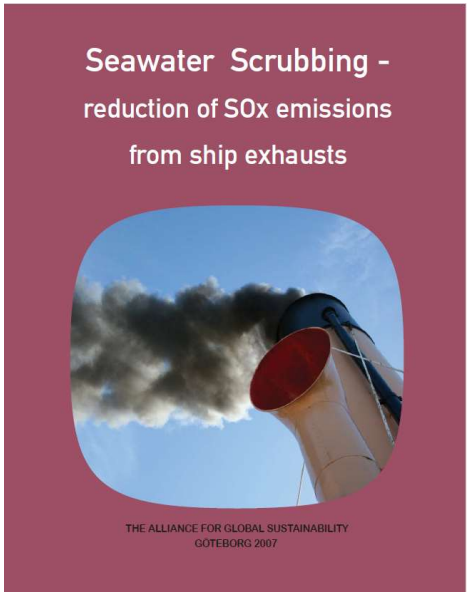
Sjöfartens miljöpåverkan: Utsläpp av skrubbervatten

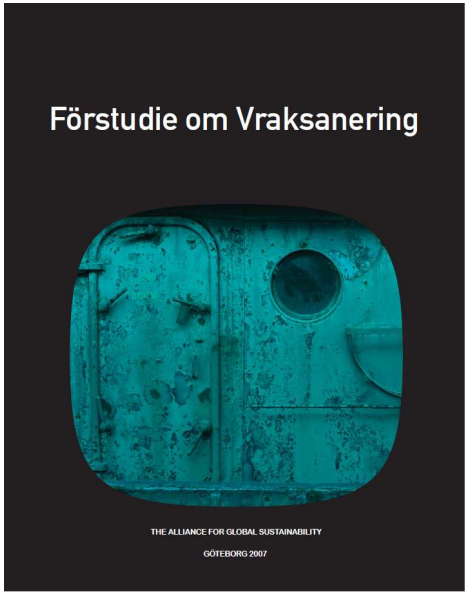
Ida-Maja Hassellöv
Bitr prof Maritim miljövetenskap
Inst för mekanik och maritima vetenskaper
Temaområdesledare Chalmers Ocean
ida-maja@chalmers.se

2024-09-17

Marin kemi & två förstudier 2006/07



Seawater scrubbing – reduktion av svavelutsläpp till luft från fartygsavgaser

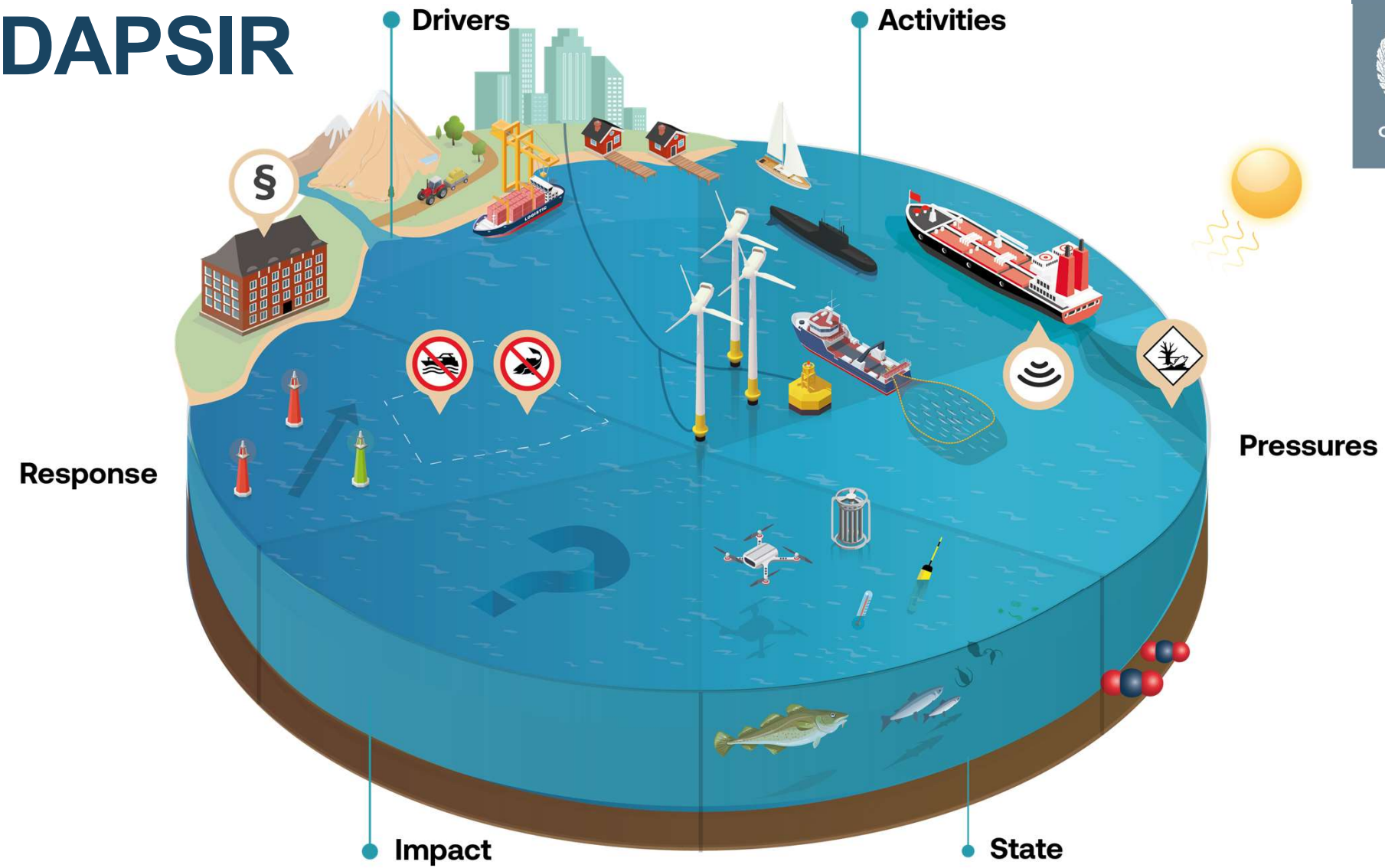


Förstudie om vraksanering

Innehåll

- Sjöfart i den blå ekonomin
- Belastning på havsmiljön från fartyg
- Modellering av sjöfartens utsläpp
- Miljöpåverkan från skrubbrar
- Fartygsbränslen
- Fartygsinducerad omblandning
- Målkonflikter
- Alternativa regleringsmetoder

