



CHALMERS



# Invasiva arters transport med barlastvatten till Sveriges västkust

En kartläggning av fartygstrafik och undersökning av barlastvattenreningssystem på tank- och rorofartyg

Examensarbete inom sjökaptensprogrammet

TOVA GUSTAVSON  
HILDA LJUNGGREN

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige, 2023



# **Invasiva arters transport med barlastvatten till Sveriges västkust**

En kartläggning av fartygstrafik och undersökning av  
barlastvattenreningssystem på tank- och rorofartyg

Examensarbete inom sjökaptensprogrammet

TOVA GUSTAVSON  
HILDA LJUNGGREN

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper  
*Avdelningen för maritima studier*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige, 2023

## **Invasiva arters transport med barlastvatten till Sveriges västkust**

En kartläggning av fartygstrafik och undersökning av barlastvattenreningssystem på tank- och rorofartyg

TOVA GUSTAVSON  
HILDA LJUNGGREN

© TOVA GUSTAVSON, 2023  
© HILDA LJUNGGREN, 2023

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper  
Chalmers tekniska högskola  
SE-412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

### Omslag:

Bild på en karta över Orust-Tjörns fjordsystem med svarta prickar som representerar hamnarna Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn. Ett fartyg med två krabbor är på väg mot fjordsystemet. Karta från mapcustomizer.com, redigerad med egna tillägg.

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper  
Chalmers tekniska högskola  
Göteborg, Sverige 2023

## **FÖRORD**

Detta examensarbete är skrivet inom ramen för sjökaptensprogrammet på Chalmers tekniska högskola. Sjökapensprogrammet är ett fyraårigt program och examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng. Arbetet har skrivits i samarbete med forskningsprojektet Invasive Species Action Plan (ISAP) och vi vill tacka dem för ett gott samarbete. Speciellt vill vi framföra ett stort tack till vår handledare Lena Granhag, som själv arbetar med ISAP, för hennes stöd och engagemang. Tack även till Astrid Liedholm på Chalmers Writing Centre för råd kring språket i rapporten. Slutligen vill vi rikta många tack till de rederier som skickat ut vår enkät och befälens ombord som tagit sig tid att svara på den. Utan er hjälp vore undersökningen inte möjlig.

## **Invasiva arters transport med barlastvatten till Sveriges västkust**

En kartläggning av fartygstrafik och undersökning av barlastvattenreningssystem på tank- och rorofartyg

TOVA GUSTAVSON  
HILDA LJUNGGREN

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper  
Chalmers tekniska högskola

### **SAMMANDRAG**

Invasiva främmande arter påverkar biodiversitet och ekosystemtjänster vilket får effekter för ekologi, ekonomi och människors hälsa. Två främmande invasiva arter är blåskrabba och småprickig penselkrabba som har spridits till Sveriges västkust där de negativt påverkar bland annat den svenska strandkrabban. Ursprungligen kommer de två krabborna från östra Asien men de har spridits med fartygs barlastvatten och är etablerade i stora delar av Europa. Denna studie genomförs i samarbete med forskningsprojektet Invasive Species Action Plan (ISAP) som studerar blåskrabba och småprickig penselkrabba på Sveriges västkust. Sjöfart är den främsta spridningsvägen för vattenlevande främmande arter och för att hindra att arter sprids ska fartyg rena sitt barlastvatten. Denna studie undersöker hur barlastvatten kan föra in blåskrabbor och småprickiga penselkrabbor till Orust-Tjörns fjordsystem. Studien består av två delar: en kartläggning av trafik till undersökningsområdet och en enkätundersökning kring rorofartygs och olje-kemikalietankfartygs barlastvattenreningssystem. Trafik till hamnarna Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn har undersökts. I nuläget saknas en överblick över vilka typer av reningssystem svenskopererade fartyg använder, vilket samlas in i denna studie.

Resultat från trafikkartläggningen visar att majoriteten av yrkestrafik som anlöper Orust-Tjörns fjordsystem kommer från områden där de två krabborna finns. Vidare syns att olje-kemikalietankfartyg besöker området ofta, vilket är en fartygstyp som använder stora volymer barlast. Resultat från enkätundersökningen visar att många fartyg har driftproblem med barlastvattenreningssystem. Detta är oroväckande då det befaras bidra till införsel av invasiva främmande arter. Sammanfattningsvis tyder resultatet från både kartläggningen och enkätundersökningen på en pågående införsel av blåskrabba och småprickig penselkrabba med fartyg till Orust-Tjörns fjordsystem.

**Nyckelord:** ballast, barlast, barlastvattenrengöring, ballastrengöring, invasiva arter, invasiva främmande arter, blåskrabba, småprickig penselkrabba

## **Transport of invasive species with ballast water to the Swedish west coast**

Tracking marine traffic and investigating ballast water treatment systems on tankers and roro-vessels

TOVA GUSTAVSON  
HILDA LJUNGGREN

Department of Mechanics and Maritime Sciences  
Chalmers University of Technology

### **ABSTRACT**

Invasive alien species affect biodiversity and ecosystem services, thereby affecting ecology, the economy and human health. Two invasive species of Asian shore crabs exist, *Hemigrapsus sanguineus* and *Hemigrapsus takanoi*. The Asian shore crabs are originally from east Asia but have spread to Europe with ship's ballast water. On the Swedish west coast, the crabs negatively affect the native Green crab and other local species. This study is conducted together with the research project Invasive Species Action Plan (ISAP) which studies the two Asian shore crabs on the Swedish west coast. Shipping is a primary pathway of introduction for aquatic alien species, and to prevent introductions vessels must treat their ballast water to remove organisms and pathogens. This report studies how ballast water may introduce Asian shore crabs to a research area around the islands Orust and Tjörn. The study includes two parts: tracking marine traffic in the research area and a survey about ballast water treatment onboard roro-vessels and oil-chemical tankers. Vessel traffic to the ports Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla and Wallhamn are studied. It is not fully known today which kind of ballast water treatment systems are being used on Swedish-operated vessels, this information is gathered in this survey.

Results from the tracking of marine traffic show that a majority of ships arriving to the research area come from areas where the Asian shore crabs can be found. Furthermore, oil-chemical tankers were the most common arrival. These are vessels that use a large volume of ballast water. Results from the survey show significant operating problems with the ballast water treatment systems which is alarming as it can lead to a continued spread of invasive alien species. In conclusion, results from both the tracking of traffic and the survey show a risk for continued introduction of Asian shore crabs to the Swedish west coast. The report is written in Swedish.

**Keywords:** ballast, ballast water treatment, ballast water treatment system, ballast water management, invasive species, invasive alien species, Asian shore crab, *Hemigrapsus sanguineus*, *Hemigrapsus takanoi*

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	2
1.2 Syfte.....	2
1.3 Frågeställning.....	2
1.4 Avgränsningar.....	3
2. Teori.....	4
2.1 Barlastvatten.....	4
2.2 Invasiva främmande arter.....	4
2.3 Barlastvatten som spridningsväg för främmande arter.....	5
2.4 Regelverk och barlastvattenrening.....	6
2.4.1 IMO:s barlastvattenkonvention och Sveriges ratifikation.....	6
2.4.2 Metoder för barlastvattenrening.....	7
2.5 Forskningsprojektet ISAP.....	8
2.6 Blåskrabba och småprickig penselkrabba.....	8
2.7 Registrering av fartygstrafik med AIS och Vesselfinder.....	10
2.8 Olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg.....	11
2.9 Hamnar inom Orust-Tjörns fjordsystem.....	11
3. Metod.....	13
3.1 Insamling av AIS-data.....	13
3.2 Enkätundersökning.....	13
3.3 Etik.....	14
3.4 Informationssökning.....	14
4. Resultat.....	15
4.1 Resultat från kartläggning av AIS-data.....	15
4.1.1 Fartygs hamnanlöp innan Orust-Tjörns fjordsystem.....	15
4.1.2 Fartygstyper som anlöpt Orust-Tjörns fjordsystem.....	16
4.2 Resultat från enkätundersökningen.....	17
4.2.1 Fartyg som deltagit i enkätundersökningen.....	17
4.2.2 Barlastvattenreningssystem och driftproblem.....	19
4.2.3 Typer av driftproblem och deras orsaker.....	21
5. Diskussion.....	23
5.1 Kartläggning av AIS-data.....	23
5.1.1 Fartygs senaste hamnanlöp innan Orust-Tjörns fjordsystem.....	23
5.1.2 Fartygstyper som anlöpt Orust-Tjörns fjordsystem.....	23
5.2 Enkätundersökningen.....	24
5.2.1 Fartyg som svarat på enkäten och deras barlastvattenvolym.....	24

5.2.2 Barlastvattenreningssystem och deras driftproblem .....	24
5.2.3 Typer av driftproblem och dess orsaker .....	26
5.3 Metoddiskussion.....	27
6. Slutsatser .....	29
6.1 Rekommendationer till fortsatt arbete.....	29
Källförteckning.....	30
BILAGA 1 - Enkätfrågor .....	1
BILAGA 2 – Resultat kring driftproblem .....	3

## FIGURFÖRTECKNING

Figur 1 Blåskrabbor och småprickiga penselkrabbor i Orust-Tjörns fjordsystem (SLU, u.å.)..9	
Figur 2 Hillewaert, H. (u.å.). <i>Småprickig penselkrabba [fotografi]</i> . <a href="https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/invasiva-frammande-arter/sok-frammande-arter/fakta/smaprickig-penselkrabba.html">https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/invasiva-frammande-arter/sok-frammande-arter/fakta/smaprickig-penselkrabba.html</a> . Blåskrabba: egen bild.....	10
Figur 3 Karta över fartygs senaste hamnanlöp innan Orust-Tjörns fjordsystem. Skapad med tjänsten MapCustomizer.....	15
Figur 4 Fartyg som besökt Orust-Tjörns fjordsystem. Egen figur. ....	17
Figur 5 Fartyg som svarat på enkäten. Egen figur. ....	18
Figur 6 Olje-kemikalietankfartyg och rorofartygs barlastvolym i kubikmeter. Egen figur. ....	19
Figur 7 Fartygstypernas barlastvattenreningssystem. Egen figur. ....	20
Figur 8 Frekvensen för driftproblem med olika barlastreningssystem. Egen figur .....	20
Figur 9 Fartygskategoriernas reningssystem och driftproblem. Egen figur..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1 Trafik till Orust-Tjörns fjordsystem.....	<b>1Error! Bookmark not defined.</b>
Tabell 2 Fartygs senaste hamnanlöp innan Orust-Tjörns fjordsystem. ....	16
Tabell 3 Enkätsvarens fartygskategorier enligt barlastvattenvolym .....	19

# FÖRKORTNINGAR OCH BEGREPP

AIS	Automatic Identification System.
Backflush	När filter rengörs automatiskt genom backspolning så att organismer och sediment spolats överbord.
Barlastvatten	Sjövatten som fartyg tar in i tankar för att kontrollera sin stabilitet.
Barlastvattenkonventionen	Den internationella konventionen för kontroll och hantering av fartygs barlastvatten och sediment.
Biocid	Ämne som kan döda levande organismer. Biocidprodukter används för att kontrollera skadliga organismer.
Biologisk mångfald	Variationsrikedomen bland levande organismer.
Bruttotonnage	Ett mått på en fartygsstorlek, syftar på fartygets totala inneslutna volym.
Bypass	När barlastvatten leds förbi barlastvattenreningssystemet och inte behandlas.
D1	Ballast Water Exchange Standard. Innebär att barlastvatten byts ut på öppet vatten för att möta barlastvattenkonventionens krav. Denna standard fasas ut och från hösten 2024 gäller bara D2.
D2	Ballast Water Performance Standard. Innebär att barlastvatten endast får innehålla en viss mängd organismer och kräver därmed rening av vattnet för att möta barlastvattenkonventionens krav.
Ekosystemtjänster	Ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande.
Främmande art	En organism som via mänsklig aktivitet introduceras i en ny miljö där den överlever och reproducerar sig.
IMO	International Maritime Organization. Detta är FN:s sjöfartsorgan, på svenska Internationella sjöfartsorganisationen.
Invasiv främmande art	Främmande art vars introduktion eller spridning har konstaterats hota eller negativt inverka på biologisk mångfald och relaterade ekosystemtjänster.
ISAP	Invasive Species Action Plan. Forskningsprojekt om invasiva främmande arter på svenska västkusten.

