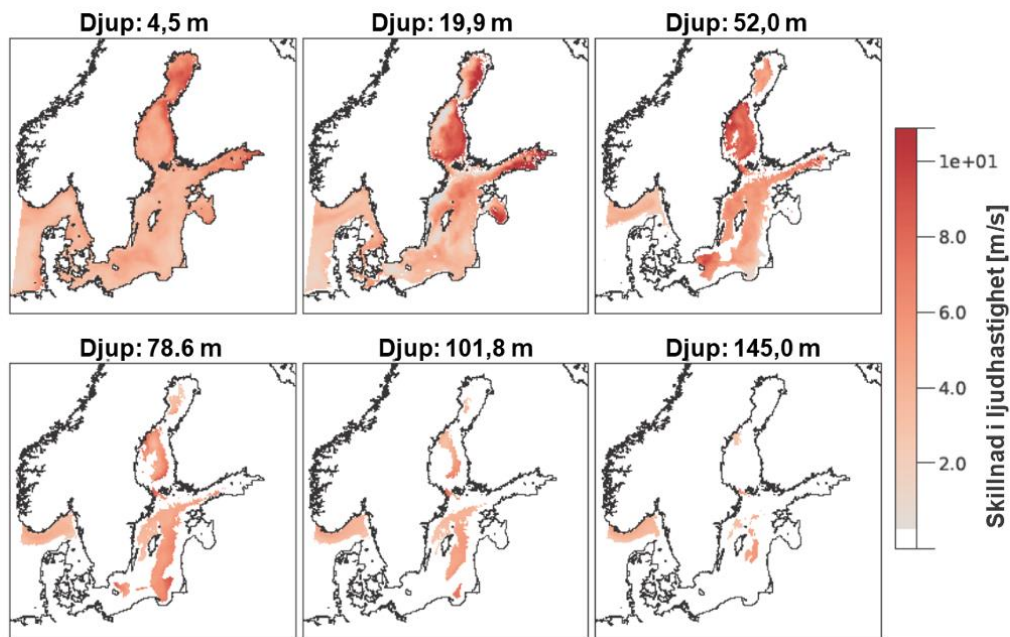
Betraktad Klimatdata:

- Salthalt
- Temperatur
- Vindstyrka
- Nederbörd

Påverkan på akustik spaning:

- Förändrad ljudhastighetsprofil
- Förändring av absorption
- Förändrad brusnivå

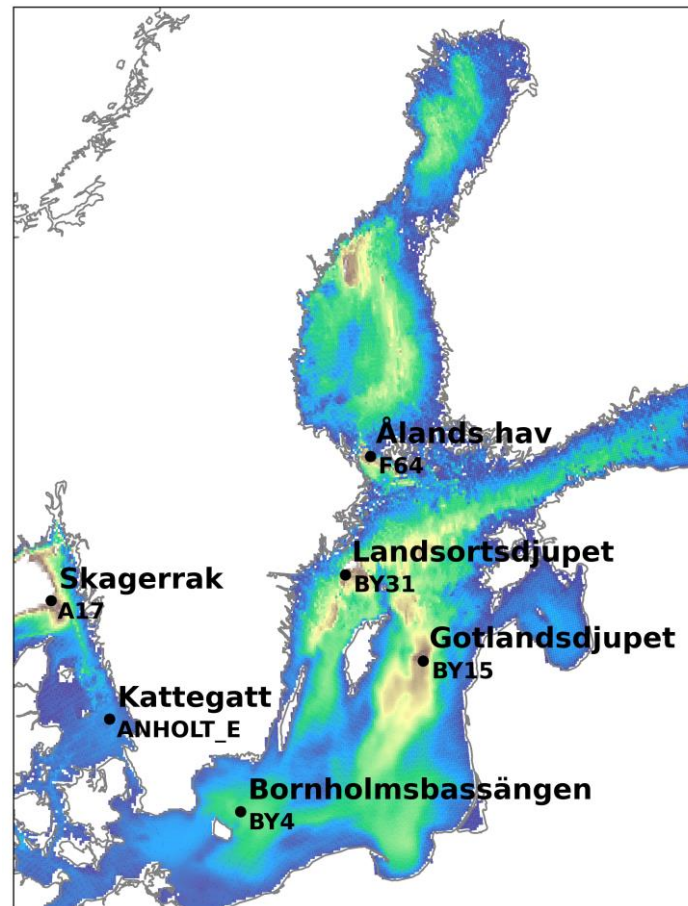
Förändring i ljudhastighet



Figur 3 – Förändring i årsmedelvärde av modellerad ljudhastighet från 2025 till 2099 från NEMO-Nordic för utsläppsscenario RCP4.5.