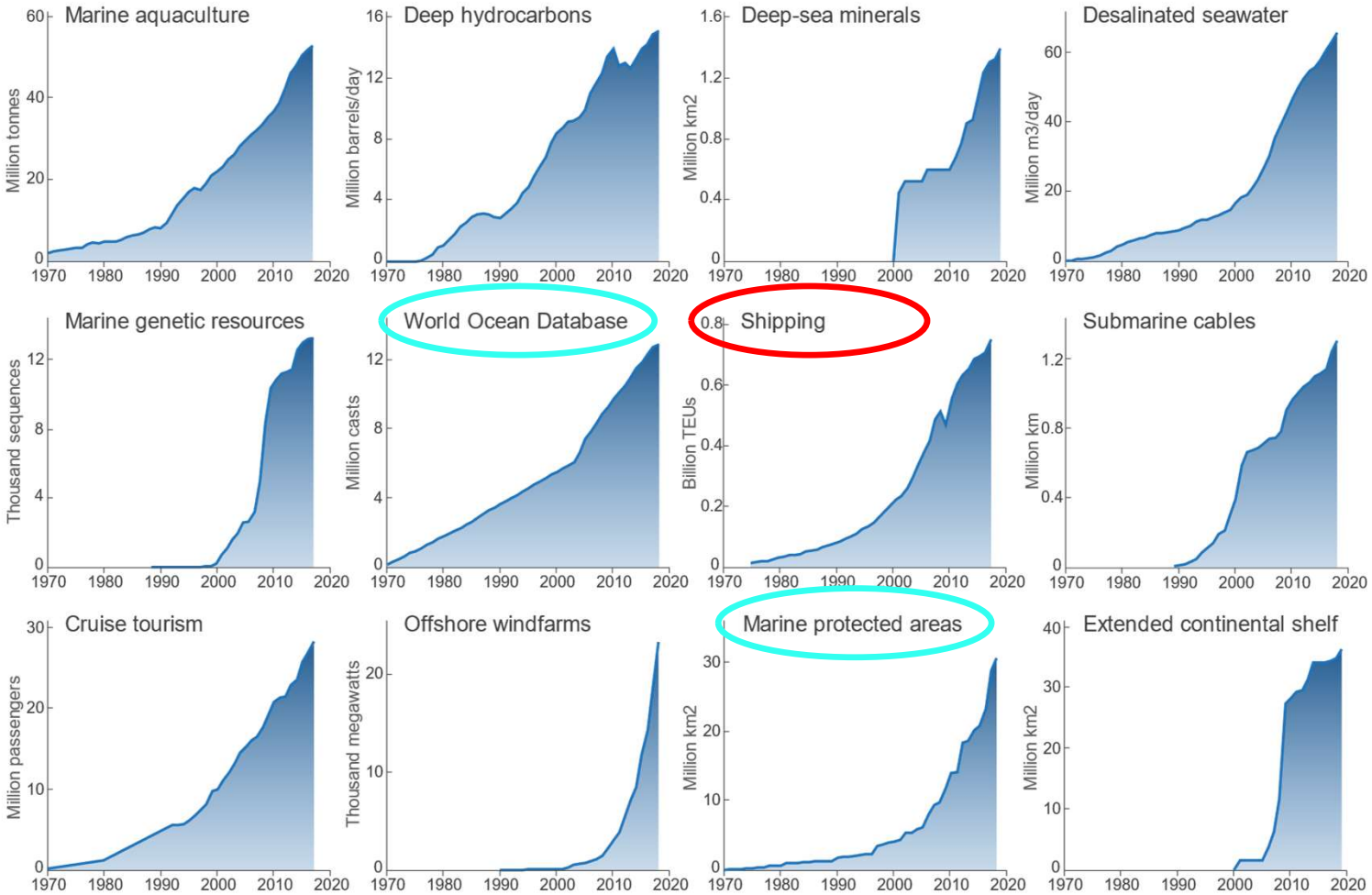
DAPSIR



CHALMERS

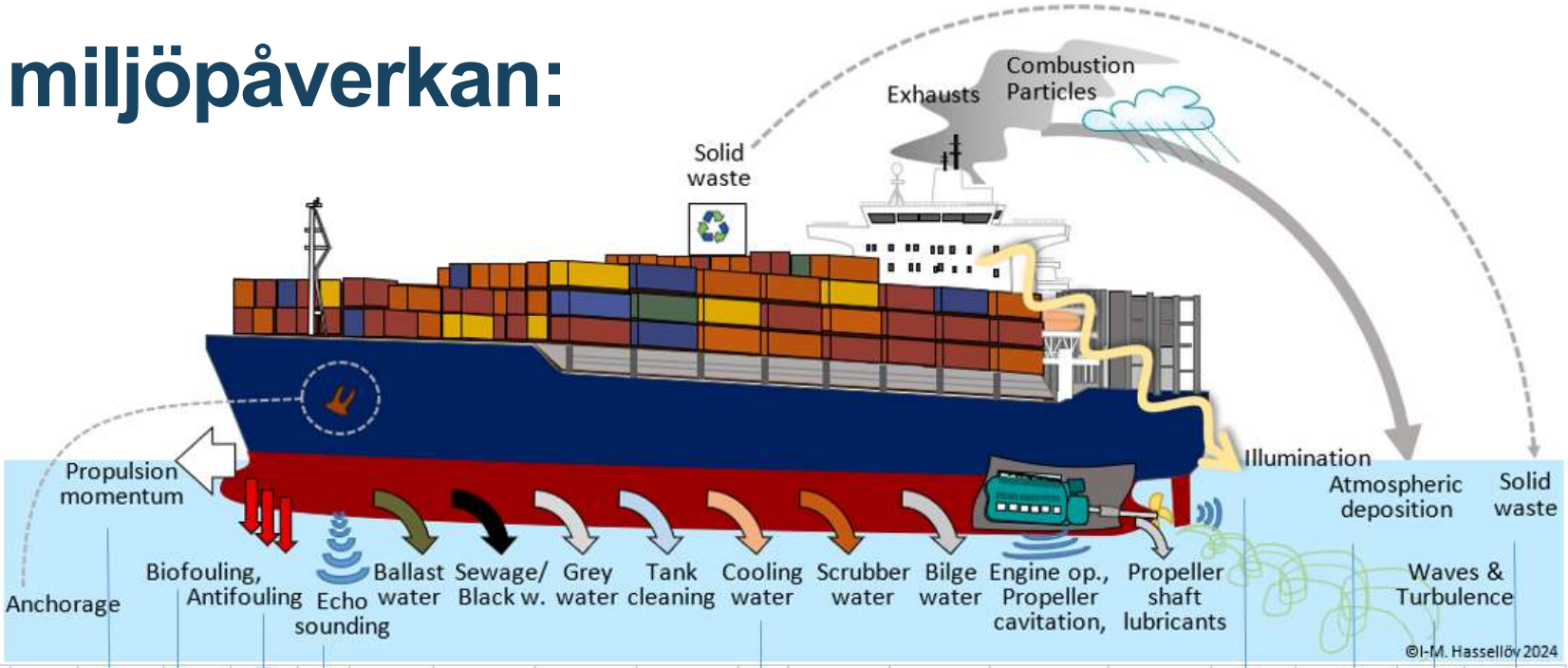
2025-04-15

Den blå accelerationen, 1970-2020



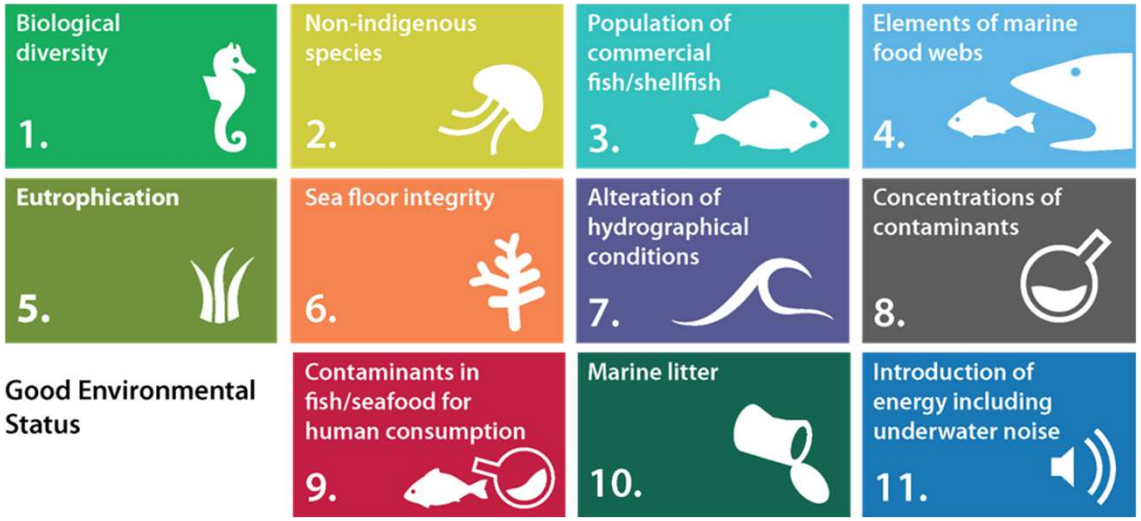
Jouffray et al. 2020. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.12.016

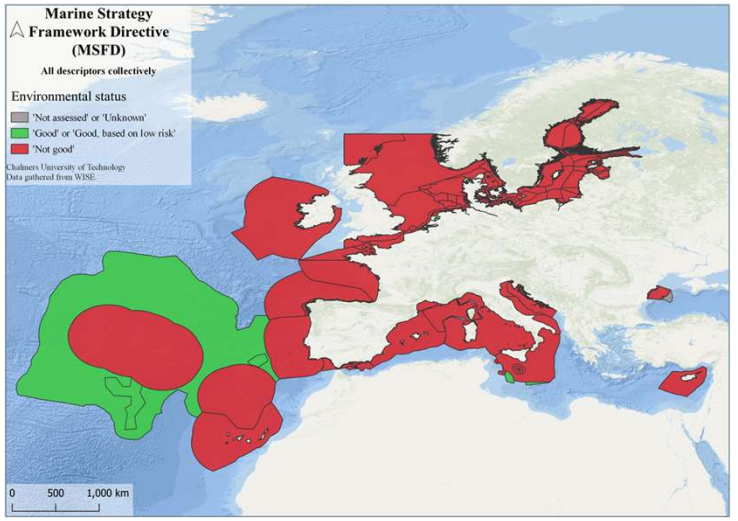
Sjöfartens miljöpåverkan: CO_2 och…



Pressure																		
Nutrient and organic enrichment							X	X	X		X					X		X
Contaminating compounds				X		X	X	X	X	X	X	X		X		X		
Acidiphying compounds									X		X					X		
Marine litter (incl. microplastics)				X			X	X				X				X		X
Non-indigenous species (NIS)			X			X	X	X										X
Collision (birds, mammals, ice habitats)		X																
Noise and energy pollution	X	X			X								X				X	
Artificial light pollution															X			
Physical Seabed Disturbance	X																X	
Shipping regulatory framework				*AFS*		BWMC	MARPOL Annex IV	*MARPOL Annex IV*	MARPOL Annex I		*MARPOL Annex VI*	MARPOL Annex I		MARPOL Annex I		MARPOL Annex VI		MARPOL Annex V

Relevans för deskriptorerna i MSFD





Marco Polo

- 22 okt, två grundstötningar utanför Blekinge
- 29 okt, gled av grundet, ny grundstötning
- Ca 150 m^3 tjockolja ut i havet
- 10 nov KBV avslutar räddningstjänst Marco Polo – haveristen eskorterades till gränsen för svensk ekonomisk zon
- Ca 50m^3 olja bärgad?
- Komplicerad räddnings-operation och sanering
- Sannolikt höga kostnader (hundratals miljoner?)



Foto: TT NYHETSBYRÅN



Foto: Dagens Nyheter


Foto: Ny Teknik

Modellering av sjöfartens utsläpp

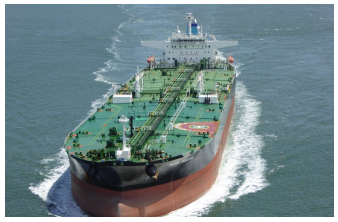
Ship types



Photo: Lighthouse





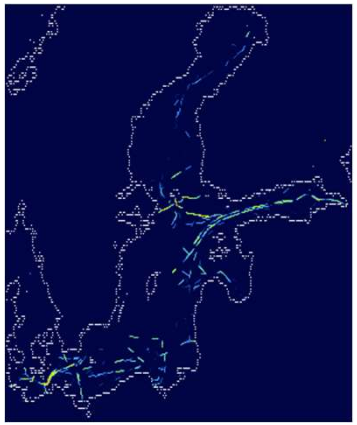




Photos: Pixabay

Shipe type discharge volumes or amounts:
Bilge
Ballast water
Antifouling, etc.