Olje-kemikalietankfartyg	Tankfartyg som kan transportera både oljeprodukter och kemikalier.
Population	Alla individer av en viss art som finns i ett område.
Predation	När ett djur dödar och äter ett annat djur
Primära introduktioner	När en art introduceras till en ny plats, exempelvis att en krabba transporteras från ett land till ett annat.
Rorofartyg	Lastfartyg som transporterar last som rullas på och av fartyget, exempelvis förpackat i lastbilar.
Sekundära introduktioner	När en art sprids vidare efter att den redan introducerats, exempelvis att en krabba sprids vidare på Sveriges västkust.
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
Spridningsvägar	Vägar och mekanismer för introduktion och spridning av invasiva främmande arter
UV	Ultraviolett, elektromagnetisk strålning inom en viss frekvens
Vesselfinder	Internationellt företag som samlar in AIS-data i realtid och presenterar fartygsdata på sin hemsida.
Yngelkammare	Tång- eller sjögräsängar i vattnet som skyddar yngel från predation

# 1. INLEDNING

Biologiska invasioner påverkar biodiversitet och ekosystemtjänster vilket får effekter för ekologi, ekonomi och människors hälsa (Europaparlamentets Och Rådets Förordning (EU) 2014/1143). I havet sprids invasiva främmande arter främst genom sjöfart, ofta med barlastvatten (Katsanevakis m.fl., 2014a; Naturvårdsverket & Havs- och vattenmyndigheten, 2019).

Barlastvatten är sjövattnet som fartyg pumpar in och ut i tankar för att få önskad lastkondition (David & Gollasch, 2015). Vattenlevande organismer kan följa med barlastvattnet och tömmas ut i en ny miljö (Barlastvattenkonventionen, 2004). Organismer som överlever i barlasttankarna och lyckas etablera sig i sin nya miljö blir främmande arter (Bailey m.fl., 2020). Vissa främmande arter konkurrerar med inhemska arter om exempelvis plats och föda. För en främmande art negativ inverkan på biodiversitet eller ekosystemtjänster räknas den som en invasiv främmande art (Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143). Negativ inverkan orsakas utöver konkurrens även av predation på inhemska arter samt spridning av parasiter och sjukdomar (Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143; Katsanevakis m.fl., 2014). Idag bedöms invasiva främmande arter vara ett av de största hoten mot biologisk mångfald och ekosystemtjänster (Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143).

Under senare årtionden har invasiva främmande arter orsakat en ökande ekonomisk belastning (Diagne m.fl., 2021; Kourantidou m.fl., 2022). I Sverige beräknas invasionerna ha kostat minst 1,45 miljarder dollar de senaste 60 åren (Kourantidou m.fl., 2022). Kostnaderna beror bland annat på försämrade ekosystemtjänster, påverkan på infrastruktur och utgifter för kontrollåtgärder (Diagne m.fl., 2021; Katsanevakis m.fl., 2014a; Kourantidou m.fl., 2022). Utöver ekonomisk påverkan kan arterna ha direkt negativa effekter för människor, bland annat kan de orsaka sjukdomar och infektioner (Mazza m.fl., 2014).

För att motverka problemet med vattenlevande invasiva främmande arter har FN:s sjöfartsorgan International Maritime Organization (IMO) antagit *Den internationella konventionen för kontroll och hantering av fartygs barlastvatten och sediment* (Barlastvattenkonventionen, 2004). Syftet med konventionen är att hindra förflyttning av vattenlevande organismer och smittämnen genom att hantera och rena fartygs barlastvatten och sediment. Reningen av barlastvattnet sker med mekaniska, biologiska, fysikaliska och kemiska processer, enskilt eller i kombination.

Forskningsprojektet Invasive Species Action Plan (ISAP, u.å.) arbetar för att ta fram en handlingsplan för hantering av invasiva främmande arter i vattenmiljöer. Projektet utförs i Orust-Tjörns fjordsystem och arbetar med arterna blåskrabba och småprickig penselkrabba. Krabborna härstammar från östra Asien och har via barlastvatten invaderat Nordamerikas östkust och därefter Europas atlantkust (Epifanio, 2013a; Karlsson m.fl., 2019a). Artdatabanken, skapad av Sveriges lantbruksuniversitet, listar både blåskrabbans (SLU, u.å.-b) och småprickiga penselkrabbans (SLU, u.å.-b) risk för invasivitet i Sverige som mycket hög. Krabborna beskrivs i databanken som bofasta och reproducerande på västkusten. Enligt Karlsson m.fl., (2019a) konkurrerar krabborna effektivt med arten strandkrabba som är inhemska i Europa. Blåskrabban och småprickiga penselkrabban konsumerar både strandkrabbor och andra inhemska arter och etablering av krabborna har kopplats till minskade populationer av strandkrabba.

En av ISAP:s (u.å.) åtgärder för att hantera de två krabbarterna är att hindra nya introduktioner från kommersiell sjöfart. För att förhindra att blåskrabba och småprickig penselkrabba introduceras till Orust-Tjörns fjordsystem är det relevant att veta varifrån områdets yrkestrafik kommer. Har ett fartyg besökt ett område där krabborna finns är det möjligt att fartyget tagit in barlastvatten innehållande krabblarver. Fartygs senaste hamnanlöp innan Orust-Tjörns fjordsystem kartläggs därför i denna rapport med hjälp av data från Automatic Identification System (AIS) via tjänsten Vesselfinder (VesselFinder.com).

I nuläget saknas en överblick över vilka typer av reningssystem svenska fartyg installerat till följd av barlastvattenkonventionen, vilket undersöks i denna studie. Konventionens verkan mot spridning av främmande arter baseras till stor del på att barlastreningssystem används vid barlastoperationer (Barlastvattenkonventionen, 2004). Skulle det uppstå problem som gör att reningssystemet inte kan användas under en operation kan det antas att organismer kan spridas obehindrat. Det är därmed av intresse hur ofta svenska fartyg har driftproblem med barlastreningssystem, vilket undersöks i denna studie.

## 1.1 Bakgrund

Studien genomförs i samarbete med forskningsprojektet Invasive Species Action Plan (ISAP), se mer information om projektet i avsnitt 2.5. I nuläget saknar ISAP detaljerad data över vilken fartygstrafik som anlöper projektets undersökningsområde (Orust-Tjörns fjordsystem). En kartläggning skulle möjliggöra analys av vilka fartyg och rutter som medför störst risk att föra in arterna blåskrabba och småprickig penselkrabba i området. Vidare saknas idag en uppdaterad sammanställning över vilka metoder för barlastvattenrening som är vanligast ombord på svenskopererade fartyg. Denna information behövs som en överblick och även för vidare studier kring systemens effektivitet, driftsäkerhet och kostnader.

## 1.2 Syfte

Studiens övergripande syfte är att undersöka hur barlastvatten kan föra in blåskrabbor och småprickiga penselkrabbor till svenska västkusten. Studien består av två delar, en kartläggning av AIS-data och en enkätundersökning om barlastvattenreningssystem. Syftet med kartläggningen är att undersöka huruvida trafik till västkusten kommer från platser där krabbarterna finns och därmed kan föra in krabblarver till området. Vidare undersöks vilka fartygstyper som är vanligt förekommande. Syftet med enkätundersökningen är att få en lägesbild över vilka barlastvattenreningssystem som är vanliga, samt om det förekommer driftproblem som kan bidra till införsel av invasiva främmande arter.

## 1.3 Frågeställning

I denna rapport undersöks frågor kring hur invasiva främmande arter transporteras med barlastvatten till ett definierat område på svenska västkusten. Vidare undersökts vilka reningssystem för barlastvatten som används på svenskopererade fartyg och hur omfattande eventuella driftproblem är.

Frågorna som ska besvaras är:

- Från vilka områden kommer fartyg som besöker Orust-Tjörns fjordsystem?
- Vilka typer av fartyg trafikerar Orust-Tjörns fjordsystem?
- Vilka metoder för rening av barlastvatten använder dessa typer av fartyg?
- Hur ofta har fartygen driftproblem med barlastvattenreningssystemen?
- Vilka typer av driftproblem förekommer?

## 1.4 Avgränsningar

Hamnarna som undersöks i denna rapport är Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn, vilket är de större hamnarna inom Orust-Tjörns fjordsystem. Avgränsning till Orust-Tjörns fjordsystem har gjorts för att stämma överens med det definierade geografiska område som studeras inom projektet ISAP. Kartläggningen av AIS-data kring anlöp till hamnarna har begränsats till yrkessjöfart på grund av att fritidsbåtar generellt inte använder barlastvatten.

Denna studie undersöker fartygs barlastreningsystem och avgränsas från hamnanläggningar som hanterar barlastvatten. Enkätundersökningen kring metoder för rengöring av barlast har avgränsats till fartyg som opereras av svenska rederier. Detta i förhoppning att lättare nå ut med enkäten och få en högre svarsfrekvens än om enkäten skickats ut internationellt. Utöver detta har enkäten avgränsats till olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg eftersom kartläggningen av AIS-data visade att dessa fartygstyper hade anlöpt hamnarna ofta och med ett stort bruttotonnage. Ett stort antal bogserbåtar hade anlöpt hamnarna men uteslöts ur enkätundersökningen då de endast rörde sig lokalt vilket innebär att barlastvattenkonventionen inte behöver följas. Gastankfartyg och torrlastfartyg hade anlöpt ett antal gånger och råoljetankfartyg hade anlöpt med ett stort totalt bruttotonnage. Dessa fartygstyper valdes dock bort då det existerade betydligt färre svenskopererade fartyg som enkätunderlag än för olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg.

## 2. TEORI

I detta kapitel presenteras teoretisk bakgrund i syfte att underlätta förståelse av rapportens resultat och diskussion. Inledningsvis ges en översikt kring ballastvatten och dess roll som spridningsväg för främmande invasiva arter. Dessutom beskrivs vad främmande invasiva arter är och hur de påverkar vår miljö. Vidare introduceras ballastvattenrening och de regelverk som styr hantering av ballastvatten. Därefter beskrivs forskningsprojektet ISAP och sjöfartspecifika begrepp såsom AIS och olika fartygstyper. Slutligen presenteras undersökningsområdets hamnar.

### 2.1 Ballastvatten

Ballastvatten är enligt en boken *Global Maritime Transport and Ballast Water Management* av David och Gollasch (2015) sjövattnet som fartyg använder för att kontrollera sin stabilitet. Vid exempelvis lastning- och lossningsoperationer pumpas fartyg in och ut sjövattnet i tankar för att få önskat djupgående, trim och genomföra säkra operationer. Boken förklarar att ballastoperationerna ofta sker i hamn för att kompensera för lastoperationen som pågår. Det vill säga när ett fartyg lossar last så tar det in ballast för att tynga ner fartyget medan när det lastar så släpper det ut ballast för att lätta fartyget. Vidare förklarar författarna att ballast ofta tas in med hjälp av pumpar som suger in sjövattnet via en öppning i skrovet. Vattnet går sedan genom rör och med hjälp av ventiler styrs det till rätt ballasttankar. För att tömma ballast vänds proceduren, ventiler öppnas till de tankar som ska tömmas och vattnet pumpas överbord via utlopp i skrovet. Ibland används tyngdkraft för att fylla eller tömma ballast utan att starta pumpar. Hur många och hur stora ballasttankar ett fartyg har beror enligt författarna på fartygstyp och storlek (David & Gollasch, 2015). Vattnet som tas in i ballasttankarna kan innehålla vattenlevande organismer som med hjälp av fartyg flyttas runt och släpps ut i nya miljöer (Ballastvattenkonventionen, 2004). Ballastvatten har enligt Lakshmi m.fl. (2021) blivit ett väsentligt problem gällande introduktion av invasiva främmande arter.

### 2.2 Invasiva främmande arter

Invasiva främmande arter kan ha allvarlig påverkan på inhemska arter och på ekosystems struktur (Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143; Katsanevakis m.fl., 2014). När en organism till följd av mänsklig aktivitet förs till en ny miljö och lyckas etablera sig är den en främmande art. Detta behöver inte innebära problem, men en del främmande arter blir invasiva (Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143). I artikel 3 av *Europaparlamentets och rådets förordning om förebyggande och hantering av introduktion och spridning av invasiva främmande arter* (2014/1143) definieras invasiva främmande arter som ”främmande art vars introduktion eller spridning har konstaterats hota eller negativt inverka på biologisk mångfald och relaterade ekosystemtjänster”. Hoten mot biologisk mångfald och ekosystemtjänster ser olika ut och påverkar både *ekologi* (Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143; Katsanevakis m.fl., 2014), *ekonomi* (Diagne m.fl., 2021; Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143; Kourantidou m.fl., 2022) och *människors hälsa* (Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143; Mazza m.fl., 2014).