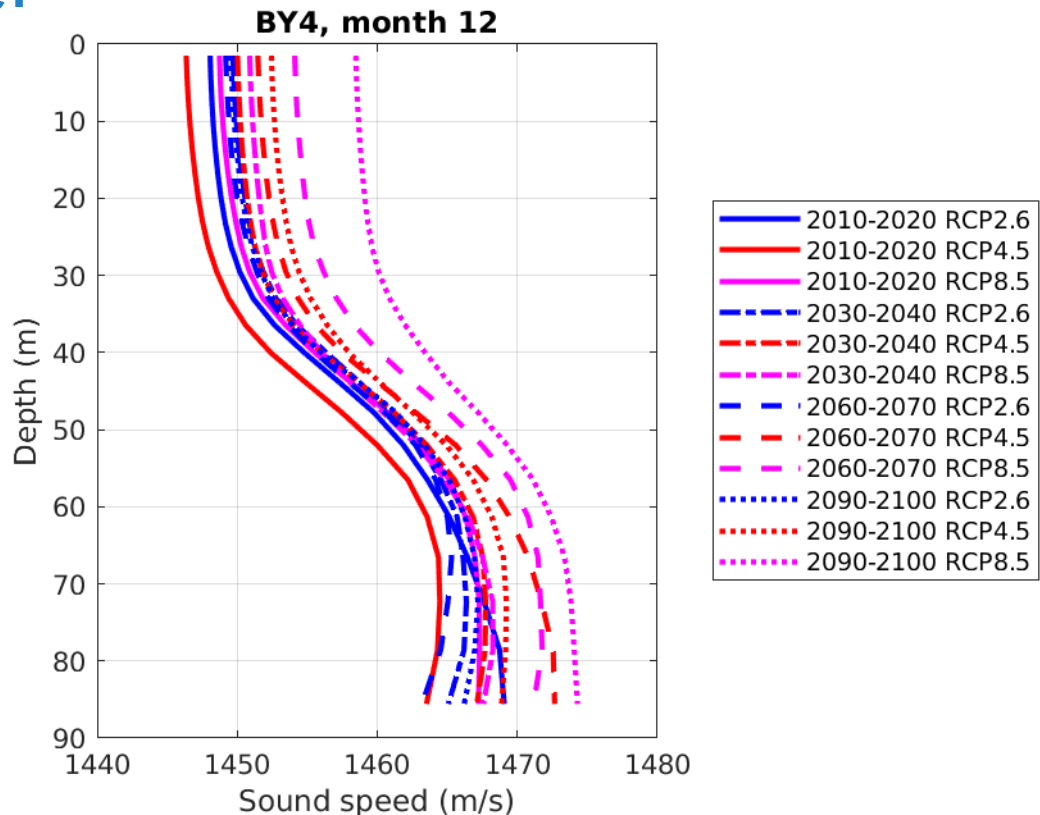
Avgränsningar

- Förändringar fram till 2100 studeras med fokus på åren 2040, 2070 och 2100
- Utvalda platser studeras
 - Platser där stor skillnad i ljudhastighet ses
 - Försvarsmaktens intresseområden
 - Stationer som ofta används av SMHI