Activity (AIS) data



Year 2012

STEAM model



Shipping emissions

Air emissions

CMAQ model



Atmospheric depositions

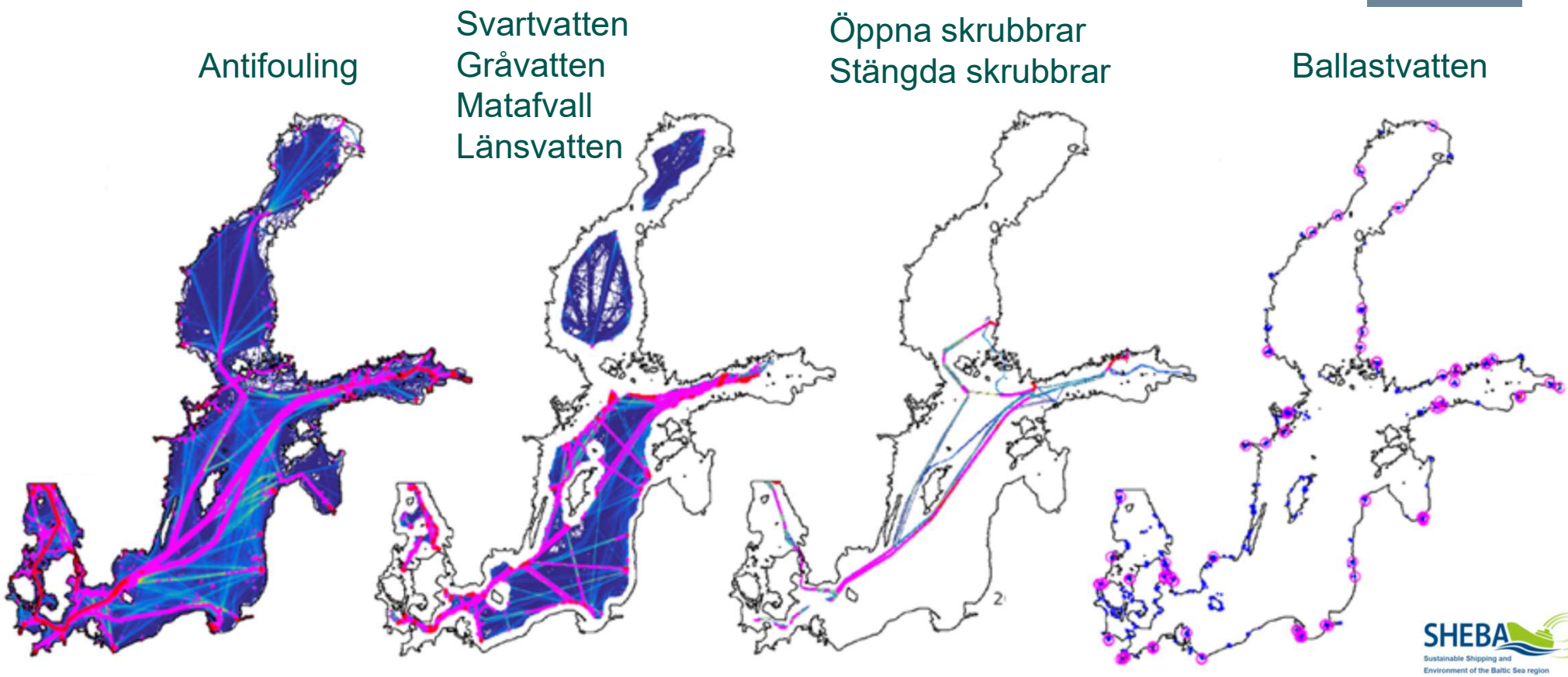
Discharge volumes
Bilge
Stern tube oil
Ballast water
Grey water
Black water
Food waste
Open loop scrubber
Closed loop scrubber

Amounts
Antifouling
NO_3
NH_4
PO_4
Detritus

SHEBA
Sustainable Shipping and Environment of the Baltic Sea region

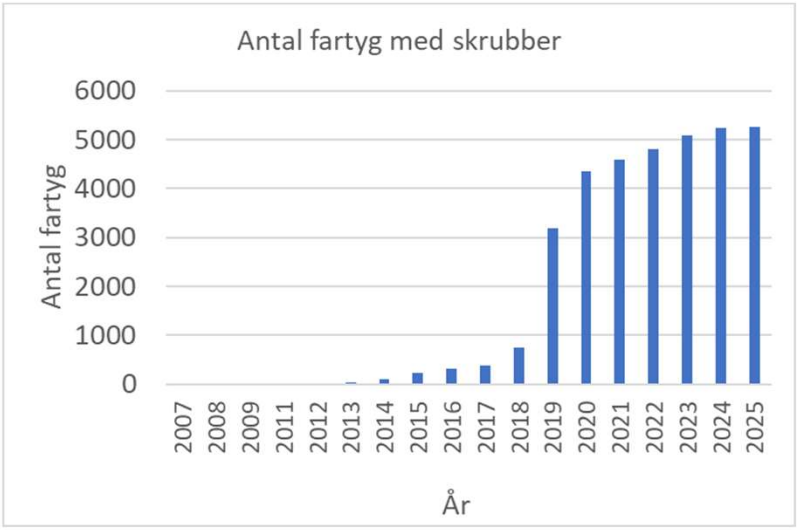
BONUS

AIS-baserad modellering av fartygens belastning på havsmiljön (FMI STEAM, 2012)

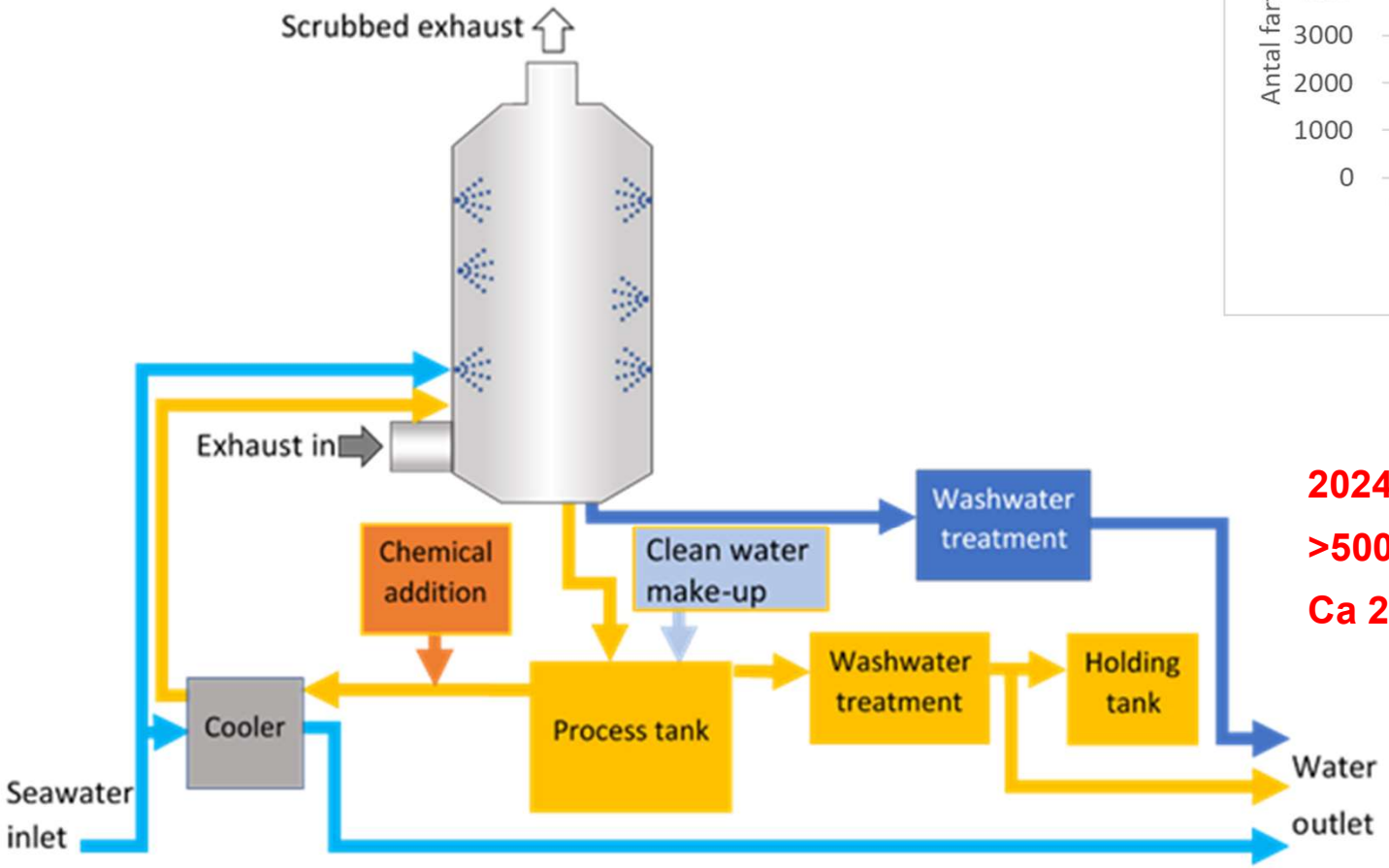


Jalkanen et al. 2021. https://doi.org/10.5194/os-17-699-2021

Fartyg med skrubberteknik



DNV Alternative Fuel Insights https://afi.dnv.com/



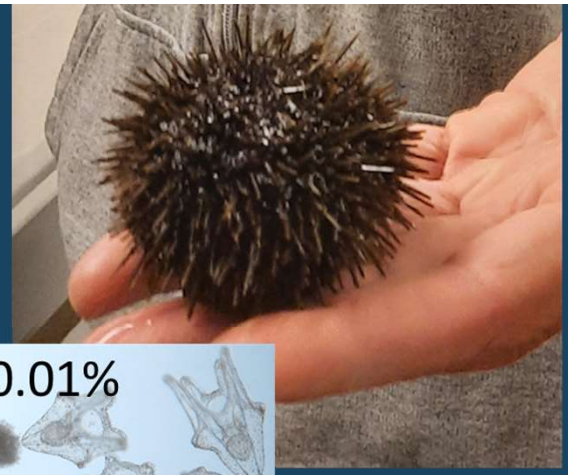
2024:

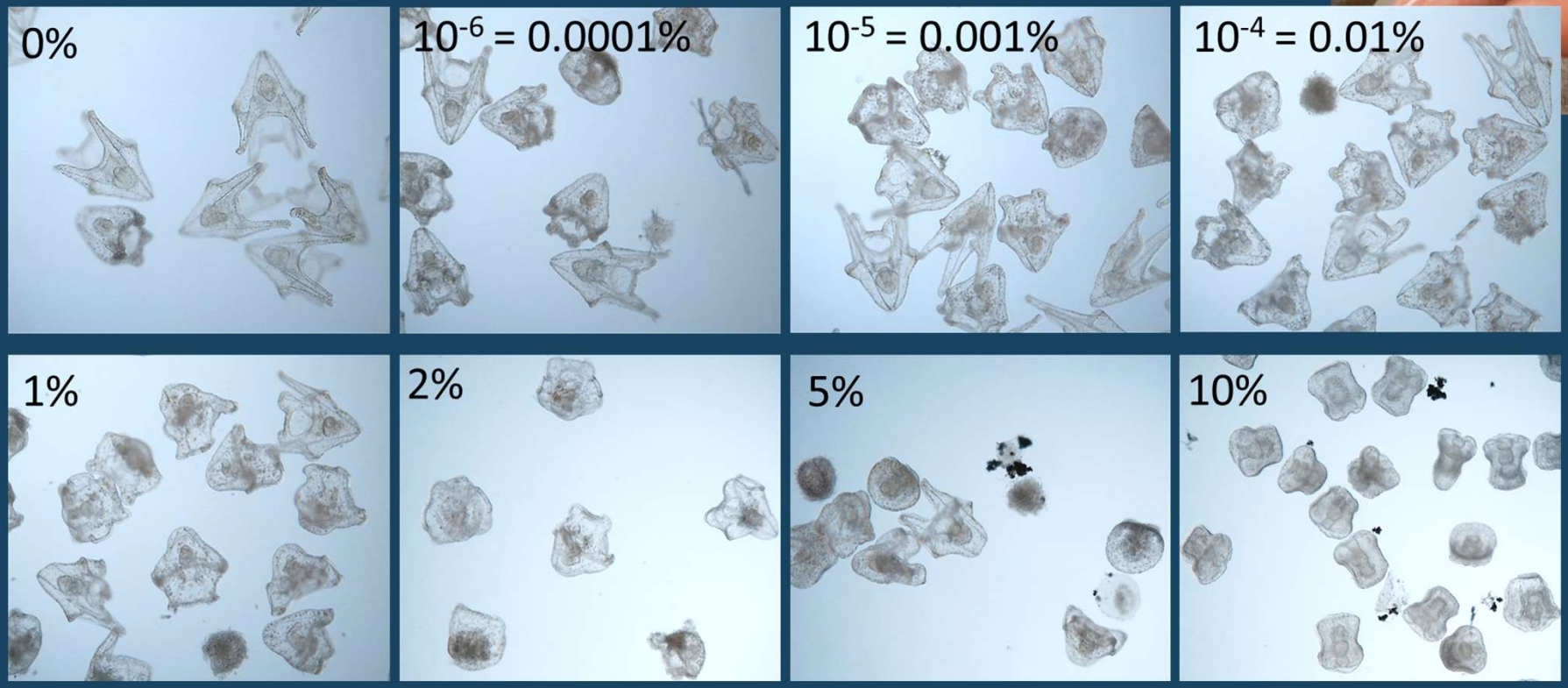
>5000 fartyg med skrubber

Ca 25% av global bunkerförbrukning

Modified from EGCSA (2012), https://www.egcsa.com/resources/technical_gallery/

Effekter av skrubbervatten på sjöborrelarver



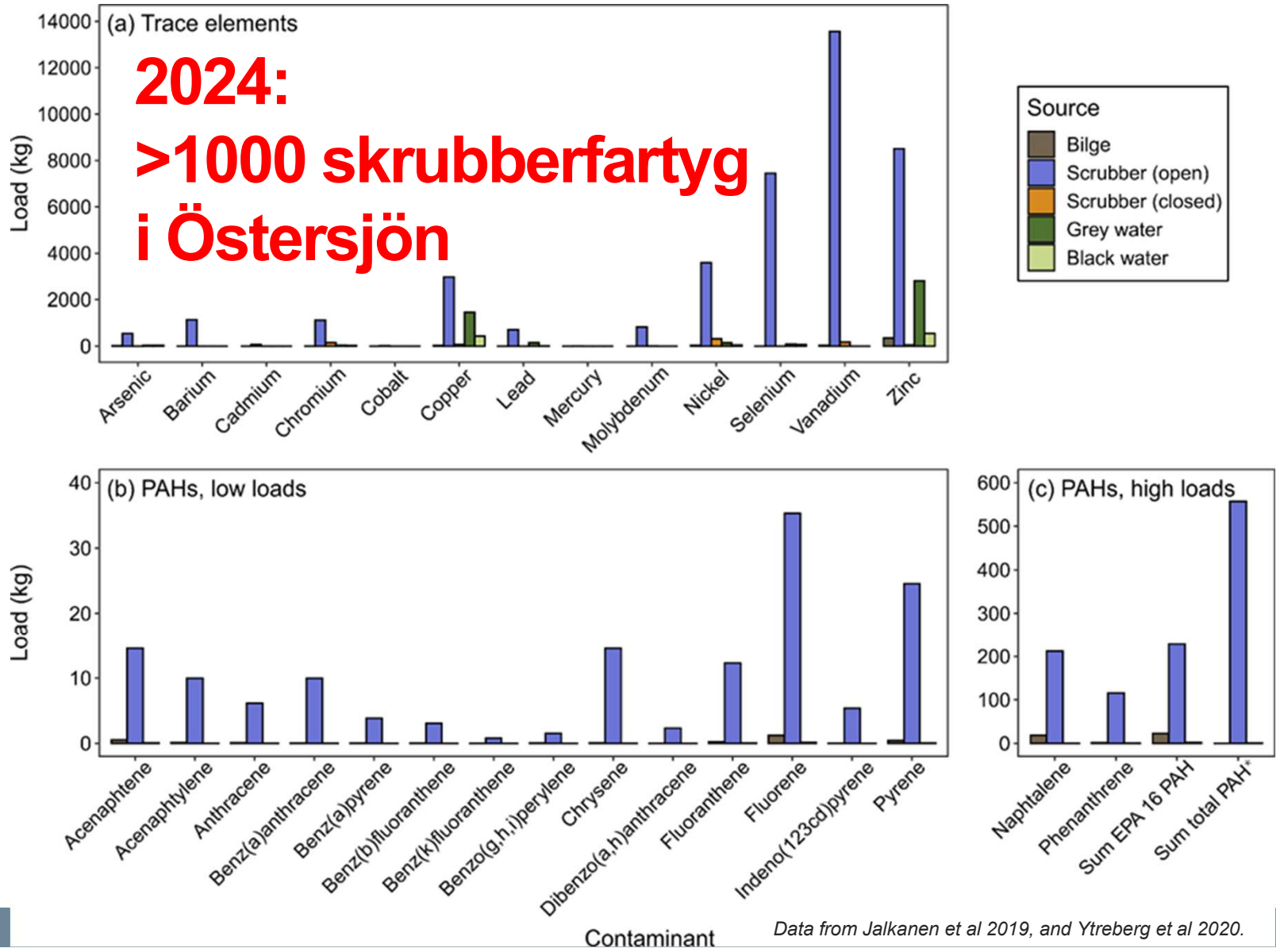


Chen et al (in prep), EU H2020 project EMERGE deliverable 2.3. Courtesy of IVL Svenska Miljöforskningsinstitutet

Östersjön, 2018, 99 skrubber-fartyg

<2% av alla fartyg i Östersjön utrustade med skrubbrar

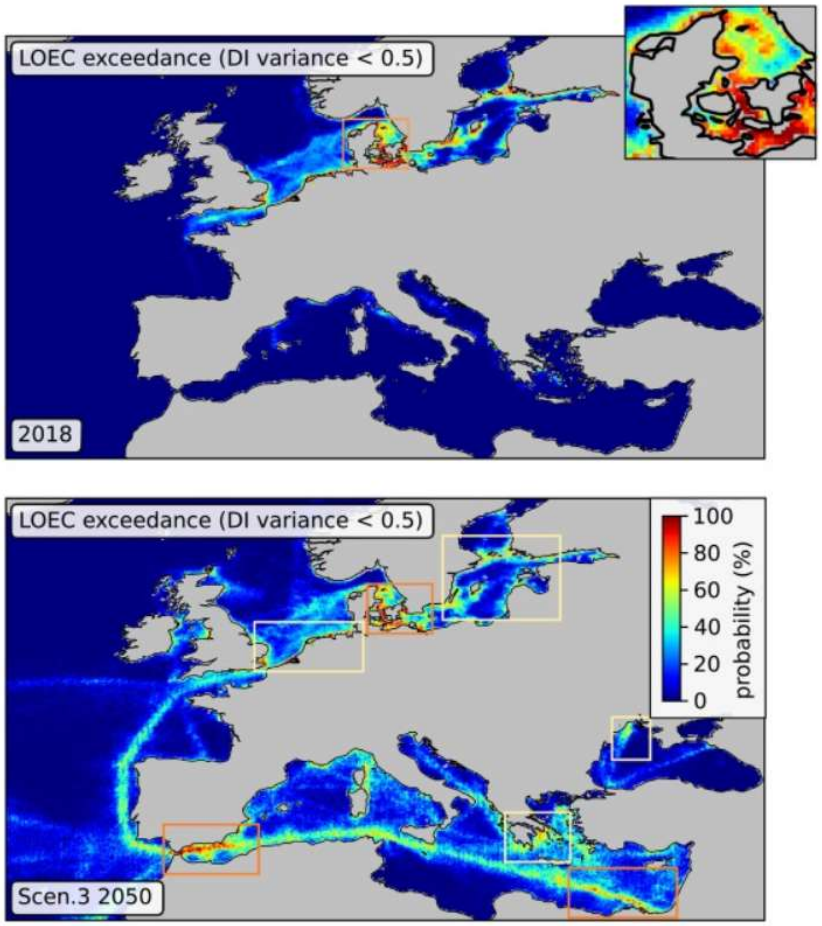
Massan föroreningar från skrubbrarna var 10-1000 gånger högre för enskilda ämnen jämfört med massan föroreningar från samtliga andra typer av utsläpp, från samtliga fartyg i området.



Data from Jalkanen et al 2019, and Ytreberg et al 2020.