Katsanevakis m.fl. (2014) har studerat hur vattenlevande invasiva främmande arter påverkar ekosystemtjänster och biodiversitet i Europa. Resultatet visar att invasiva främmande arter ofta påverkar ett flertal inhemska arter eller hela ekosystem. Inverkan på biologisk mångfald sker via flera typer av interaktioner där konkurrens om resurser, främst skydd och föda, är vanligast. En annan interaktion är predation där en invasiv främmande art konsumerar en inhemsk art. Författarna beskriver vidare att predation kan ge följdeffekter i näringskedjan och påverka fler

arter än den som konsumeras. Kraftig predation och konkurrens kan helt ändra strukturen och näringsflödet i ett invaderat ekosystem. Ibland kan invasiva främmande arter ändra eller skapa nya habitat genom att förändra resurserna i ett område, exempelvis genom att ändra strukturen på botten eller syrehalten. Detta resulterar i att arter interagerar och fungerar på nya sätt, vilket kan vara negativt för de inhemska arterna. Författarna betonar att inverkan från invasiva främmande arter trots allt är komplex och inte alltid behöver vara negativ, det som är dåligt för en art kan gynna en annan. Därmed menar Katsanevakis m.fl. (2014) att en invasiv främmande art kan vara positiv för vissa delar av inhemska biodiversitet och dålig för andra.

Vidare beskriver Katsanevakis m.fl. (2014) att även för ekosystemtjänster, som turism och livsmedelsproduktion, kan invasiva främmande arter ha både negativ och positiv inverkan. Inverkan sker genom ett flertal olika mekanismer som skiljer sig mellan olika arter och ekosystemtjänster. Därmed påverkar ofta en invasiv främmande art flera tjänster. Författarna visar att de ekosystemtjänster som blir kraftigt påverkade är bland annat livsmedelsproduktion, rekreation och turism, och upprätthållande av livscyklar. Livsmedelsproduktion kan enligt författarna påverkas exempelvis genom att invasiva främmande arter skadar utrustning för fiske och fiskodling. Vidare kan de minska bestånden av matfisk genom att ändra viktiga habitat och konkurrera med inhemska arter. Dessa mekanismer medför stora kostnader för reparation och rengöring av utrustning samt minskad fångst. Turism och rekreation kan påverkas negativt av exempelvis invasioner av maneter eller algbloomningar. Inverkan på ekosystemtjänster är komplex och Katsanevakis m.fl. (2014) påpekar att vissa tjänster kan påverkas både positivt och negativt. Exempelvis kan vissa invasiva främmande arter påverka upprätthållande av livscyklar positivt genom att skapa yngelkammare så som tång- eller sjögräsängar medan andra förstör samma typ av habitat och på så vis har en negativ inverkan på ekosystemtjänsten.

Påverkan på ekosystemtjänster och biodiversitet från invasiva främmande arter kostar mycket. Det handlar om bland annat kostnader inom fiskeindustrin och fiskodling, minskade inkomster från turism, skador på infrastruktur exempelvis från arter som äter trä (Katsanevakis m.fl., 2014), och kostnader för kontrollåtgärder (Diagne m.fl., 2021). Diagne m.fl. (2021) och Kourantidou m.fl. (2022) rapporterar att den ekonomiska belastningen de senaste årtiondena har varit signifikant och ökande. Kourantidou m.fl. (2022) beräknar att invasiva arter har kostat Sverige minst 1,45 miljarder dollar de senaste 60 åren. Samtidigt menar författarna att kostnaderna underskattats och förmodligen är ännu större i verkligheten. Utöver påverkan på ekosystemtjänster och ekonomi kan invasiva främmande arter även ha direkt negativ påverkan på människor, exempelvis kan de orsaka sjukdomar och infektioner (Mazza m.fl., 2014).

### **2.3 Barlastvatten som spridningsväg för främmande arter**

Vattenlevande främmande arter sprids främst med fartyg, de följer med i barlastvatten eller som skrovpåväxt (Bailey m.fl., 2020; Naturvårdsverket & Havs- och vattenmyndigheten, 2019). Tillväxten av global handel och snabbväxande ekonomier har resulterat i ökad omflyttning av vattenlevande organismer, detta förväntas även fortsatt öka (Sardain m.fl., 2019). David och Gollasch (2015) beskriver att provtagningar på barlastvatten har visat en variation av organismer i barlastvattentankar. Dock förklarar Tsolaki och Diamadopoulos (2010) att många organismer inte överlever barlastresan eller lossningen i den nya miljön. De som däremot överlever hela förloppet kan under vissa förhållanden bli invasiva främmande arter.

En studie av Bailey m.fl. (2020) har globalt kartlagt upptäckter av nyetablerade vattenlevande främmande arter mellan åren 1965–2015. Resultatet visar att upptäckterna har ökat kraftigt sedan år 1995. I snitt har 43 främmande arter upptäckts per år. Under samma period har även global handel vuxit och författarna menar att detta kan ha bidragit till de ökade upptäckterna.

Studien undersökte ett stort antal främmande arter och visade att fartygs ballastvatten var en dominerande spridningsväg. I Sveriges *Handlingsplan mot spridningsvägar för invasiva främmande arter* (Naturvårdsverket & Havs- och vattenmyndigheten, 2019) som upprättats enligt krav från Europaparlamentets och rådets förordning (2014/1143) listas ballastvatten som en prioriterad spridningsväg för åtgärder. Den främsta åtgärden för att hindra spridning som genomförs idag är rening av ballastvatten (Ballastvattenkonventionen, 2004).

## 2.4 Regelverk och ballastvattenrening

I detta avsnitt presenteras inledningsvis IMO:s ballastvattenkonvention (2004) och Sveriges ratifikation av denna. Därefter beskrivs tidsplanen för implementering av konventionen och när fartyg ska ha uppnått kraven som ställs. Slutligen presenteras metoder och processer för ballastvattenreningssystem samt deras för- och nackdelar.

### 2.4.1 IMO:s ballastvattenkonvention och Sveriges ratifikation

År 2004 införde FN:s sjöfartsorgan IMO ballastvattenkonventionen (2004) och den 8 september 2017 trädde den i kraft. Syftet med ballastvattenkonventionen är att hindra förflyttning av vattenlevande organismer och smittämnen genom att hantera och rena fartygs ballastvatten och sediment. För att uppnå syftet styr sektion D av konventionen standard för ballastvattenhantering genom reglerna D-1 och D-2. I denna rapport benämns reglerna som D1- och D2-standard. D1-standard, även kallad *Ballast Water Exchange Standard*, innebär att 95% av ballastvattnet byts ut på öppet hav. D2-standard, *Ballast Water Performance Standard*, ställer högre krav som innebär att ballastvattnet endast får innehålla en bestämd mängd organismer. Som en följd av detta behöver ballastvattnet renas. Reningen utförs med bland annat mekaniska, fysikaliska och kemiska processer, enskilt eller i kombination. Kraven vid D-2 standard beskrivs nedan i samband med den svenska ratifikationen. Konventionen gäller för fartyg som använder ballast i internationell fart om deras flaggstat har ratificerat konventionen. Fartyg vars administration inte har ratificerat konventionen bör ändå uppfylla kraven när de anlöper en hamn i en stat som ratificerat den.

Sverige har genomfört ballastvattenutredningen (SOU 2008:1) och därefter ratificerat ballastvattenkonventionen (2004) till svensk författning. Ratifikationen har resulterat i ballastvattenlagen (SFS 2009:1165), ballastvattenförordningen (SFS 2017:74), och Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om hantering och kontroll av fartygs ballastvatten och sediment (TSFS 2022:19). I ballastvattenförordningen (SFS 2017:74, 2 kap. 2 §) styrs vilken mängd organismer som får släppas ut med ballastvatten enligt D2-standard:

Ballastvatten som släpps ut ska innehålla mindre än

1. 10 livsdugliga organismer med en storlek av minst 50 mikrometer per kubikmeter ballastvatten, och
2. 10 livsdugliga organismer med en storlek mindre än 50 mikrometer men minst 10 mikrometer per milliliter ballastvatten.

Ballastvattenkonventionen (2004) och dess D2-standard som beskrivs ovan implementeras succesivt. När konventionen trädde i kraft år 2017 infördes krav på att alla fartyg ska ha dokumentation och certifikat kring ballastvattenhantering. Vidare ska fartyg byggda från och med 8 september 2017 byggas med ballastvattenreningssystem för att möta D2-standard. Däremot finns för fartyg byggda innan 8 september 2017 olika övergångsperioder som kort sagt innebär att fartygen får hantera sitt ballastvatten enligt D1-standard tills de installerat ballastvattenreningssystem. Övergångsperioderna pågår till 8 september 2024, följaktligen ska alla fartyg som berörs av ballastvattenkonventionen uppfylla D-2 standard senast detta datum.

## 2.4.2 Metoder för barlastvattenrening

Sedan barlastvattenkonventionen antogs år 2004 har det enligt Tsolaki och Diamadopoulos (2010) tagits fram många metoder för barlastvattenrening. Metoderna går att dela in i primära och sekundära metoder. Primära metoder innefattar fysikaliska processer för separation som filtrering och centrifugering, medan sekundära metoder inkluderar mekaniska och kemiska processer. Exempel på en mekanisk process är ultraviolett (UV) behandling, Lakshmi m.fl. (2021) förklarar att UV-behandling är den vanligaste metoden för barlastvattenrening. Tsolaki och Diamadopoulos (2010) beskriver att kemiska processer innebär att kemikalier blandas med barlastvattnet. Vidare förklarar författarna att kombinationen av primära- och sekundära metoder är mer effektiv än användning av metoderna enskilt. Enligt Lakshmi m.fl. (2021) undersöker och konstruerar bolag på grund av detta barlastvattenreningssystem med kombinationer av fysikaliska, mekaniska och kemiska processer. Val av metoder, energieffektivitet och kostnad är enligt författarna exempel på faktorer som utvärderas när nya system utvecklas. Barlastreningssystemen måste sedan godkännas av administrationen i enlighet med IMO:s riktlinjer (Barlastvattenkonventionen, 2004). Konventionen uppmuntrar fortsatt utveckling av pålitliga och effektiva alternativ för barlastvattenrening. Nedan följer *tre exempel* på reningsmetoder för barlastvatten.

I en översiktsartikel om barlastvattenreningssystem skriver Lakshmi m.fl. (2021) att *filtrering* är en effektiv metod för att avlägsna större organismer och sediment. Filtren ska enligt författarna generellt ta bort organismer och sediment som är över 50 mikrometer. Vidare sammanfattar artikeln att reningssystem med kombination av filter och en sekundärmetod har visat sig vara vanligt. Det beskrivs även att filtren kan påverkas av olika faktorer som leder till begränsningar och nackdelar. Orent vatten, temperatur och salthalt är exempel på dessa faktorer och är sådant som kan skapa problem med filtreringen. Enligt Jang m.fl. (2020) kan detta leda till att filtren täpps igen, vilket i sin tur leder till problem med reningssystemet. Författarna förklarar dock att filtren kan rengöras automatiskt genom backspolning, även kallat backflush. Detta sker när flödes hastigheten minskar på grund av partiklar som fastnat i filtren samt när tryckskillnaden över filtren blir för hög. Enligt författarna ska backflushproceduren då starta och de partiklar som fastnat ska spolats överbord. Lakshmi m.fl. (2021) skriver att nackdelarna med filter gör att utvecklingsprocessen fortsätter.

Som tidigare nämnt är *UV* den vanligaste barlastvattenreningsmetoden. Lakshmi m.fl. (2021) beskriver att UV-behandling visats vara virus- och bakteriedödande. Hur effektiv metoden är beror på organismernas storlek och ljusets intensitet. Det förklaras att behandlingen vanligtvis kombineras med primära metoder som exempelvis filter. Vidare skriver författarna att UV-reaktorer är energikrävande men trots detta kräver de mindre energi än ett antal andra reningsmetoder. UV-system kan enligt författarna kräva mycket underhåll generellt, lampor kan behöva bytas och reaktorn behöver ses över ofta. Författarna hävdar att UV är en behandlingsmetod som är i behov av mer forskning och utveckling.

Tsolaki och Diamadopoulos (2010) sammanfattar en mängd olika *kemiska ämnen* som används över hela världen för rening av barlastvatten. Författarna förklarar att biocider används i stor omfattning för desinfektion av barlastvatten. En biocid är ett ämne som används för att oskadliggöra levande organismer. Lakshmi m.fl. (2021) beskriver att natriumhypoklorit och hydroxylradikal är biocider som används vid rening av barlastvatten. Natriumhypoklorit liknar klor och hydroxylradikal är en snabbverkande reaktiv syreförening, i rätt mängd är båda biociderna mycket effektiva. Jang m.fl. (2020) beskriver att kemiska ämnen kan användas i ett barlastvattenreningssystem på olika sätt. Exempelvis finns det anläggningar som doserar ut

kemikalier automatiskt så att kemikalierna blandas med barlastvattnet och oskadliggör organismer. Enligt Lakshmi m.fl. (2021) har dock användningen av biocider och andra kemiska ämnen ifrågasatts. Författarna skriver att det är många diskussioner kring de giftiga kemikalier som tillsätts i vattnet och sedan släpps ut i havet. Tsolaki och Diamadopoulos (2010) förklarar att befintliga innovationer och tekniker undersöks samtidigt som nya system utvecklas. Dessutom studeras miljökonsekvenserna från utsläpp av kemiska ämnen kontinuerligt.