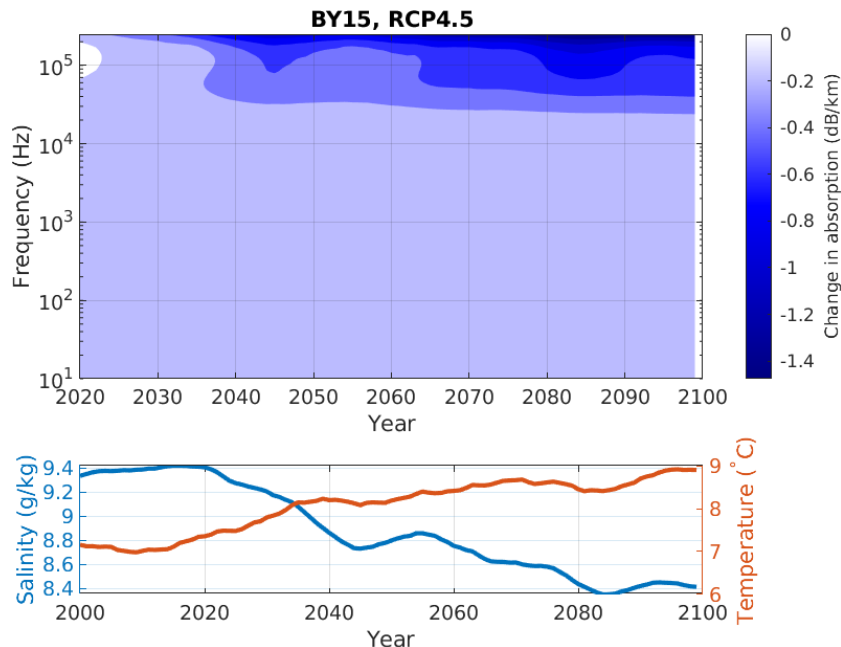
Ljudhastighetsprofiler

- Ljudhastigheten ökar i de flesta studerade fall konstant genom hela vattenkolumnen
- Störst ses i nära botten i gotlansdjupet (ökad temperatur) samt i Skagerack (på grund av salthalten, mest troligt modelleringsfel)



Lägre salthalt och högre temperatur

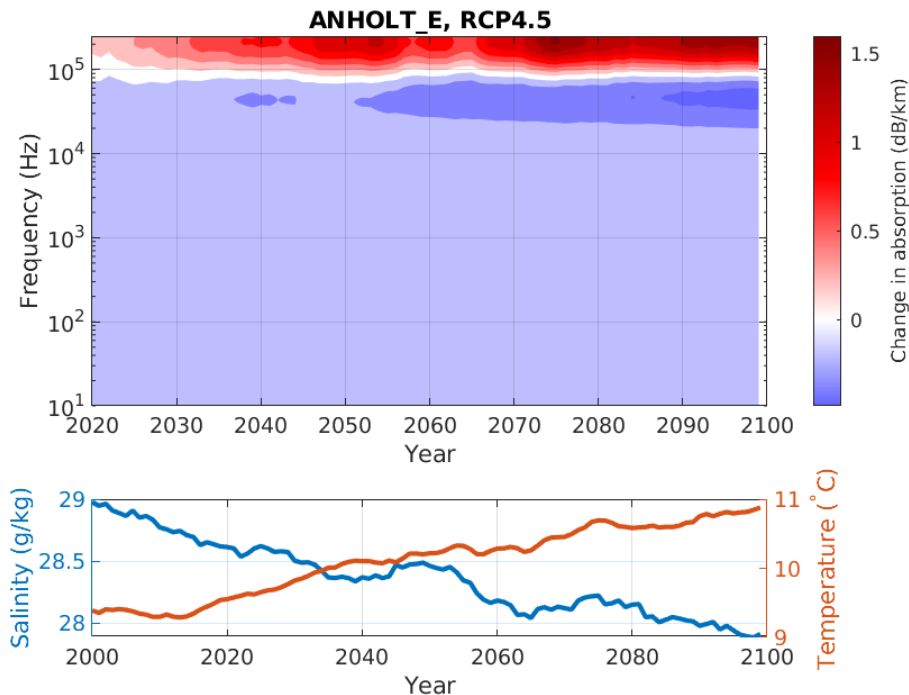
- Temperaturen i vattenvolymen ökar med ca 1-4 grader, vi ser en större ökning i Östersjön än i Västerhavet.
- Salthalten minskar med ca 0-2 g/kg.
- I Östersjön minskar absorptionen 0-2 dB/km beroende på RCP och frekvens.