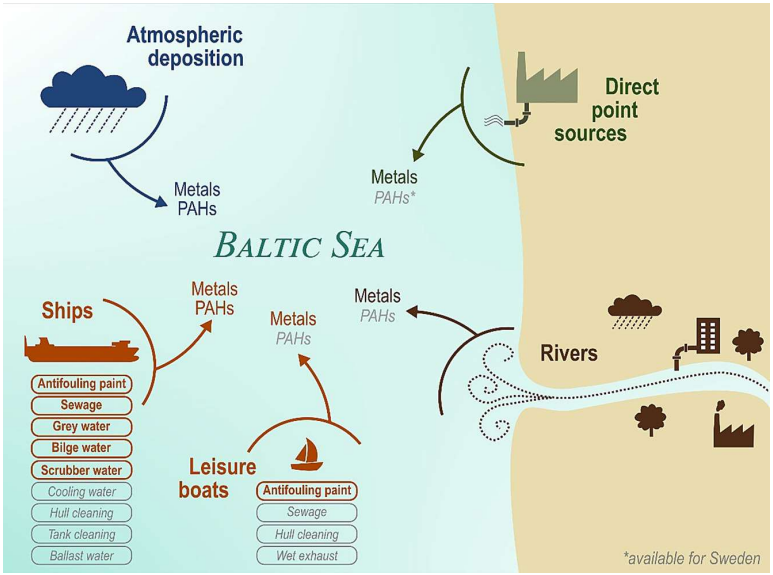
MODELLERADE KONCENTRATIONER

Befintliga utsläpp överstiger koncentrationer som ger ekotoxikologiska effekter.

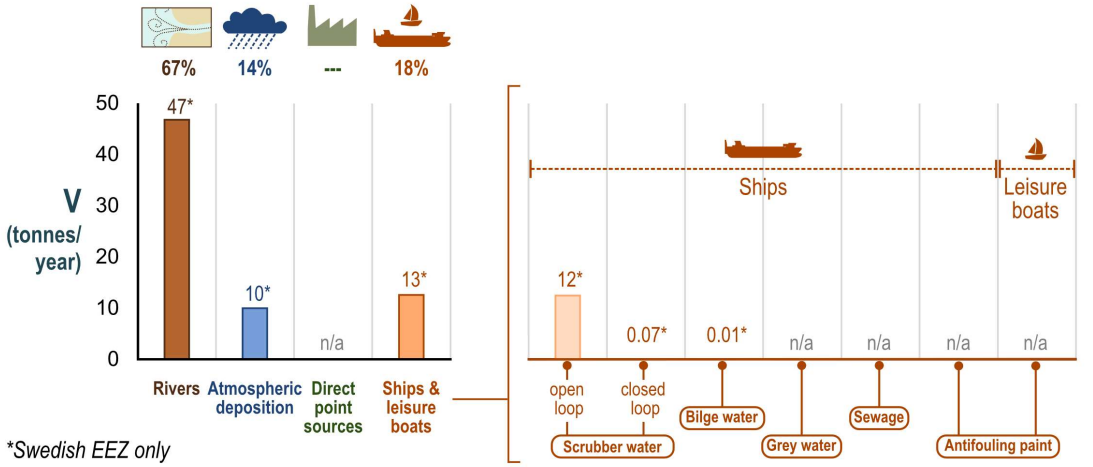


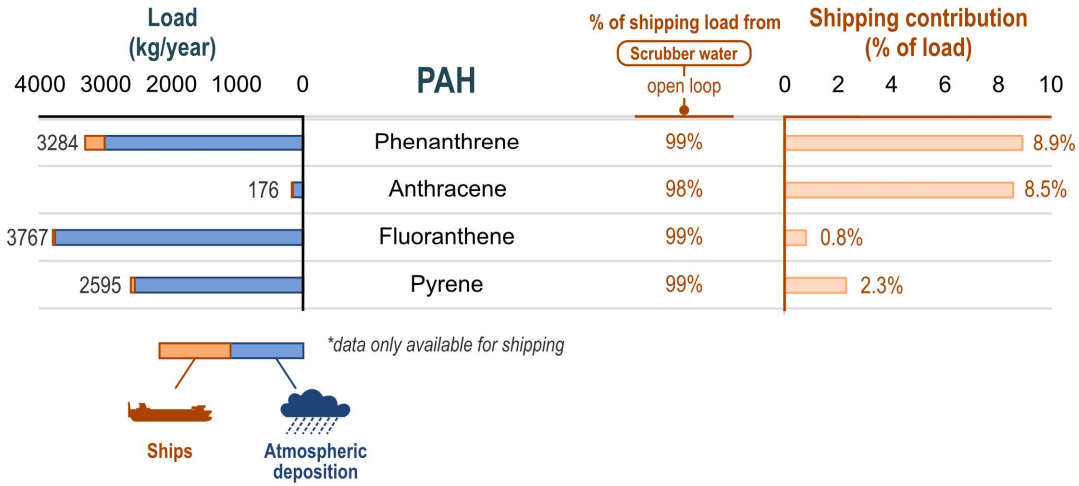
Aghito et al. 2025. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117351

Jämförelse av tillförsel av föroreningar till Östersjön



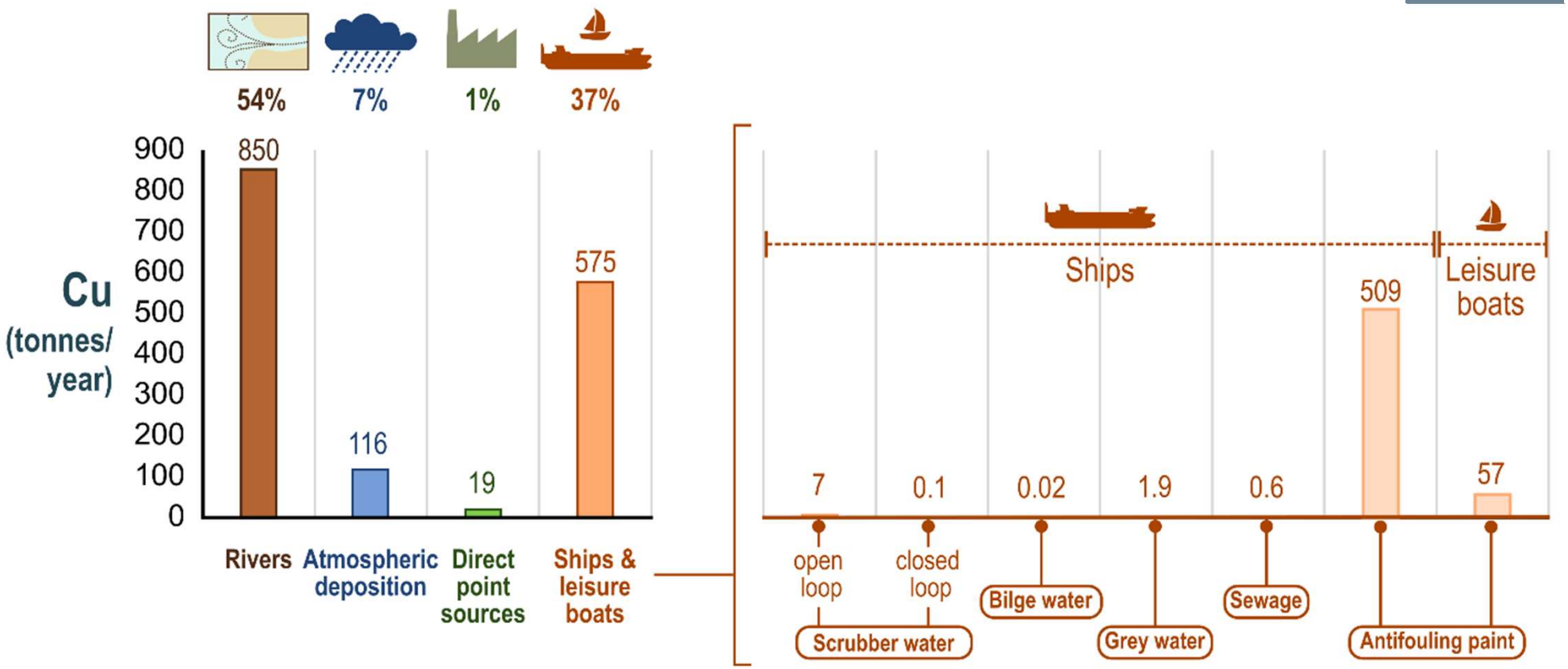
- Baserat på 2018 års data, 178 fartyg opererade med EGCS
- Öppna skrubbrar står för betydande tillförsel av organiska föroreningar (t ex PAHer) och vissa metaller





Ytreberg et al (2022). Metal and PAH loads from ships and boats, relative other sources, in the Baltic Sea, MPB, https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113904.

Sjöfart: ~40% av koppartillförsel till Östersjön



Ytreberg et al. 2022. Marine Pollution Bulletin, 182. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113904

Skrubberkostnader

Analysis https://doi.org/10.1038/s41893-024-01347-1

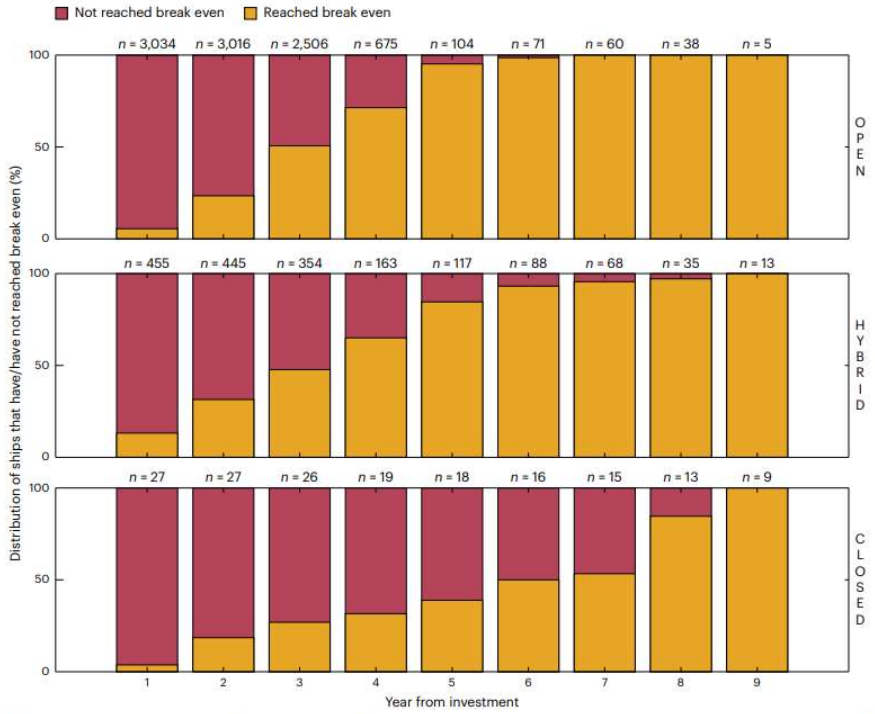


Fig. 2 | Number of years it takes to reach break even from time of installation. Distribution of vessels that have (orange, bottom part of bar)/have not (red, top part of bar) reached break even within 1–9 years after the installation of scrubber system. The ships included have had their scrubbers installed >1 year. The three panels show the distribution for ships with open loop (upper panel), hybrid (middle panel) and closed-loop (lower panel) scrubbers. *n* = the number of ships that are included in the calculation for each year and scrubber type.