Enligt Jang m.fl. (2020) färdas barlastvatten efter upptag genom filter innan det når barlastreningsanläggningen. Vidare färdas vattnet genom rör och med hjälp av ventiler styrs vattnet till rätt barlasttankar (Jang m.fl., 2020; David & Gollasch, 2015). När barlastvattenreningsystemet inte fungerar som det ska kan organismer spridas och etablera sig. Bradie m.fl. (2023) antyder att en stor fara är när vattnet färdas direkt till tankarna, *bypass*. Detta innebär att vattnet som suges in leds förbi barlastvattenreningsystemet raka vägen till tankarna. Författarna förklarar att detta kan genomföras av olika anledningar, främst driftproblem. Bypass ger enligt Bradie m.fl. (2013) organismerna en stor chans att överleva, förflyttas och etablera sig.

## 2.5 Forskningsprojektet ISAP

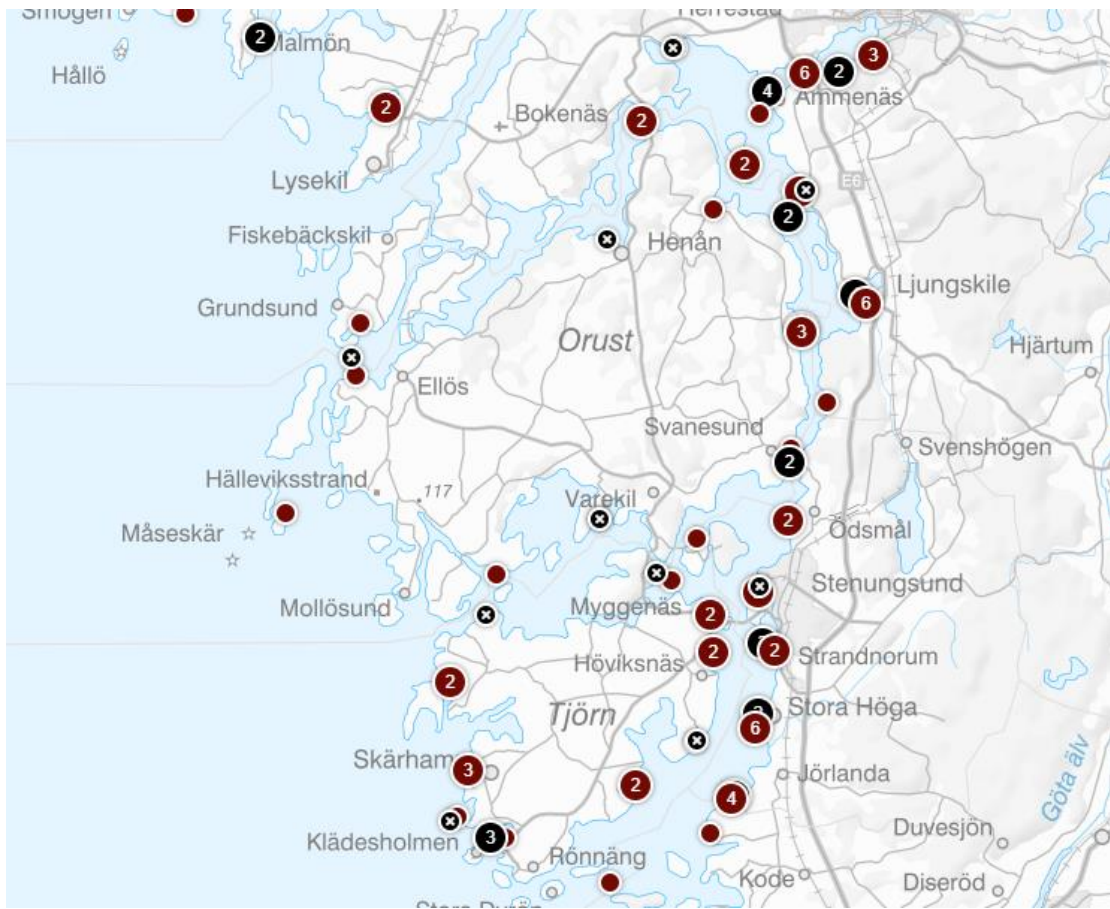
Målet med forskningsprojektet ISAP är att ”ta fram en handlingsplan för hantering av invasiva främmande arter i akvatisk miljö” (ISAP, u.å.). Under våren 2021 fick nio forskningsprojekt resurser från svenska myndigheter för att studera hantering av främmande invasiva arter i vatten och på land. ISAP (u.å.) var ett av dessa projekt och utförs nu i Orust-Tjörns fjordsystem. Projektet arbetar med två modellarter; blåskrabba och småprickig penselkrabba. Hela invasionskedjan för invasiva främmande arter studeras. Arbetet använder fyra hanteringsåtgärder: att förhindra primära introduktioner, upptäcka introduktioner tidigt, bevaka sekundära introduktioner, samt utrota eller kontrollera invasiva främmande arter. Sjöfart är den största spridningsvägen för främmande vattenlevande arter. Mot denna bakgrund fokuserar projektets första hanteringsåtgärd, att förhindra primära introduktioner, till stor del på introduktioner från kommersiell sjöfart.

## 2.6 Blåskrabba och småprickig penselkrabba

Blåskrabban och den småprickiga penselkrabban är två invasiva arter i Europa som tillhör samma släkte (Epifanio, 2013; Karlsson m.fl., 2019). I figur 2 finns bilder på krabborna och beskrivning av deras kännetecken. Krabborna kommer från början från östra Asien och har flyttats med barlastvatten till Nordamerikas östkust och därefter till Europas atlantkust (Epifanio, 2013). Första fynden av blåskrabba och småprickig penselkrabba i Europa gjordes i Frankrike på 1990-talet och sedan dess har de spridit sig upp längs Europas kust (Karlsson m.fl., 2019). I Nordsjön har över 100 blåskrabbor per kvadratmeter observerats (Landschoff m.fl., 2013). Karlsson m.fl. (2019) bedömer att både blåskrabba och småprickig penselkrabba kan etablera sig i ett område som sträcker sig från västra Sverige till östra Irland och från södra Norge till västra Frankrike. SLU listar både blåskrabbans (SLU, u.å.-a) och småprickiga penselkrabbans (SLU, u.å.-b) risk för invasivitet i Sverige som mycket hög och rapporterar dem som bofasta och reproducerande på västkusten, detta syns även i figur 1.

## Figur 1

Fynd av blåskrabor och småprickiga penselkrabor år 2022.



*Kommentar.* Fyndkarta över blåskrabor och småprickiga penselkrabor från Orust- Tjörns fjordsystem inrapporterade till Artdatabanken år 2022. Prickarna representerar fynd där svarta prickar innebär att exemplaret har avlägsnats. Siffrorna i prickarna motsvarar antalet krabor i de fall då fler än en krabba påträffats i ett område. Data från *Artportalen*, av SLU Artdatabanken, u.å. Karta: Lantmäteriet, <https://fyndkartor.artfakta.se/searchresults/map>. Återgiven med tillstånd.

Blåskrabbans och småprickiga penselkrabbans invasiva förmågor har länkats till faktorer som effektiv konkurrens kring föda och skydd (Epifanio, 2013; Karlsson m.fl., 2019), avsaknad av parasiter i nya habitat och predation på andra krabbarter (Epifanio, 2013). Epifanio (2013) sammanfattar att krabbornas invasioner av nya habitat generellt har gått fort, de har konkurrerat effektivt med inhemska arter och populationerna har blivit stora. Exempelvis har etablering av blåskrabba och småprickig penselkrabba kopplats till minskning av den i Europa inhemska strandkrabban. På flera platser har det observerats att mängden blåskrabor eller småprickiga penselkrabor har ökat samtidigt som mängden strandkrabor minskat (Epifanio, 2013; Karlsson m.fl., 2019). Blåskrabban har också dokumenterat negativ inverkan på flera inhemska arter av havstulpan, strandsnäcka och mussla vilket kan ge indirekta effekter i ett ekosystem (Epifanio, 2013; Karlsson m.fl., 2019; Katsanevakis m.fl., 2014).

Karlsson m.fl. (2019) har undersökt hur en invasion av blåskrabba och småprickig penselkrabba i norra Europa kan påverka områdets ekologi. Studien undersökte bland annat konkurrens mellan blåskrabban och den inhemska strandkrabban. Resultatet visade att hanar av arten blåskrabba konkurrerar väl med hanar av arten strandkrabba, även när blåskrabborna är i minoritet. Författarna menar att detta tyder på att en invasion av blåskrabba i Norra Europa

skulle kunna påverka strandkrabban negativt. Epifanio (2013) beskriver att det även på andra platser konstaterats att blåskrabban konkurrerar effektivt med strandkrabban. Studier på Nordamerikas östkust där både strandkrabban och blåskrabban är invasiva har visat att blåskrabban utkonkurrerar strandkrabban i jakt på skydd och även äter unga strandkrabbor (Epifanio, 2013).

Epifanio (2013) sammanfattar studier som visar att blåskrabban har fem larvstadier som kan pågå mellan 16 och 55 dagar, tiden varierar beroende på vattnets temperatur och salthalt. Kallare vatten ger längre utvecklingstid och lägre överlevnad. Vid 20°C tar utvecklingen ungefär 20 dagar. Då småprickiga penselkrabban är av samma släkte är dess larvstadier snarlika blåskrabbans. Krabblarverna kan liksom andra vattenlevande organismer hamna i barlastvattentankar och om de får rätt förutsättningar utvecklas till krabbor i en ny miljö. Enligt (Kornienko m.fl., 2008) mäter blåskrabban i sitt minsta larvstadium 560 mikrometer. Författarna har inte studerat småprickig penselkrabba men konstaterar att krabbor i släktet inte går att skilja åt i de två första larvstadierna, larverna är alltså ungefär lika stora. Detta innebär att barlastvattenkonventionens krav för organismer större än 50 mikrometer gäller för krabborna. Således ska det finnas färre än 10 livsdugliga krabblarver i barlastvatten som släpps ut (Barlastvattenkonventionen, 2004). Vidare innebär larvernas storlek att de generellt ska försvinna i barlastreningsystemens filter och aldrig nå fram till reningsanläggningens andra metoder så som kemiska och mekaniska system (Lakshmi m.fl., 2021; Tsolaki & Diamadopoulou, 2010).

## Figur 2

Bild på blåskrabba (v) och småprickig penselkrabba (h)



*Kommentar.* Bild på blåskrabba (vänster) och småprickig penselkrabba (höger). Krabborna kan skiljas från svenska strandkrabban genom sina kvadratiska ryggsköldar och blygsamma storlek på maximalt fyra centimeter. Blåskrabbans hanar har dessutom en blåsa i ”tumvecken” medan småprickiga penselkrabbans hanar har en tofs med hår i ”tumvecken”. Krabbornas färger kan variera. Bild t.v: egen bild. Bild t.h: Från *Havs och vattenmyndigheten* [fotografi], av Hans Hillewaert, u.å, (<https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/invasiva-frammande-arter/sok-frammande-arter/fakta/smaprckig-penselkrabba.html>). CC-BY-SA 4.0

## 2.7 Registrering av fartygstrafik med AIS och Vesselfinder

Enligt IMO:s konvention *International Convention for the Safety of Life at Sea* (1974) är Automatic Identification System (AIS) ett system som gör att fartyg kan sända och ta emot fartygsdata och sjösäkerhetsrelaterad information. Det beskrivs vidare att det sker både fartyg emellan och från fartyg till land. Den fartygsdata som överförs är bland annat fartygets identitet, position, kurs och fart. Dessutom kan destination samt tid till destination presenteras. AIS är ett

krav för alla fartyg med ett bruttotonnage på 300 och över som opererar i internationell fart. Även lastfartyg med ett bruttotonnage på 500 och över som opererar nationellt ska vara utrustade med AIS.

Tjänsten Vesselfinder (VesselFinder.com) samlar in AIS-data i realtid och presenterar fartygsdata på hemsida och i applikation. Varje dag samlas AIS-data från över 200 000 fartyg. Bland annat publiceras fartygens identitet, senaste hamnanlöp, storlek på fartyget och nästa hamnanlöp. Det går även att se i listform vilka fartyg som befinner sig i en hamn. Vidare presenteras ankomster och avgångar från hamnarna. Vesselfinder är ett internationellt digitalt företag som täcker stora delar av världens sjöfartsindustri.