R. E. Francois, G. R. Garrison; Sound absorption based on ocean measurements: Part I: Pure water and magnesium sulfate contributions. *J. Acoust. Soc. Am.* 1 September 1982; 72 (3): 896–907

Lägre salthalt och högre temperatur

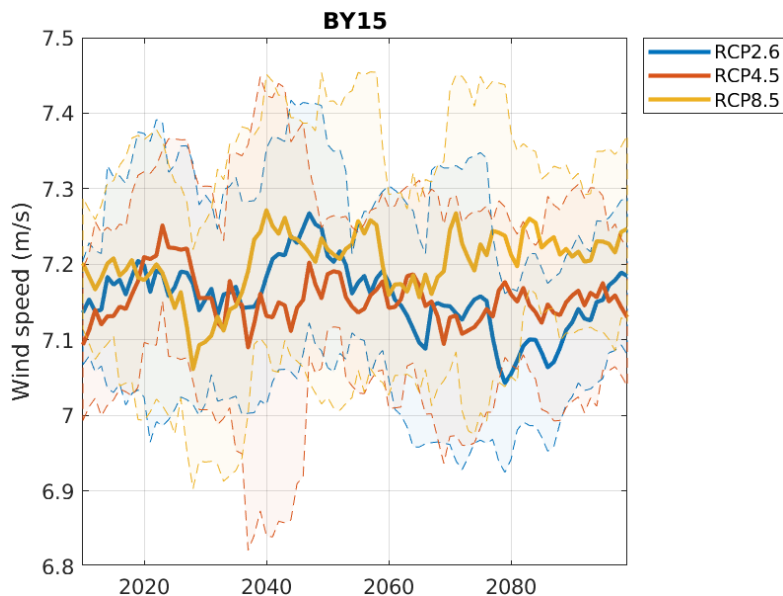
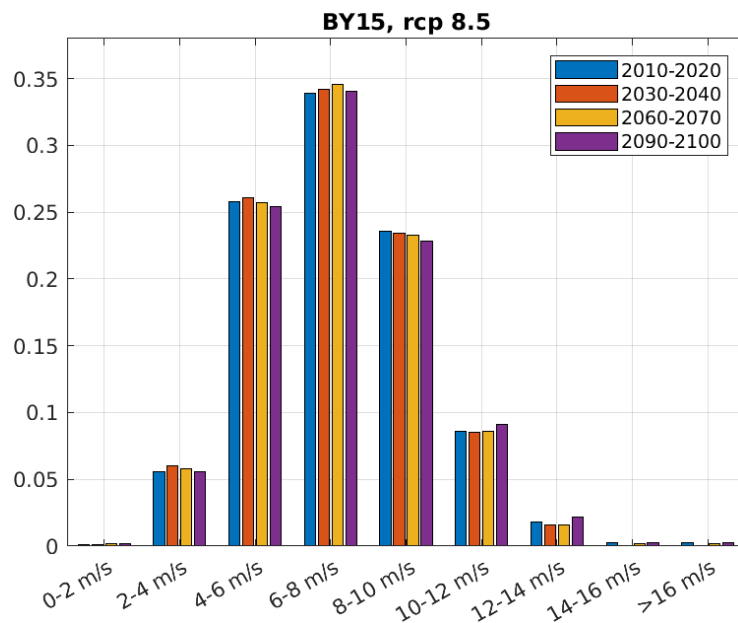
- Temperaturen i vattenvolymen ökar med ca 1-4 grader, vi ser en större ökning i Östersjön än i Västerhavet.
- I västerhavet minskar absorptionen med som mest 1 dB/km för frekvenser under 100 kHz.
- För frekvenser över ca 100 kHz ökar absorptionen i Västerhavet mellan 1-3 dB/km beroende på RCP.



R. E. Francois, G. R. Garrison; Sound absorption based on ocean measurements: Part I: Pure water and magnesium sulfate contributions. *J. Acoust. Soc. Am.* 1 September 1982; 72 (3): 896–907