nature sustainability

Analysis https://doi.org/10.1038/s41893-024-01347-1

Strong economic incentives of ship scrubbers promoting pollution

Received: 1 November 2023

Accepted: 11 April 2024

Published online: 07 May 2024

Check for updates

Anna Lunde Hermansson, Ida-Maja Hassellöv, Tiia Grönholm, Jukka-Pekka Jalkanen, Erik Fridell, Rasmus Parsmo, Jesper Hassellöv & Erik Ytreberg

In response to stricter regulations on ship air emissions, many shipowners have installed exhaust gas cleaning systems, known as scrubbers, allowing for use of cheap residual heavy fuel oil. Scrubbers produce large volumes of acidic and polluted water that is discharged to the sea. Due to environmental concerns, the use of scrubbers is being discussed within the International Maritime Organization. Real-world simulations of global scrubber-vessel activity, applying actual fuel costs and expenses related to scrubber operations, show that 51% of the global scrubber-fitted fleet reached economic break even by the end of 2022, with a surplus of €4.7 billion in 2019 euros. Within five years after installation, more than 95% of the ships with the most common scrubber systems reach break even. However, the marine ecotoxicity damage cost, from scrubber water discharge in the Baltic Sea Area 2014–2022, amounts to >€680 million in 2019 euros, showing that private economic interests come at the expense of marine environmental damage.

Since the mid 1900s, the marine bunker fuel market has been dominated by residual fuels, that is, heavy fuel oils (HFOs), due to their low price and high energy content[1]. HFO is a residual, sulfur-containing product, and during combustion, the sulfur content of the fuel will be proportional to the emissions of sulfur oxides (SO_x) and particulate matter (PM) to the atmosphere. Therefore, as of January 2020, the International Maritime Organization (IMO) implemented stricter global regulations regarding the sulfur content of marine fuels, from a maximum of 3.5% to 0.5%, with the goal to reduce the negative impacts of ship-derived SO_x and PM on air quality[2]. Even stricter regulations apply for ships operating in designated sulfur emission control areas (SECAs), where a maximum sulfur content of 0.1% is allowed. To meet sulfur regulations, most ships have switched to the more expensive low-sulfur fuels such as distillate fuels, for example, Marine Gas Oil (MGO), or hybrid fuels, for example, very low-sulfur fuel oils (VLSFOs). Another option is to install exhaust gas cleaning systems (EGCSs), also known as scrubbers, and continue to use the less-expensive HFO with high sulfur content while still being compliant with the IMO regulations.

For more than a decade, several studies have shown that more stringent regulations, previously in SECAs and now also globally, have led to a reduction of SO_x emissions[3–6], that scrubbers efficiently can reduce the sulfur content in the exhaust to the required compliance levels[7,8] and that scrubbers are economically feasible, being a lucrative alternative to fuel switch[9–12]. In parallel, concerns have been raised regarding the impact on the marine environment from scrubber water discharge, for example, adverse effects on marine organisms, including reduced growth and increased mortality potential, eutrophication effects on phytoplankton[13–17] and acidification effects on local and regional levels[2,4,18]. Other concerns related to scrubbers include the difficulty in compliance monitoring[19,20], the PM air emissions that are not reduced in the same way as a switch to low-sulfur fuels[21] and the enabling of continued use of HFO, impeding important development of alternative fuels and other low-carbon options[22]. Globally, scrubbers have been installed on more than 5,000 ships (https://afi.dnv.com/statistics/) and HFO amounts to approximately 25% of the total marine bunker fuel demand and is forecasted to continue to do so in the near future[23]. The

[1]Chalmers University of Technology, Department of Mechanics and Maritime Sciences, Gothenburg, Sweden. [2]Atmospheric Composition Research, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland. [3]IVL Swedish Environmental Research Institute, Gothenburg, Sweden.
e-mail: anna.lunde.hermansson@chalmers.se

Goda nyheter!

Förbud mot utsläpp från skrubbrar till vatten inom svenskt sjöterritorium

Promemorians huvudsakliga innehåll

I denna promemoria föreslås ändringar i förordningen (1980:789) om åtgärder mot förorening från fartyg. Med anledning av det föreslås även en ändring i svavelförordningen (2014:509). Förslagen innebär att utsläpp i svenskt sjöterritorium från avgasreningssystem som tvättar rökgas, s.k. fartygsskrubbrar förbjuds.

Förbudet förslås införas i två steg. Förbud mot utsläpp från fartygs-skrubbrar som används i öppet läge föreslås förbjudas med ikraftträdande den 1 juli 2025. Förbud mot utsläpp från alla typer av skrubbrar, dvs. även sådana som används i stängt läge, föreslås förbjudas med ikraftträdande den 1 januari 2029. Ändringen i svavelförordningen föreslås träda i kraft den 1 juli 2025.

Förbud träder i kraft för:

Öppna skrubbrar 2025-07-01

Stängda skrubbrar 2029-01-01

/ [2025-01-30] Regeringen förbjuder utsläpp från skrubbrar i svenskt vatten

AKTUELLT • 30 JANUARI 2025

Regeringen förbjuder utsläpp från skrubbrar i svenskt vatten

Regeringen har beslutat att förbjuda utsläpp från fartygskrubbrar som tvättar rökgaser på fartyg. Förbudet gäller för alla fartyg i svenskt sjöterritorium.

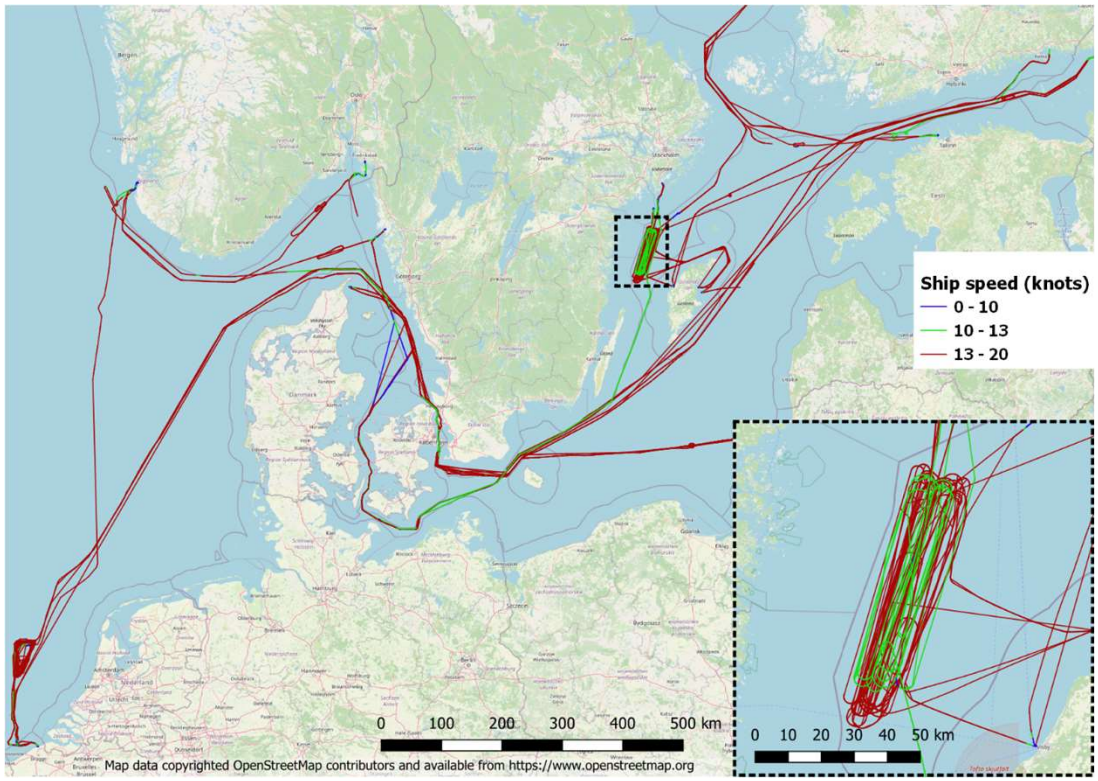
– Ett glädjande besked, säger Fredrik Lindgren, utredare på HaV, som har arbetat med frågan i flera år.

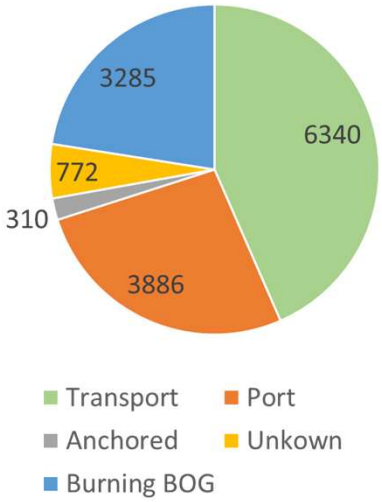
Hybridoljor - vanligaste bränsletyp idag



Källa: Svenska Kustbevakningen, J. Uvegård 2020. Studier av en hybridoljas egenskaper.