## 2.8 Olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg

Tankfartyg och rorofartyg är båda lastfartyg (Transportstyrelsen, u.å.) och använder därmed barlast för att justera sin lastkondition (David & Gollasch, 2015). Tankfartyg är designade för att transportera flytande laster som olja, oljeprodukter och kemikalier (Transportstyrelsen, u.å.). Ett tankfartyg byggt för att hantera både oljeprodukter och kemikalier kallas för olje-kemikalietankfartyg (International Chamber of Shipping, u.å.-b). Roro står för *roll on - roll off*, dessa fartyg transporterar last som rullas på och av exempelvis i en lastbil eller förpackat på trailers (Transportstyrelsen, u.å.). Lasten kan även bestå av nya fordon, exempelvis bilar, som transporteras från fabrik till försäljning (International Chamber of Shipping, u.å.-a).

David och Gollasch (2015) förklarar att hur mycket barlast ett fartyg använder främst avgörs av dess lastkapacitet. Desto fler ton last ett fartyg kan ta, desto mer barlast behövs generellt när det går tomt. Vidare förklarar författarna att det skiljer sig mellan fartygstyper. Rorofartyg använder relativt små mängder barlastvatten, ungefär 20 % av deras lastkapacitet i vikt. Däremot använder tankfartyg betydligt mer, ofta 30–45 % av fartygets lastkapacitet. Dessutom tömmer tankfartyg i princip alltid ut all sin barlast när de går lastade och fyller helt när de går utan last. Detta innebär enligt David och Gollasch (2015) att vissa tankfartyg tar in över 100 000 kubikmeter barlastvatten under en lastoperation.

## 2.9 Hamnar inom Orust-Tjörns fjordsystem

Undersökningsområdets fyra hamnar; Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn tar emot olika typer av yrkessjöfart. Tjänsten Seaweb (maritime.ihs.com) sammanställer information kring hamnar och deras gods, informationen som presenteras nedan kommer från denna tjänst. På Seaweb uppges att Uddevalla tar emot blandad trafik såsom torrlastfartyg, rorofartyg, bulkfartyg och olje-kemikalietankfartyg. Brofjorden har ett raffinaderi som hanterar stora mängder råolja. På grund av detta kommer råoljetankfartyg till hamnen för att lossa olja medan många olje-kemikalietankfartyg kommer för att lasta färdiga produkter. Detta innebär generellt att råoljetankfartyg tar in barlast i hamnen medan olje-kemikalietankfartyg tömmer barlast (David & Gollasch, 2015). Wallhamn är specialiserat på rorofartyg och hanterar främst fordon. Majoriteten av Sveriges fordonsimport passerar genom denna hamn och även viss export. Rorofartygen använder sig av barlast vid dessa lastoperationer, speciellt när de lossar fordon som importerar (David & Gollasch, 2015). Stenungsunds hamn används främst av olje-kemikalietankfartyg och gastankfartyg men även viss torrlast hanteras i hamnen. Oljeprodukter och kemikalier importerar till Sverige via denna hamn medan fossil gas och ett antal andra kemikalier exporterar. Således tar olje-kemikalietankfartyg främst in barlast i denna hamn medan gasfartyg tömmer ut barlast (David & Gollasch, 2015). Tabell 1 visar att Brofjorden är den hamn som tar emot mest last i ton och även har flest fartygsanlöp, dock saknas information om antal anlöp i Stenungsund. Från denna data går det att uppskatta att Orust-Tjörns fjordsystem, exklusive Stenungsund, tar emot över 1750 yrkesfartyg per år.

Sammanfattningsvis går det att säga att dessa fartyg är av varierande typ och både tar in och tömmer barlast i området.

**Tabell 1**

*Trafik till undersökningshamnarna i Orust-Tjörns fjordsystem*

	Uddevalla	Brofjorden	Wallhamn	Stenungsund
Fartygsanlöp per år	400	1200	150	Okänt
Last per år (ton)	1 130 000	11 000 000	400 000	3 700 000

*Kommentar.* Tabellen visar det ungefärliga antal fartyg som årligen anlöper hamnarna i rapportens undersökningsområde. Vidare visas uppskattningsvis hur många ton last varje hamn hanterar årligen.

Data: (maritime.ihs.com)

### 3. METOD

Undersökningen har främst använt kvantitativ metod i form av datainsamling från webbtjänsten Vesselfinder (VesselFinder.com) och en enkätundersökning. Sista frågan i enkäten (kring driftproblem) var dock kvalitativ. Metoden har tagits fram med stöd från *Forskningshandboken* av Denscombe (2017).

#### 3.1 Insamling av AIS-data

Kartläggning av fartyg som besöker Orust-Tjörns fjordsystem har gjorts med tjänsten Vesselfinder (VesselFinder.com). Under de första två veckorna i november 2022 noterades vilka yrkesfartyg som anlöpte hamnarna Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn. Genom att besöka respektive fartygs profil i Vesselfinder noterades även fartygstyp, IMO-nummer, fartygens senaste hamnanlöp, storlek i bruttotonn och vilket land fartygen var flaggade i. Med hjälp av IMO-numret kan eventuell kompletterande data tas fram i efterhand, numret är som ett fartygs personnummer. AIS-data användes eftersom det bedömdes ge mest komplett information kring hamnanlöp och därmed säkrast resultat. Vesselfinder valdes för insamling av AIS-data av ekonomiska skäl då en större mängd data var tillgänglig gratis jämfört med hos andra liknande tjänster.

#### 3.2 Enkätundersökning

En enkätundersökning kring barlastvattenreningsystem har genomförts. Ett relevant urval av fartygstyper för enkätundersökningen gjordes med hjälp av den AIS-data som insamlats. Oljekemikalietankfartyg och rorofartyg valdes då de anlöpt undersökningsområdet ett flertal gånger och det fanns ett stort antal svenskopererade fartyg. Namn på rederier för enkätutskick hämtades från Sjöfartens Utbildningsinstituts lista över rederier (Sjöfartens Utbildningsinstitut, n.d.). Listan kompletterades med ytterligare ett tankfartygsrederi som saknar koppling till Sjöfartens Utbildningsinstitut och därmed inte fanns med på listan. Kontaktuppgifter hämtades från rederiernas webbplatser. Enkäten genomfördes via internet och enligt Denscombe (2017). Att använda internet ansågs lämpligt eftersom fartygen alltid är uppkopplade och besättningen har tillgång till dator. Metoden för datainsamling var ett frågeformulär som skapades i programvaran Google Forms. Länken till formuläret skickades via e-post till 13 rederier som opererar sammanlagt 13 rorofartyg och ungefär 110 olje-kemikalietankfartyg. Rederierna ombads att vidarebefordra enkäten till sina fartyg. En önskan om att rederierna återkopplade huruvida de skickade ut enkäten framfördes även. Enkäten var på engelska eftersom svenskopererade fartyg ofta har besättning av flera nationaliteter.

Enkäten bestod av åtta relativt korta frågor, se bilaga 1. I mejlet till rederierna underströks att enkäten var kort, detta i syfte att motivera personer till att svara. För att vidare öka svarsfrekvensen skickades en påminnelse ut enligt rekommendation från Denscombe (2017). Enkäten utformades utifrån rapportens frågeställningar. De sju första frågorna var kvantitativa och tydligt formulerade för att säkerställa att svaren skulle innehålla rätt typ av information. Frågorna berörde fakta kring det aktuella fartyget så som fartygstyp, barlastvolym och vilken metod för barlastvattenrening som används ombord. Dessa frågor är relevanta för att kartlägga vilka barlastreningsystem som används på olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg. Vidare ställdes en fråga kring hur ofta besättningen upplever driftproblem med barlastreningsystem. Enkätens sista fråga var en fritextfråga av kvalitativ art kring vilka sorts driftproblem besättningen eventuellt upplevde och vad de själva trodde att problemen beror på. Tanken med detta var att besättningen förmodligen har värdefull information kring utrustningens begränsningar.

### **3.3 Etik**

Medverkande har fyllt i enkäten anonymt då information om eventuella problem med att följa barlastvattenkonventionen kan anses vara av känslig karaktär för ett rederi (Denscombe, 2017). Ingen data som identifierar specifika individer, fartyg eller tillverkare av barlastreningsystem har publicerats.

### **3.4 Informationssökning**

Studiens resultat baseras både på primärdata (enkätstudien) och sekundärdata (insamlingen av AIS-data). Utöver detta används sekundärdata som grund för teorikapitlet och för att diskutera studiens resultat. Denna sekundärdata har främst hämtats från vetenskapliga artiklar och regelverk. Sökning efter vetenskapliga artiklar har gjorts via Chalmers bibliotek med sökmotorerna Web of Science samt Scopus. Sökord som: invasive, invasive AND marine, ballast AND invasive, ballast AND treatment, asian shore crab AND invasive, med flera har använts. Artiklarna som valts ut har varit publicerade mellan år 2006 och 2023. Internationella regler har hämtats från databasen Regs4Ships via Chalmers bibliotek samt EU:s webbsida EUR-Lex. Svenska regelverk och författningar har hämtats från webbsidor för riksdagen, regeringen och Transportstyrelsen. Utöver detta har ytterligare relevanta webbsidor använts, exempelvis ISAP:s projekthemsida och SLU:s artdatabank, främst för att få information specifik för Sverige och för att definiera begrepp.



Tabell 2 visar att 31 av 83 fartyg kom från hamnar på svenska västkusten. Av dessa 31 fartyg var 18 bogserfartyg som rörde sig lokalt på västkusten. Utöver Sverige var Belgien, Danmark, Norge och Tyskland vanligt förekommande. Den högra kolumnen i tabell 2 visar om blåskrabba (B) eller småprickig penselkrabba (P) har introducerats till området. 75 av 83 fartygsanlöp till undersökningsområdet gjordes från områden där blåskrabba eller småprickig penselkrabba har introducerats. Majoriteten av dessa 75 fartyg kom från norra Europa.

**Tabell 2**

*Data över fartygs senaste hamnanlöp innan Orust-Tjörns fjordsystem.*

Land	Antal	Introducerade krabbor
Belgien	7	B + P
Danmark – Nordsjön	1	B + P
Danmark – Bälthavet	2	B + P
Danmark – Ålborg Bugt	5	B
Finland	1	
Frankrike	2	B + P
Libyen	1	B
Nederländerna	3	B + P
Norge – Barents hav	1	
Norge – södra Norge	6	B + P
Norge – Trondheimfjorden	1	B + P
Polen	3	
Portugal	1	
Spanien – södra Spanien och norra Afrika	2	B
Sverige – västkusten	31	B + P
Sverige – Öresund	3	B + P
Sverige – Östersjön	1	
Turkiet – Medelhavet	1	B
Tyskland – Nordsjön (Vadehavet)	3	B + P
Tyskland – Östersjön	1	P
Storbritannien – Nordsjön	1	P + B
Storbritannien – norra Skottland	2	P + B
Storbritannien – västra Skottland	1	P + B
USA – Mexikanska golfen	1	
USA – Nordatlanten	2	B

*Kommentar.* Resultat från kartläggning av AIS-data i Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn under två veckor i november 2022. Den vänstra kolumnen visar fartygs senaste hamnanlöp innan undersökningsområdet och mittenkolumnen visar hur stort antal fartyg som kommit från respektive område. Data: VesselFinder.com. Den högra kolumnen visar huruvida blåskrabba (B) eller småprickig penselkrabba (P) har introducerats i området. Data: <https://www.marinespecies.org/index.php> och <http://www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis>.