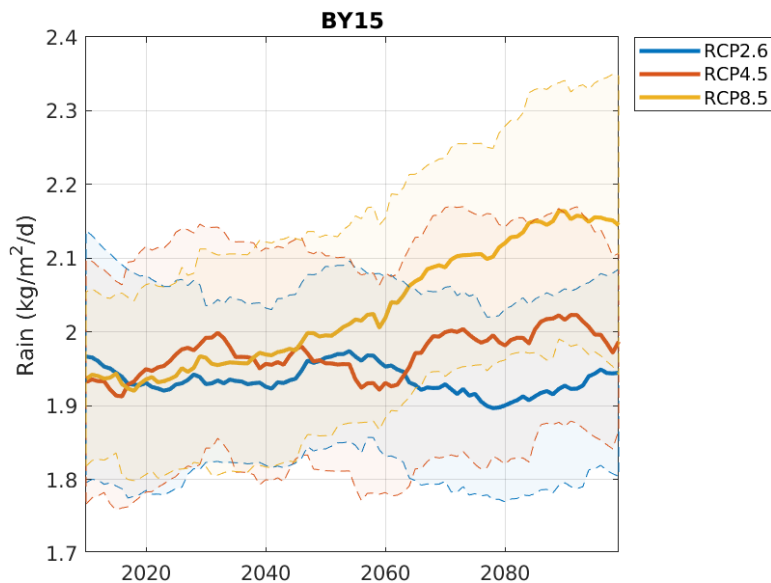
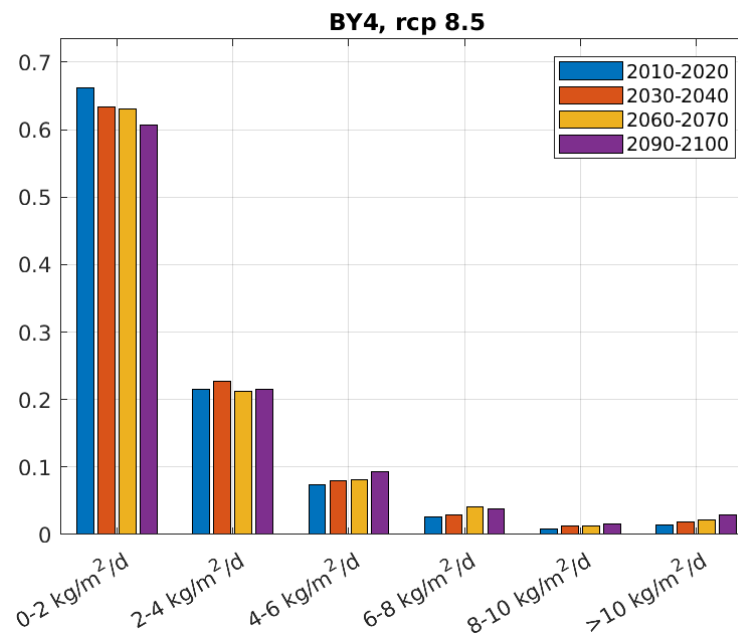
Vindstyrka

- Års- och månadsmedelvärden av vindstyrka varierar men det går inte att se några trender som tyder på att vindstyrkan kommer att förändras
- Samtliga utsläppsscenarioer ger liknande resultat



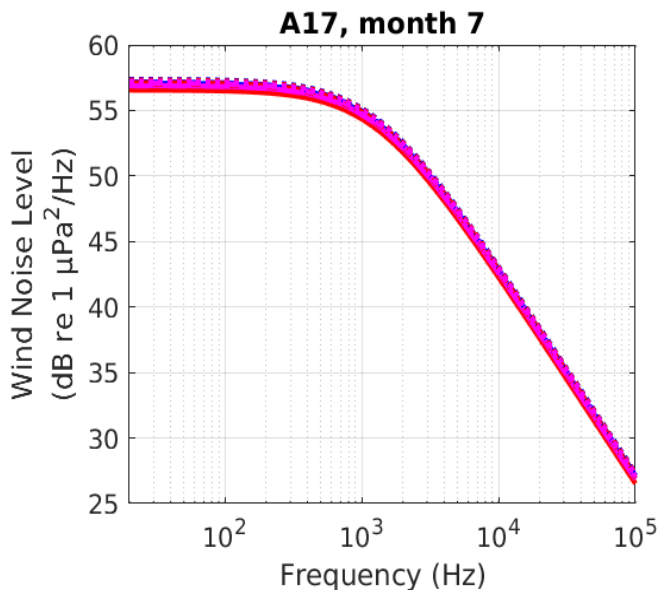
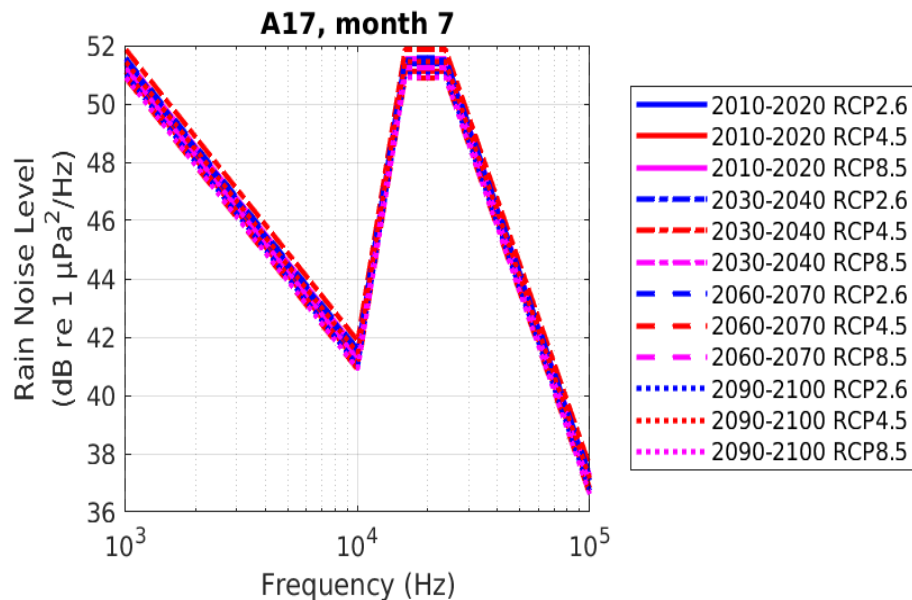
Regnintensitet