Exempel: ett LNG Feeder fartyg som bränner ”boil-off gas” 32% av tiden till sjöss





Hörteborn A., Hassellöv I.-M., 2023. Economic incentives and technological limitations govern environmental impact of LNG feeder vessels. J. Clean. Prod. (pending revision)

Effekter i havsmiljön?





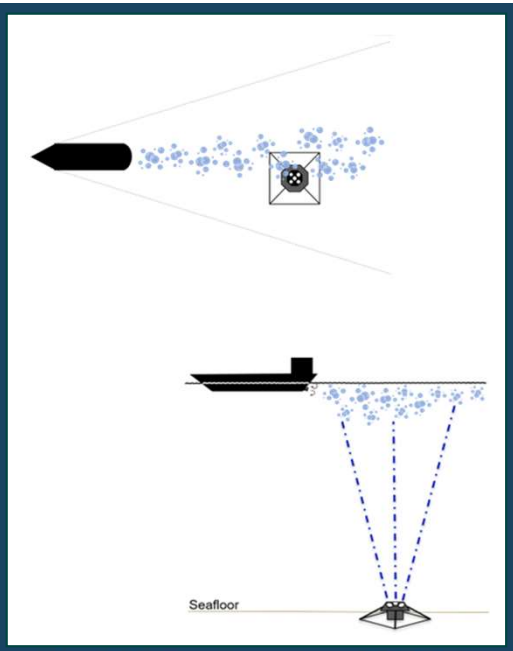
Fartygsinducerad omblandning

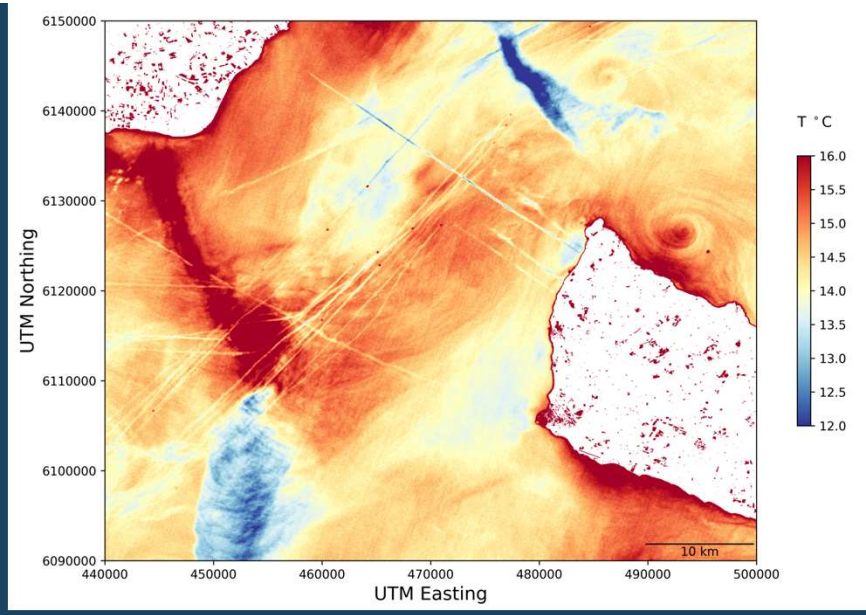
Lokal/regional ’upwelling’?

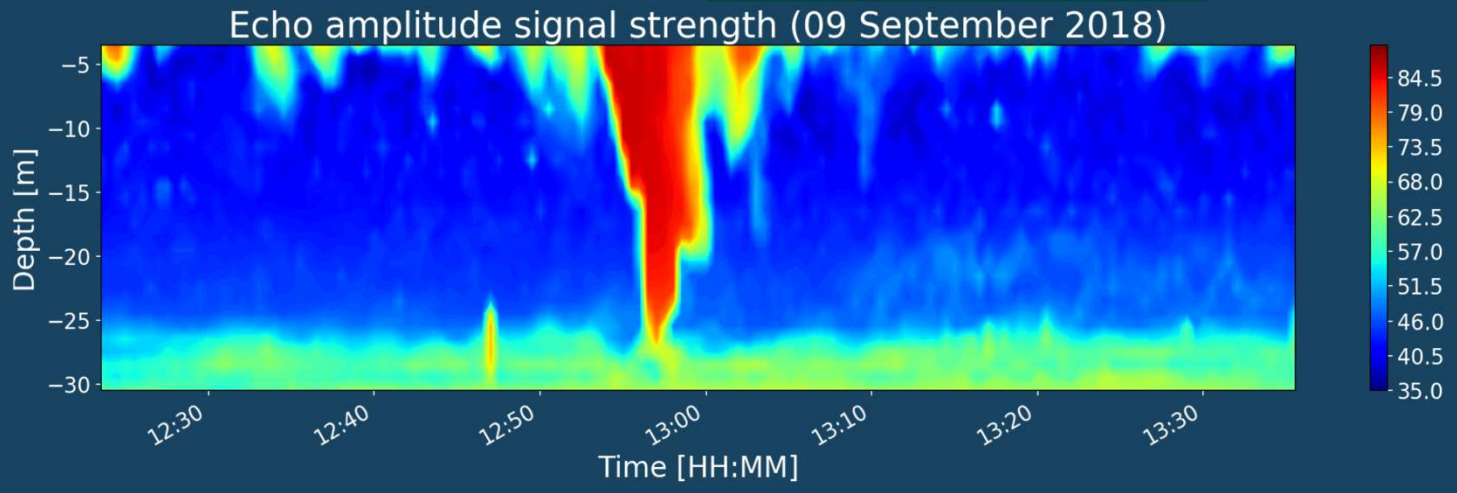
Betydelse för utsläpp av föroreningar från fartyg?

Inloppet till Göteborg

Omblandning ned till botten, 30 m djup







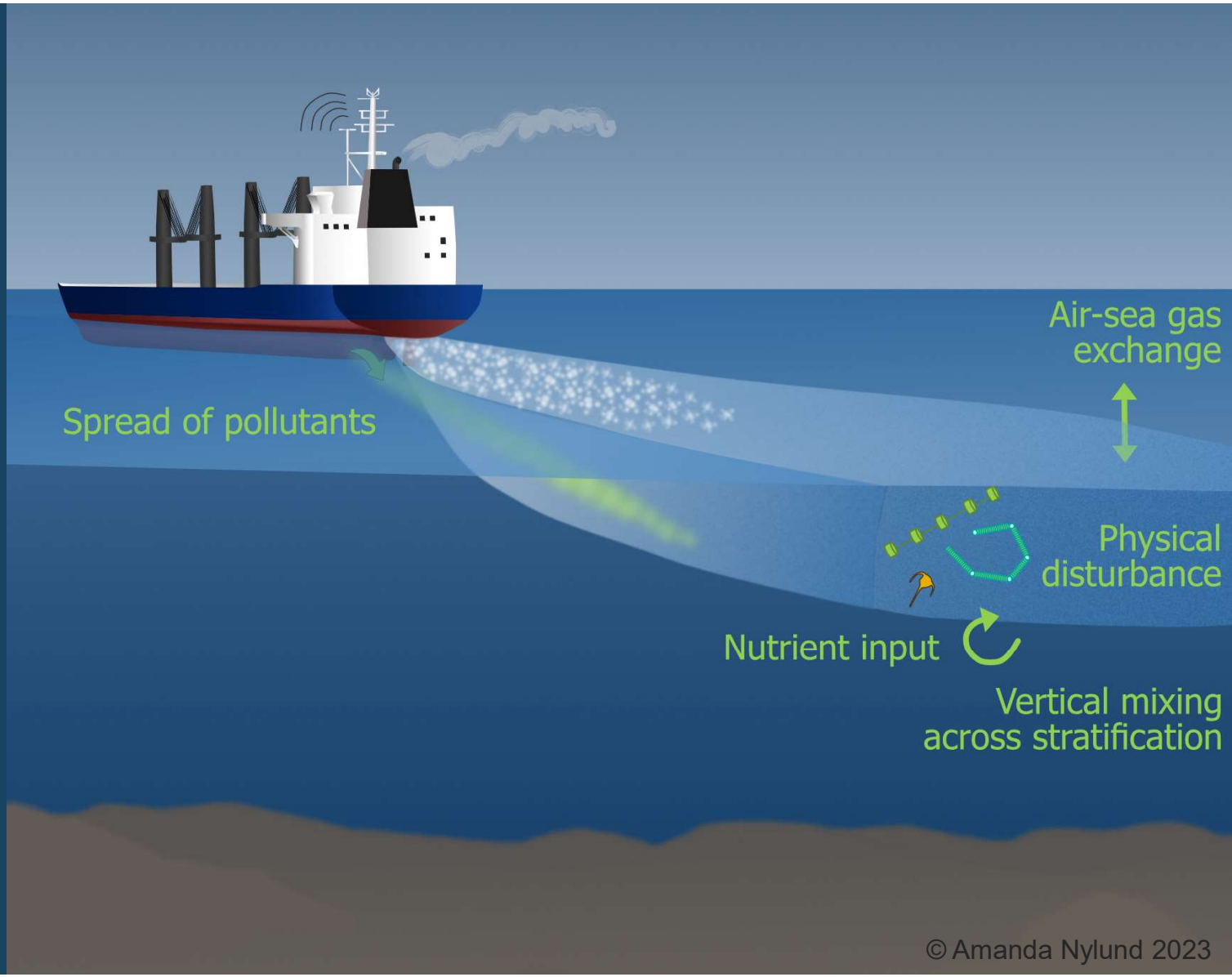
Sea surface temperature derived from a Landsat-8 image, May 2017

Bornholmsgattet

Kölvattnets signatur kvar upp till 30 min efter passage

Turbulenta fartygsvakar (kölvatten) påverkar havsmiljön på flera sätt.

Påverkan på konnektiviteten?