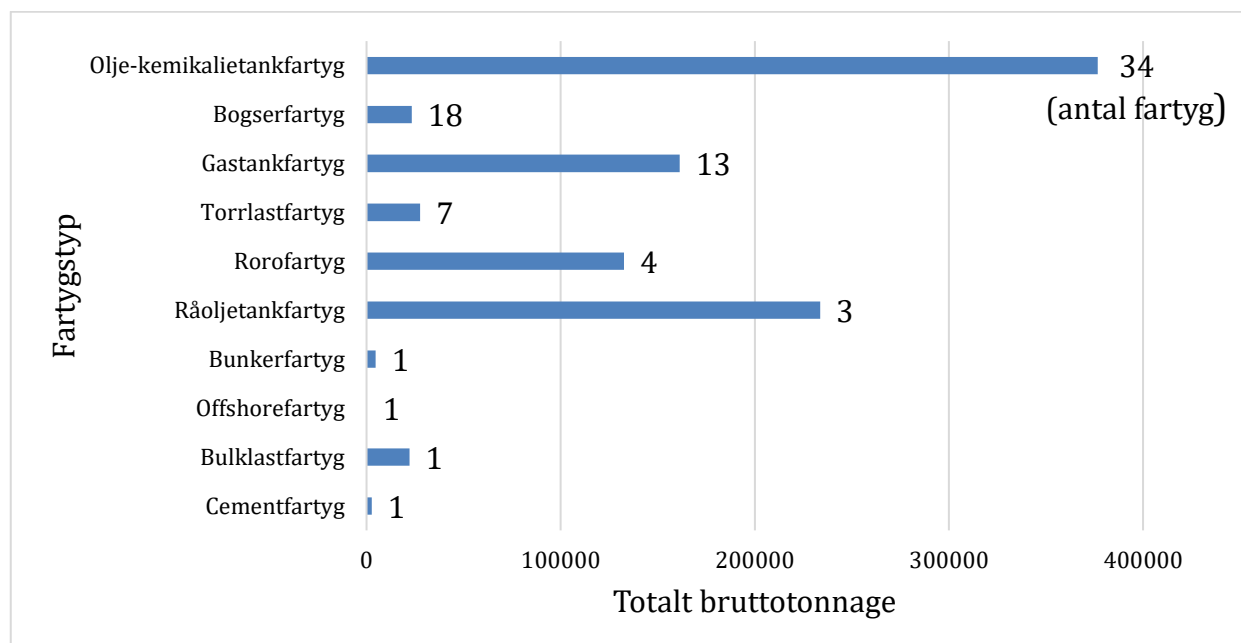
#### 4.1.2 Fartygstyper som anlöpt Orust-Tjörns fjordsystem

Figur 4 visar vilka typer av fartyg som anlöpt hamnarna Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn under undersökningsperioden. Figuren visar både antalet anlöp av varje fartygstyp och hur stort det totala bruttotonnaget var. 83 yrkesfartyg anlöpte området under kartläggningen. 18 av dessa var bogserfartyg vilket innebär att totalt 65 lastfartyg har anlöpt. Olje-kemikalietankfartyg var den vanligaste fartygstypen (34 anlöp) och anlöpte undersökningsområdet med störst totalt bruttotonnage. Vidare var bogserfartyg, gastankfartyg

och torrlastfartyg vanliga anlöp. Utöver olje-kemikalietankfartyg var råoljetankfartyg, gastankfartyg och rorofartyg de fartyg som hade ett större bruttotonnage.

**Figur 4**

*Totalt antal anlöp och bruttotonnage per fartygstyp som besökt Orust-Tjörns fjordsystem*



*Kommentar.* Fartygstyper som besökt Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn under perioden då AIS-data kartlagts. Det totala bruttotonnaget visas med staplar medan siffrorna till höger om staplarna visar antalet anlöp. Data från VesselFinder.com

## 4.2 Resultat från enkätundersökningen

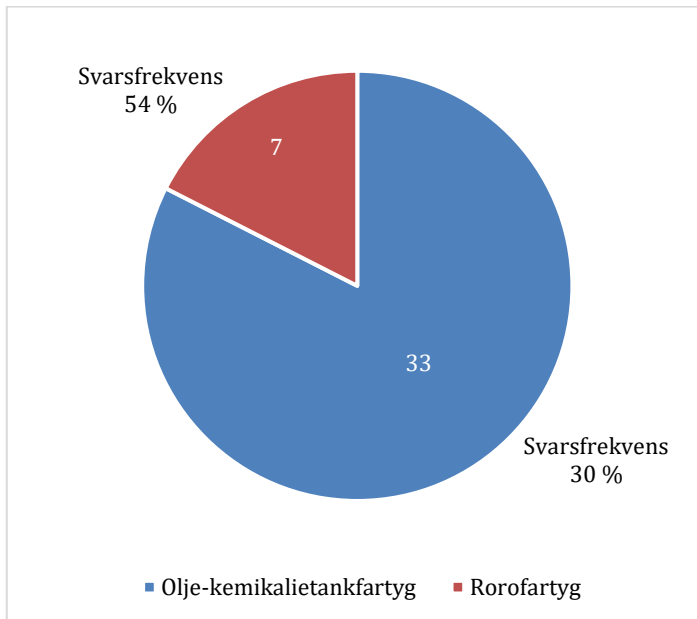
I detta avsnitt presenteras svaren från enkätundersökningen som skickades till svenskopererade olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg. Totalt 40 fartyg har svarat på enkäten och svaren kom från seniora befäl som deltagit i barlastvattenoperationer. Deras befattningar var: kapten, överstyrman och maskinchef. I avsnitt 4.2.1 presenteras resultat kring de fartyg som svarat på enkäten och en indelning av fartygen i kategorier efter barlastvattenvolym. Därefter presenteras i avsnitt 4.2.2 vilka barlastvattenreningssystem fartygen använder och frekvensen för driftproblem. Slutligen sammanfattas i avsnitt 4.2.3 enkätens kvalitativa resultat kring typer av driftproblem och deras orsaker.

### 4.2.1 Fartyg som deltagit i enkätundersökningen

Enkäten skickades ut till svenska rederier som opererar 13 rorofartyg och ungefär 110 olje-kemikalietankfartyg. Figur 5 visar att 7 rorofartyg och 33 olje-kemikalietankfartyg svarade på enkäten. Detta innebär en svarsfrekvens på 54 % för rorofartyg och 30 % för olje-kemikalietankfartyg.

## Figur 5

Antal fartyg som svarat på enkäten

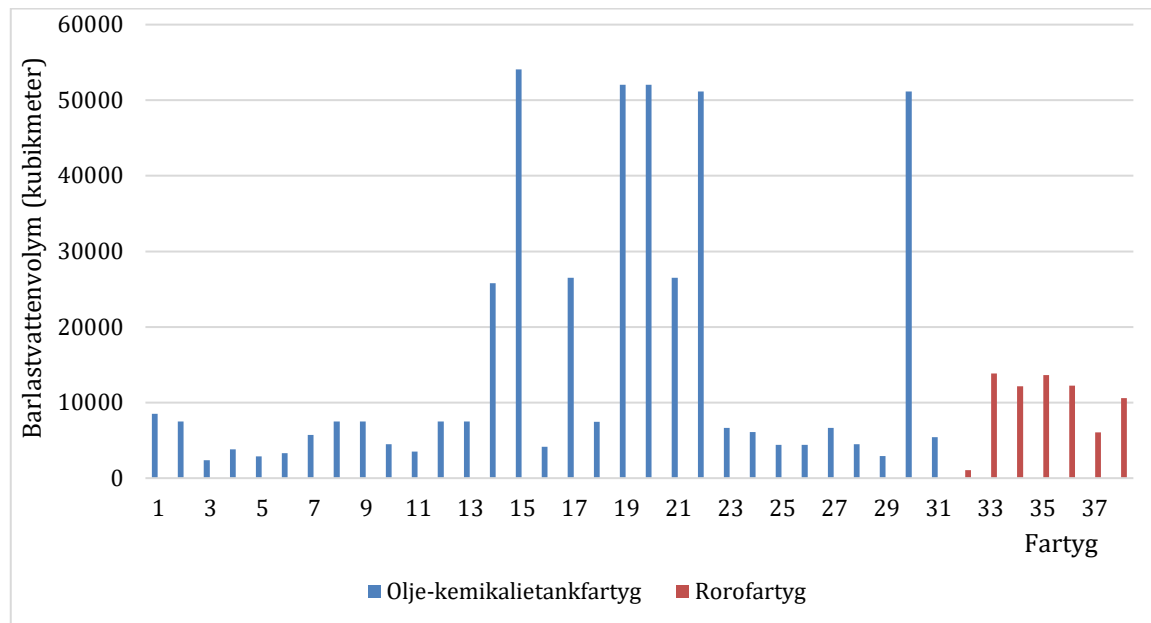


*Kommentar.* Antal fartyg som svarat på enkäten och svarsfrekvens för fartygstyperna.

Resultat kring fartygs barlastvattenvolym i kubikmeter presenteras i figur 6. Antalet fartyg som visas skiljer sig från figur 5, 38 fartyg i stället för 40. Detta beror på att två fartyg uppgav vattnets flödes hastighet i stället för total barlastvattenvolym, dessa två felsvar har räknats bort. Som figur 6 visar är resultatet spritt vilket gör att det går att dela in olje-kemikalietankfartygen i tre kategorier efter barlastvattenvolym. Detta ger totalt fyra fartygskategorier:

- Olje-kemikalietankfartyg större
- Olje-kemikalietankfartyg medel
- Olje-kemikalietankfartyg mindre
- Rorofartyg

Tabell 3 visar de fyra fartygskategorierna och deras medelbarlastvolym med standardavvikelse. Alla värden är avrundade till närmaste tiotal. Från medelbarlastvolymen har kategoriernas medelbruttotonnage beräknats med hjälp av tabeller från Hoffrén (2006). Detta för att med hjälp av bruttotonnage kunna dela in fartygen från kartläggningen i samma kategorier som fartygen från enkäten. Antal anlöp som kartlagts för respektive fartygskategori presenteras i den högra kolumnen.

**Figur 6***Olje-kemikalietankfartyg och rorofartygs barlastvattenvolym*

*Kommentar.* Fartygens barlastvattenvolym i kubikmeter. Totalt har 40 fartyg svarat på enkäten men två felsvar angående barlastvattenvolym har räknats bort, vilket gör att 38 fartyg presenteras.

**Tabell 3***Fartygskategoriernas barlastvattenvolym och antal anlöp till undersökningsområdet*

Fartygskategorier	Medelbarlastvolym (kubikmeter)	Medelbruttotonnage	Anlöp från kartläggning
Olje-kemikalietankfartyg större	52 070 ± 1190	75 460 ± 1720	0
Olje-kemikalietankfartyg medel	26 280 ± 410	39 220 ± 610	6
Olje-kemikalietankfartyg mindre	5420 ± 1870	6530 ± 2250	28
Rorofartyg	9940 ± 4720	58 470 ± 27 760	4

*Kommentar.* Kolumnen till vänster visar de fyra fartygskategorierna baserat på 5 fartyg för olje-kemikalietankfartyg större, 3 fartyg för olje-kemikalietankfartyg medel, 23 fartyg för olje-kemikalietankfartyg mindre och 7 fartyg för roro. Därefter visas kategoriernas barlastvattenvolym (data från enkätundersökningen) som medelvärde ± standardavvikelse, avrundat till närmsta tiotal. Sedan presenteras kategoriernas bruttotonnage som medelvärde ± standardavvikelse, avrundat till närmsta tiotal. Medelbruttotonnaget har räknats fram från medelbarlastvolymen med hjälp av Hoffrén (2006). Sist presenteras hur många anlöp som kartlades i Orust-Tjörns fjordssystem november 2022 för respektive fartygskategori (data från AIS-kartläggning).

#### 4.2.2 Barlastvattenreningssystem och driftproblem

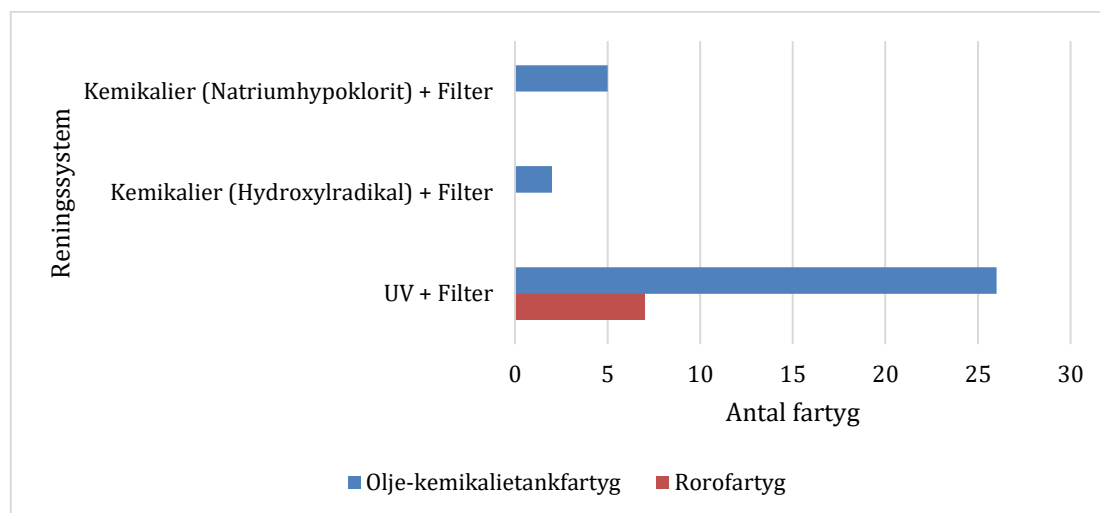
Resultatet visar att UV-system var den vanligaste metoden för barlastvattenrening bland fartyg som svarat på enkäten, se figur 7. Alla rorofartyg och 26 olje-kemikalietankfartyg använde dessa typer av system. Utöver detta använde sju olje-kemikalietankfartyg kemiska system i form av natriumhypoklorit (5 fartyg) och hydroxylradikal (2 fartyg). Alla system, både UV och kemiska, kombinerades med filter.