- Den genomsnittliga regnintensiteten ökar för högre utsläppsscenarion
- För högre utsläppsscenarier blir det vanligare med stora regnmängder under kort tid



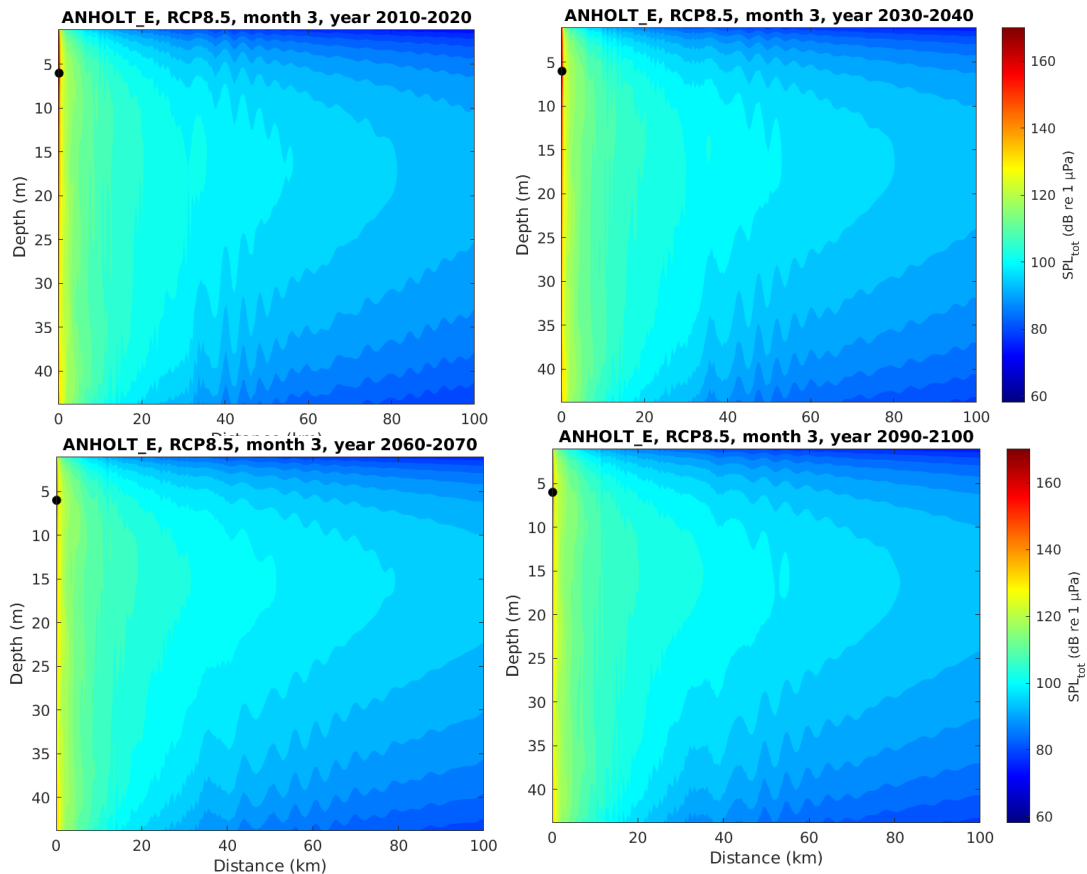
Sjöbrus

- Ingen relevant förändring i vindbrus
- För låg tidsupplösning för att kunna dra slutsatser gällande regnbrus