Målkonflikter



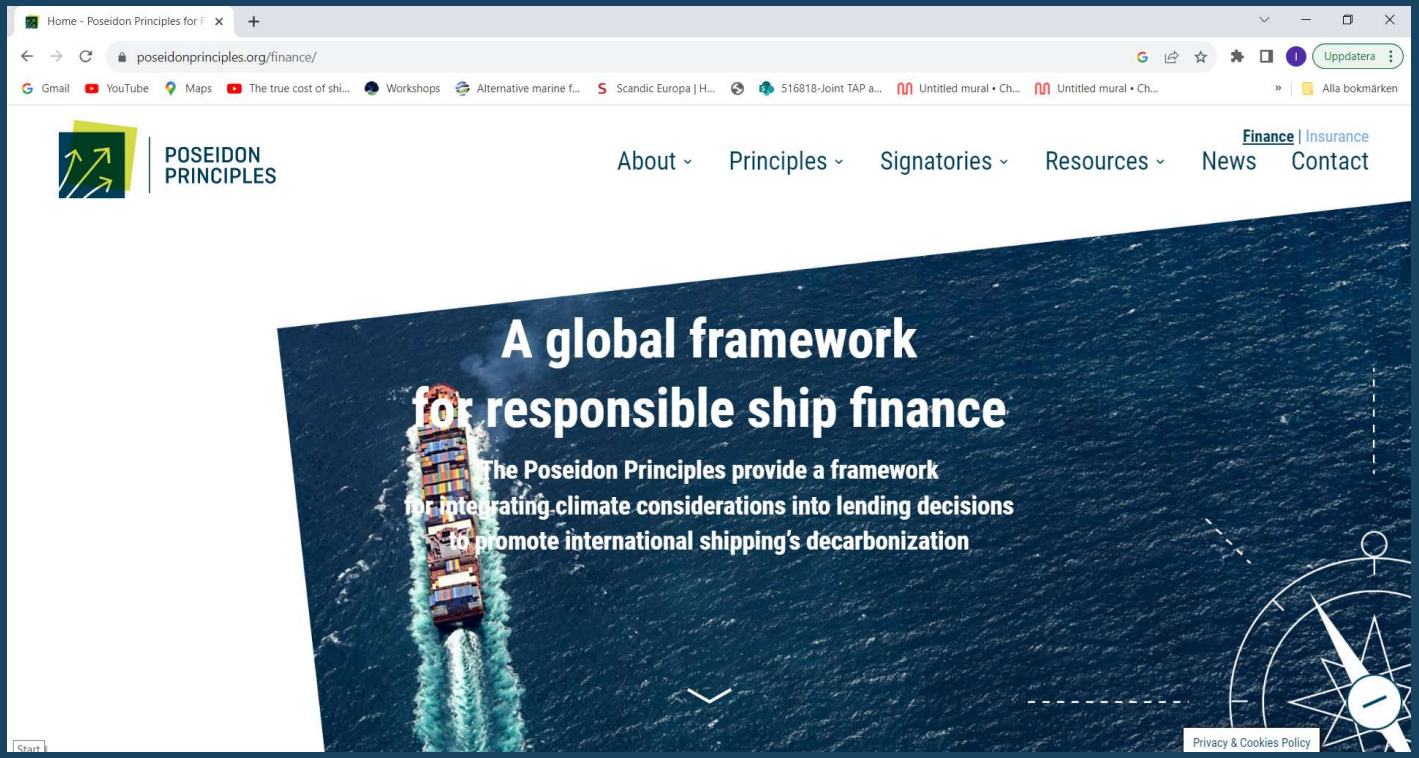


EFFEKTER PÅ HAVSMILJÖN AV ATT FLYTTA ÖVER GODSTRANSPORTER FRÅN VÄGTRAFIK TILL SJÖFART

HAVSMILJÖINSTITUTETS RAPPORT NR 2019:5

IDA-MAJA HASSELLÖV, KJELL LARSSON OCH EVA-LOTTA SUNDBLAD

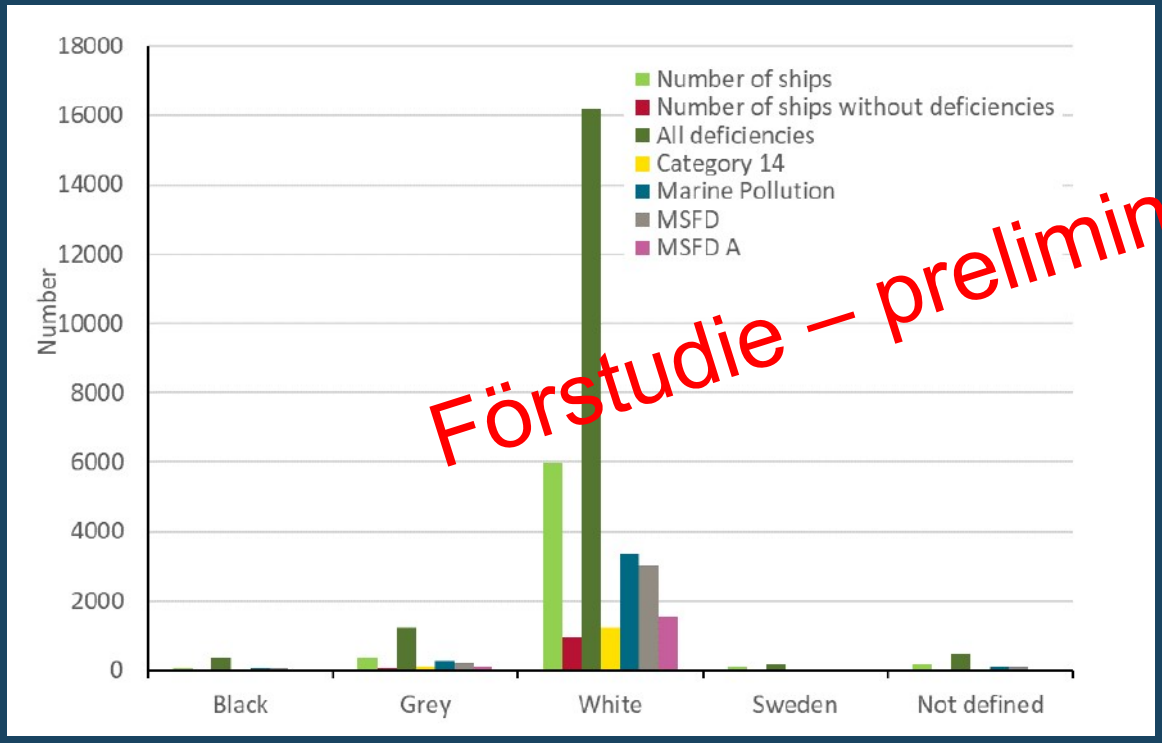
Alternativa regleringsmodeller?

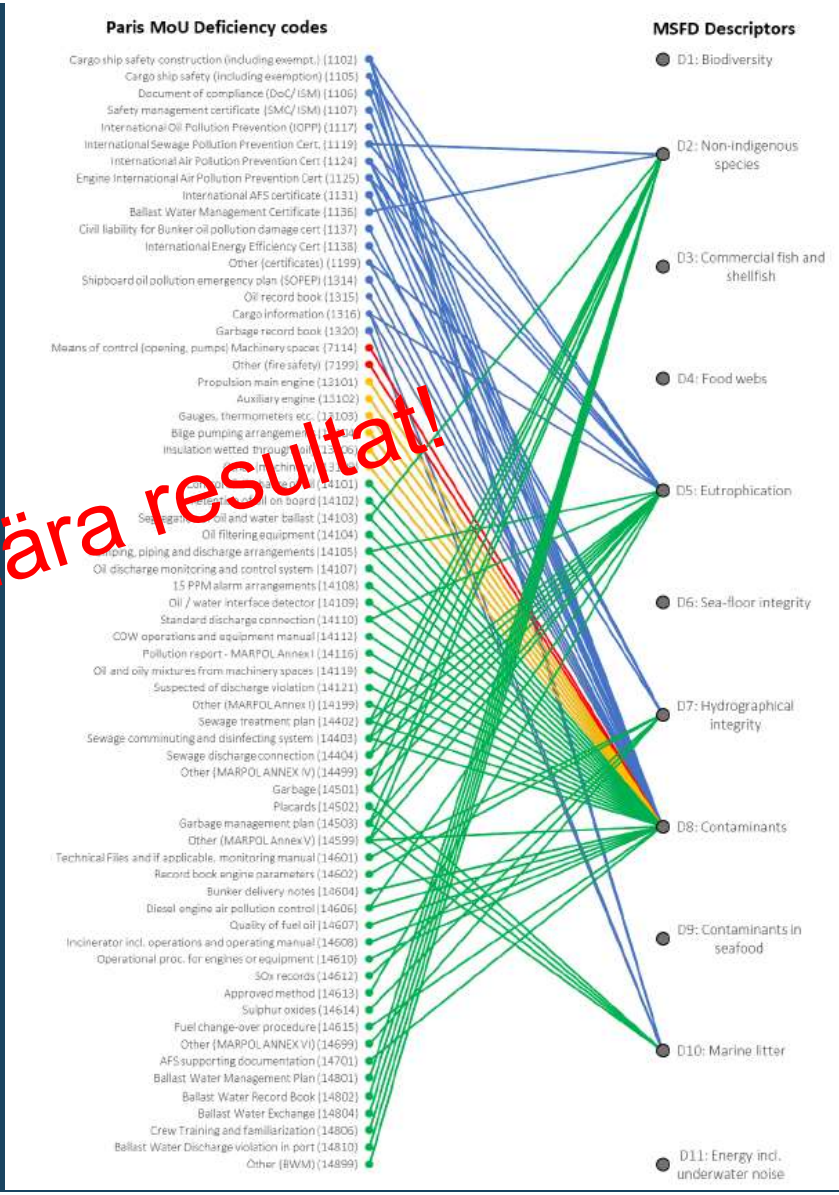


Exempelvis Poseidon Principles, idag endast inriktat på CO_2, men skulle hypotetiskt kunna inkludera andra typer av belastningar

Port State Control - Paris MoU

Belastningen från alla fartyg på vita listan vs de få fartygen på den grå och svarta listan





Förstudie – preliminära resultat!

https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/pages/PublikationVisa.aspx?PublikationId=4313

Utmaningar att lösa



- System för att inkludera sjöfartens miljöpåverkan i havsförvaltningen (!), inkluderar förslagsvis även koppling till systemet för hamnstatskontroll
- Miljöpåverkan från hybridoljor (VLSFO och ULSFO)
- Farleders roll för marina ekosystem, inte minst i relation till skyddade områden

Tack!