Figur 8 visar frekvensen för driftproblem med barlastvattenreningssystemen. Frekvenserna syns i figurens y-axel. Indelningen av frekvenserna kommer från enkäten (bilaga 1). *Ibland* var

enkätundersökningens vanligaste resultat (17 svar) och alla som använde kemiska metoder svarade detta. Därefter kom *sällan* med 14 svar och *ofta* med sex svar. *Alltid* fick två svar *medan aldrig* fick ett svar.

**Figur 7**

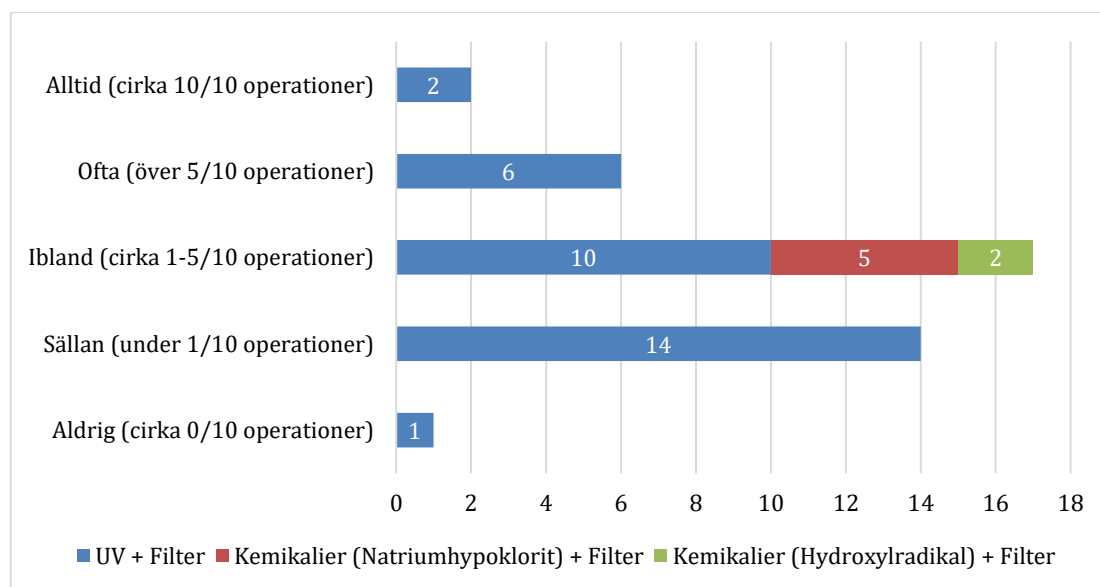
*Vilka barlastvattenreningssystem använde fartygstyperna*



*Kommentar.* Figuren presenterar enkätundersökningens resultat för vilka reningssystem som används på de olika fartygstyperna.

**Figur 8**

*Hur ofta upplevs driftproblem med barlastvattenreningssystemen*



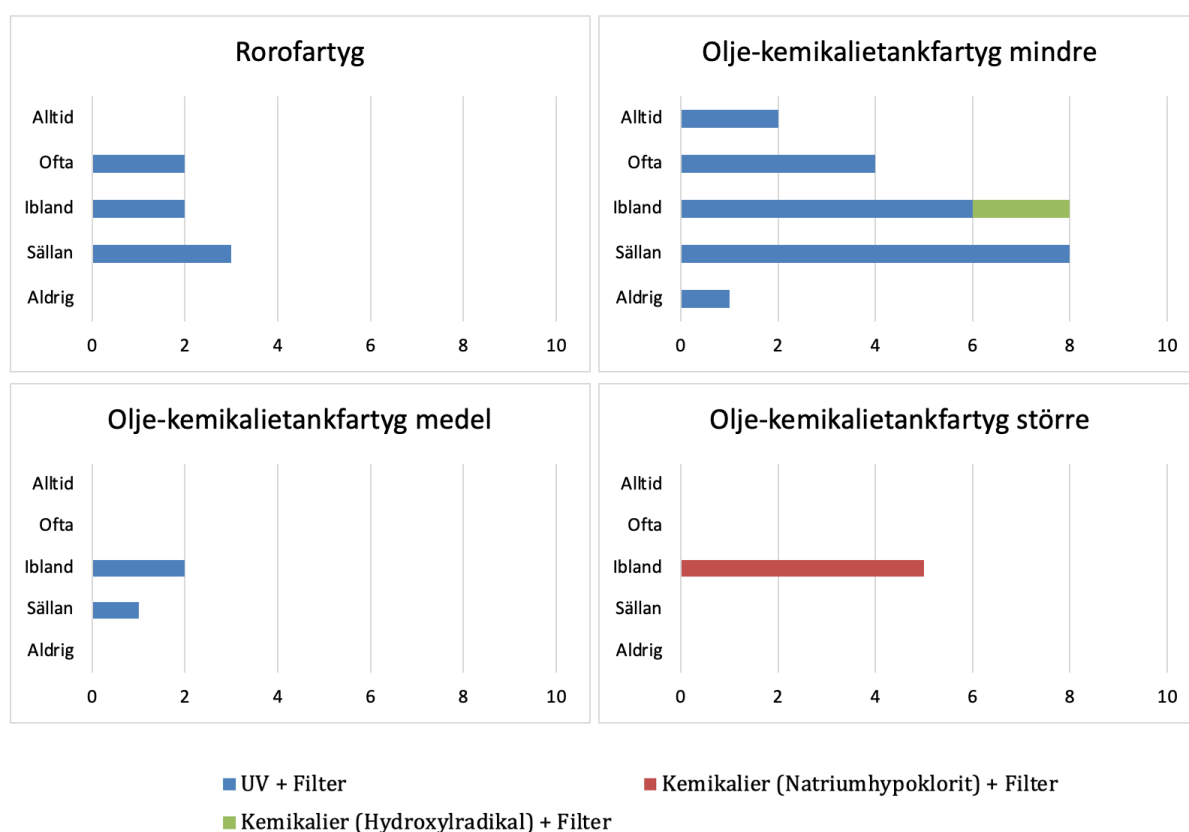
*Kommentar.* Figuren visar enkätsvar för hur ofta fartyg upplever driftproblem med de olika reningssystemen.

I figur 9 visas både vilka barlastvattenreningssystem de fyra fartygskategorierna använder och hur ofta de har driftproblem. Eftersom kategorierna baseras på barlastvattenvolym exkluderas de två fartyg som gav felsvar kring barlastvattenvolym. Större olje-kemikalietankfartyg rapporterade endast kemiska reningssystem. Övriga fartygskategorier rapporterade endast UV-system förutom två mindre olje-kemikalietankfartyg som använde kemiska system. Resultatet

visar att rorofartyg och mindre olje-kemikalietankfartyg var de enda fartyg som rapporterade att de upplevde problem *ofta*. Två mindre olje-kemikalietankfartyg rapporterade även att de hade problem *alltid*. Problemfrekvensen var relativt spridd för mindre olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg. Medelstora olje-kemikalietankfartyg uppgav problem *ibland* och *sällan* medan större olje-kemikalietankfartyg endast uppgav *ibland*.

**Figur 9**

*Fartygskategoriernas barlastvattenreningssystem och driftproblem*



*Kommentar.* Figurens diagram visar enkätresultat kring de fyra fartygskategoriernas typer av reningssystem och frekvens för driftproblem. Två fartyg exkluderas från figuren då de inte uppgivit en barlastvattenvolym och därmed inte kan delas in i en kategori.

### 4.2.3 Typer av driftproblem och deras orsaker

Sista frågan i enkäten var en öppet ställd fråga angående vilka typer av driftproblem besättningarna upplever ombord och vad de själva tror att problemen beror på. Svaren har stor variation men vissa problem återkommer ofta. En sammanfattning av svaren finns i bilaga 2 till denna rapport. Det som nämns oftast är att barlastvattenreningssystemen inte kan hantera grumligare vatten. Nästan hälften av svaren tar upp detta som ett problem. Detta märks exempelvis genom att filter sätter igen och behöver rengöras manuellt vilket nämns i tio svar. Rengöringen upplevs svår. Vidare beskriver tio respondenter att backflushproceduren som ska självrengöra filtret inte fungerar. Det upplevs att backflushen sker väldigt ofta vilket saktar ned operationerna och dessutom inte rensar filtren som tänkt. Anledningen till att backflushproceduren startar uppges vara hög skillnad i tryck innan och efter filter. Ett fartyg har problem med i princip konstant backflushing i leriga hamnar vilket gjorde systemet obrukbart. Allmänt går barlastoperationerna långsamt när reningssystemet används, vilket beskrivs i åtta svar. Orsaker som nämns är att det är svårt att få tillräckligt högt flöde och att

systemet stoppas ofta på grund av diverse driftproblem och stoppfunktioner. Vidare störs operationerna av problem med fjärrstyrning av ventiler. Detta nämns i tio svar och problem med både mekanik och mjukvara beskrivs som orsaker. Slutligen upplevs systemet på två fartyg vara obrukbart. Besättningen kan inte använda systemet på grund av betydande driftproblem utan får ofta leda barlastvattnet förbi reningssystemet obehandlat, så kallad bypass.

Utöver de vanligt förekommande driftproblem som beskrivs ovan nämner respondenterna problem med mjukvara, tryckreglering, mekanik, dokumentation och arbetsmiljö. Problemen med mjukvara innefattar främst, utöver problem med ventiler, sensorproblem. Vidare innehåller svaren diverse exempel på problem relaterade till trycket i systemet. För lågt flöde gör att systemet stoppar medan högt tryck skapar problem för pumpar och rör. Ett svar beskriver ett dilemma i hantering av barlastvattendagboken. Det upplevs saknas en god lösning på hur driftproblem ska noteras i denna. Slutligen beskriver tre svar en känsla av att systemet inte går att lita på och en stress för att hinna med barlastoperationen i samma takt som lastoperationen.

Majoriteten av de som svarat på enkäten använder UV-system och i svaren framkommer ett antal driftproblem unika för denna metod. Först och främst uppges att UV-intensiteten går under gränsvärden för vad som är godkänt för barlastoperationer. Detta gör att flödet av barlastvatten måste minskas och i vissa fall kan för låg UV-intensitet leda till autostopp av reningssystemet. Åtta respondenter nämner att UV-intensiteten blir låg i grumligt vatten medan två drabbas när UV-lampor är trasiga. Att UV-lampor i anläggningen går sönder är i sig ett vanligt förekommande problem vilket nämns i nio svar. Det beskrivs ett flertal gånger att lamporna behöver bytas oftare än vad tillverkarna uppger som normal intervall. Ytterligare ett problem som nämns är att UV-anläggningen tar lång tid att starta och stoppa. Detta beror på att anläggningen behöver värmas upp innan start och svalna efter stopp innan den kan användas igen. Respondenter nämner problem med nedkylning av systemet och två exempel på att systemet överhettas. I övrigt nämner enstaka svar att UV-anläggningen är känslig för kalla temperaturer och har problem med strömtillförsel.

Enkätresultatet innehåller resonemang kring varför driftproblem uppstår och diskuterar då låg kvalitet på komponenter, bristande design, bristande installation, för lite utbildning i systemen och avsaknad av support och service från tillverkarna. Att komponenter har låg kvalitet beskrivs i ett flertal svar och det gäller främst att komponenter deformeras, rostar eller smälter. En respondent menar att reservdelar säljs för överpris. Exempel på bristande installation är att systemen har saknat packningar, ventildelar och i ett fall en hel ventil. Dessutom har skräp och andra föremål lämnats i barlaströr efter installation vilket har satt igen filter under en lång period efter installationen. För lite utbildning i systemen tas upp både som en orsak till driftproblem och ett hinder för att lösa de problem som uppstår. Även bristande support från tillverkarna upplevs försvåra problemlösningen. Slutligen resonerar två respondenter kring huruvida systemen har testats nog innan de kommit ut på marknaden. Enligt dem är prestandan så dålig att det är orimligt att det ska vara ett krav att använda utrustningen.

## 5. DISKUSSION

I detta kapitel förklaras och analyseras rapportens resultat i relation till frågeställningarna och syftet. Studiens övergripande syfte är att undersöka hur barlastvatten kan föra in blåskrabbor och småprickiga penselkrabbor till Sveriges västkust. Först diskuteras resultat från kartläggningen av fartygstrafik, därefter resultat från enkätundersökningen kring barlastvattenreningssystem. Slutligen diskuteras rapportens metod.