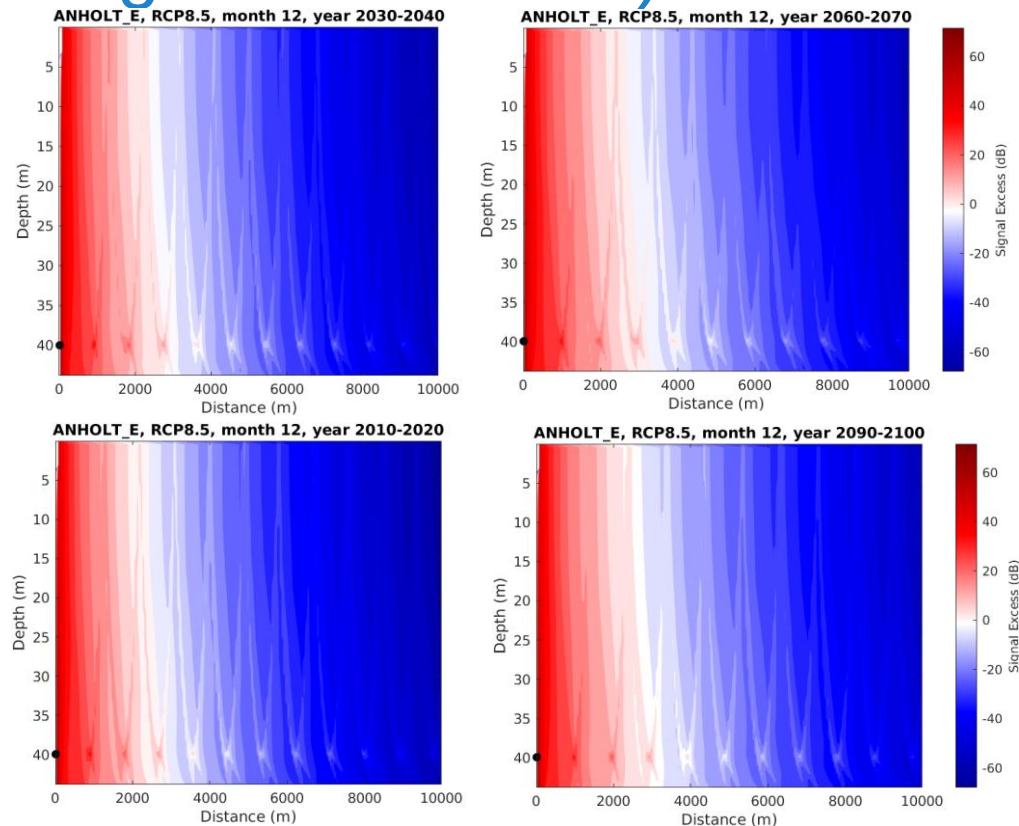
Lågfrekvent ljudutbredning av fartygsbuller vid 125 Hz

- En liten ökning i västerhavet på grund av lägre absorption.
- Ljudutbredningsförhållandena är lika. Vi ser enbart vissa lokala variationer. Inga trender.



Detektionsavstånd vid aktiv spaning (Monostatiskt och brusbegränsat 20 kHz)

- Något större detektionsavstånd på grund av lägre absorption
- Ljudutbredningsförhållande är mycket lika



Slutsatser

- Inga drastiska förändringar för akustiska sensorer
- Ökad vattentemperatur på 1-4 grader beroende på plats och RCP
- Möjlig minskning av salthalt
- Minskad absorption i Östersjön
- Ökad absorption i Västerhavet över 100 kHz
- Inga tydliga förändringar i vindbrus
- Möjligen ökat regnbrus på grund av ökade nederbördsmängder och mer intensiva skyfall

Tack!