### 5.1 Kartläggning av AIS-data

Syftet med kartläggningen är att undersöka huruvida trafik kan införa larver av blåskrabba och småprickig penselkrabba till Sveriges västkust. I detta avsnitt diskuteras fartygstrafik till undersökningsområdet och hur trafiken kan bidra till införsel av krabborna. Först diskuteras fartygs hamnanlöp innan Orust-Tjörns fjordsystem och därefter vilka fartygstyper som anlöpt området.

#### 5.1.1 Fartygs senaste hamnanlöp innan Orust-Tjörns fjordsystem

Kartläggningen av trafik till undersökningsområdet presenteras i tabell 2 och visar att majoriteten av fartyg kom från platser där blåskrabban eller småprickiga penselkrabban har introducerats. Tabellen visar även att majoriteten av dessa fartyg kom till undersökningsområdet från en europeisk hamn. Mot bakgrunden att krabbornas larvstadier pågår ungefär 20 dagar (Epifanio, 2013) kan det därmed antas att många resor till undersökningsområdet är kortare än larvstadierna. Följden blir att krabbor kan transporteras till Orust-Tjörns fjordsystem under sina larvstadier, tömmas ut där och utvecklas vidare. Detta innebär att det finns potential för införsel av krabbor via yrkestrafiken till detta område. Speciellt stor kan införseln bli om barlastvattenreningen är bristande. Enkätresultatet som presenteras i avsnitt 4.2 tyder på att detta är fallet.

Vidare är det värt att notera att D2-standard inte är obligatoriskt för alla fartyg förrän september 2024 (Barlastvattenkonventionen, 2004). Detta betyder att det är möjligt att fartyg som anlöper området fortfarande följer D1-standard. Dessa fartyg renar inte sitt barlastvatten utan byter ut det på öppet vatten. Möjligtvis kan detta orsaka införsel av krabborna till området då barlastvattenkonventionen (2004) inte ställer några krav på hur många organismer som får tömmas ut med D1-standard. Standarden säger endast att 95 % av vattnet ska bytas ut, vilket innebär att det potentiellt kan finnas kvar krabblarver. Sammanfattningsvis kan införsel av blåskrabba och småprickig penselkrabba med yrkestrafik förväntas fortgå. Möjligtvis kan införseln minska något fram till september 2024 då D2-standard blir obligatoriskt för alla berörda fartyg.

#### 5.1.2 Fartygstyper som anlöpt Orust-Tjörns fjordsystem

Resultatet visar att 65 lastfartyg (kartlagda fartyg exklusive boserfartyg) anlöpte området under undersökningsperioden. Detta var en tvåveckorsperiod, vilket om man skalar upp det innebär cirka 1690 fartyg per år. Enligt Seaweb (maritime.ihs.com) anlöper 1750 lastfartyg undersökningshamnarna årligen. Siffran 1750 exkluderar dock fartyg som besöker Stenungsund, vilket innebär att antalet fartyg kan förväntas vara något högre än 1690, men det tyder ändå på ett rimligt resultat.

Figur 4 visar att olje-kemikalietankfartyg var den fartygstyp som anlöpte undersökningsområdet flest gånger och med störst totala bruttotonnage. Detta var väntat då den hamn som trafikerats mest är Brofjorden (tabell 1) som främst är en oljehamn. En stor mängd

olja-kemikalietankfartyg anlöper området för att lasta produkter från raffinaderiet i Brofjorden, vilket beskrivs i avsnitt 2.9. Mot denna bakgrund kan de antas att många av de olje-kemikalietankfartyg som anlöper området lastar produkter och därmed tömmer barlast. Olje-kemikalietankfartyg tar stora mängder barlast och tömmer hela barlastvolymen på samma gång (David & Gollasch, 2015). Detta tyder på att olje-kemikalietankfartyg kan vara en stor spridningsväg för blåskrabban och småprickiga penselkrabban vilka kan tömmas ut med barlastvattnet.

Råolja-tankfartyg har besökt området med endast tre fartyg men till ett betydande totalt bruttotonnage (figur 4). Som beskrivs i avsnitt 2.9 lossar dessa fartyg råolja till raffinaderiet i Brofjorden och tar därmed generellt in barlast. Därför kan det antas att dessa fartyg trots sin stora barlastvattenvolym (David & Gollasch, 2015) inte är en betydande spridningsväg för blåskrabba och småprickig penselkrabba till undersökningsområdet. Däremot tyder resultatet på att gastankfartyg kan vara en relevant spridningsväg för krabborna. Dessa fartyg har anlöpt området med både ett stort antal och stort bruttotonnage. Vidare använder de likt andra tankfartyg en stor mängd barlastvatten i förhållande till sin lastkapacitet (David & Gollasch, 2015). Som beskrivs i avsnitt 2.9 lastar gasfartyg ofta i Stenungsund vilket troligen innebär att de tömmer barlast i denna hamn.

Utöver tankfartyg har rorofartyg trafikerat området med ett relativt stort bruttotonnage. Som beskrivs i avsnitt 2.9 anlöper rorofartyg Wallhamn och Uddevalla där de utför diverse lastoperationer vilket innebär att de ibland tömmer ut barlast. Därmed kan rorofartygen föra in blåskrabba och småprickig penselkrabba i området. Slutligen är värt att nämna att ett stort antal bogserfartyg har anlöpt undersökningshamnarna. Dessa fartyg är inte lastfartyg och använder därför mer sällan barlast (David & Gollasch, 2015). Under kartläggningen rörde sig bogserbåtarna endast lokalt på västkusten. I de fall då bogserbåtar faktiskt använder barlast är det möjligt att de kan bidra till en sekundär spridning av småprickig penselkrabba och blåskrabba och därmed påskynda spridningen av arterna bortom de större hamnarna.

## **5.2 Enkätundersökningen**

Syftet med enkätundersökningen är att få en lägesbild över vilka barlastvattenreningssystem som är vanliga, samt om det förekommer driftproblem som kan bidra till införsel av invasiva främmande arter. I detta avsnitt diskuteras resultat från enkätundersökningen för att dra slutsatser kring hur eventuella driftproblem kan bidra till införsel av blåskrabba och småprickig penselkrabba. Inledningsvis diskuteras enkätsvarens tillförlitlighet. Därefter analyseras samband mellan fartygskategori, reningssystem och frekvens för driftproblem. Slutligen behandlas respondenternas fritextsvar kring driftproblem och deras orsaker.

### **5.2.1 Fartyg som svarat på enkäten och deras barlastvattenvolym**

Enkätens respondenter var seniora befäl som deltagit i barlastvattenoperationer. Detta innebär att respondenterna är erfarna och deras enkätsvar har hög reliabilitet. Respondenterna fick uppge fartygens maximala barlastvattenvolym (figur 6). Detta resulterade i en indelning av fartygen till fyra kategorier (tabell 3) för att kunna jämföra fartyg med olika barlastvattenvolymer. Eftersom enkäten skickades ut till en väl avgränsad målgrupp är det troligt att fartygen är representativa för fartygstypernas flotta.

### **5.2.2 Barlastvattenreningssystem och deras driftproblem**

Majoriteten av fartyg hade filter och UV som reningssystem (33 svar, figur 7). Detta var väntat då det bekräftar en tidigare studie av Lakshmi m.fl. (2021) som visat att UV är det vanligaste

reningssystemet. Sju fartyg i enkäten var rorofartyg och dessa hade endast UV-system. Däremot hade sju olje-kemikalietankfartyg kemisk rening i form av natriumhypoklorit (5 svar) och hydroxylradikal (2 svar). Sammanfattningsvis ges lägesbilden att på svenskopererade rorofartyg och olje-kemikalietankfartyg är UV-system vanligast men även kemiska system förekommer, åtminstone på olje-kemikalietankfartyg.

Figur 8 visar hur ofta respondenterna upplever driftproblem med de olika reningssystemen. Det vanligaste systemet, UV, har en varierad frekvens för driftproblem. UV var även den enda metod där respondenter svarade att de *alltid* hade problem. Om ett fartyg alltid har problem vid barlastvattenoperationer betyder det troligtvis att systemet inte fungerar enligt krav från IMO. Detta kan i sin tur leda till införsel av invasiva främmande arter, inklusive blåskrabba och småprickig penselkrabba. Vidare har sex respondenter med UV-system svarat problemfrekvensen *ofta*. Detta innebär att de har problem mer än hälften av sina operationer. Även detta indikerar på att spridningen av arter kan fortgå. 17 respondenter, varav tio fartyg med UV-system, svarade att de hade problem *ibland*. Även alla sju fartyg med kemiska metoder svarade *ibland*. Sammanfattningsvis hade de flesta fartyg driftproblem *ibland* eller oftare vilket innebär att många barlastvattenreningssystem inte fungerar som tänkt.

Vidare visar figur 8 att 14 fartyg har problem *sällan* (under 1 av 10 operationer) medan endast två fartyg har problem *alltid* (10 av 10 operationer). Då fartygen som svarat *sällan* är betydligt fler kan de potentiellt vara en ungefär lika stor spridningsväg som de som svarat *alltid*. Det var endast 1 av 40 enkätsvar som *aldrig* upplevde driftproblem med barlastvattenreningssystemet. Sammanfattningsvis har i princip alla respondenter från enkätundersökningen driftproblem med barlastvattenreningssystemen i varierande frekvens. Att driftproblem förekom var väntat med tanke på tidigare studier (Lakshmi m.fl., 2021; Tsolaki & Diamadopoulou, 2010) men problemens omfattning var anmärkningsvärt stor. Alltså tyder resultatet på en betydande risk för fortsatt spridning av invasiva främmande arter.

För att kunna applicera svaren från enkätundersökningen på det aktuella undersökningsområdet har fartygen delats in i fyra kategorier (tabell 3). Figur 9 visar att mindre olje-kemikalietankfartyg i sina enkätsvar rapporterade en hög och varierad frekvens för driftproblem. Två av dessa fartyg rapporterade att de *alltid* upplever driftproblem med barlastvattenreningssystemet och fyra rapporterade *ofta*. De flesta mindre olje-kemikalietankfartyg svarade dock *sällan* och *ibland*. 21 av 23 mindre olje-kemikalietankfartyg hade UV-system medan endast två hade kemisk metod, hydroxylradikal. Detta kan betyda att många svenskopererade mindre olje-kemikalietankfartyg har UV-system installerat ombord. Kartläggningen visar att denna kategori av fartyg var den som anlöpt undersökningshamnarna flest gånger (totalt 28 anlöp) vilket tyder på att mindre olje-kemikalietankfartyg anlöper området frekvent. Mindre olje-kemikalietankfartyg har en relativt låg barlastvattenvolym men de många anlöpen kan göra att den totala införda barlastvattenvolymen bli stor. Kombinationen av en potentiellt stor total införd volym och den höga problemfrekvensen kan betyda att mindre olje-kemikalietankfartyg är en stor spridningsväg för blåskrabba och småprickig penselkrabba till undersökningsområdet.

De större olje-kemikalietankfartygen svarade alla att de använde sig av kemisk metod för att rena barlastvatten, natriumhypoklorit (figur 9). Dessa fartyg hade stora barlastvattenvolymer (tabell 3) och respondenternas svar på driftproblem var *ibland*. Att alla dessa fartyg hade samma reningssystem och svarade *ibland* kan ha att göra med att fartygen möjligtvis är från liknande serier. Detta då enkäten endast nått två rederier som opererar större olje-kemikalietankfartyg. Alternativt är det faktiskt vanligt med just kemiska system på olje-kemikalietankfartyg av

denna storlek, för att veta detta behövs dock ett större dataunderlag. Fartygen för denna kategori besökte dock inte undersökningsområdet under perioden för kartläggningen vilket tyder på att de är ovanliga i området. Eventuella driftproblem hos större olje-kemikalietankfartyg borde därmed ha en begränsad påverkan på undersökningsområdet. Medelstora olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg besökte tillsammans området tio gånger. Alla fartyg som tillhör dessa två kategorier hade UV-system vilket även detta tyder på att det är ett vanligt förekommande system på svenskopererade fartyg.

Sammanfattningsvis visade enkäten på omfattande driftproblem och att driftproblem förekom för alla fartygskategorier. Dessutom visade kartläggningen att alla fartygskategorier förutom större olje-kemikalietankfartyg hade besökt undersökningsområdet. Rorofartyg samt mindre och medelstora olje-kemikalietankfartyg kan därmed misstänkas bidra till fortsatt införsel av blåskrabba och småprickig penselkrabba till undersökningsområdet. Mindre olje-kemikalietankfartyg hade speciellt omfattande driftproblem och kartläggningen visade dessutom att denna fartygskategori hade besökt området flest gånger. Detta innebär att denna fartygskategori kan utgöra en stor risk för införsel.

### 5.2.3 Typer av driftproblem och dess orsaker

Resultatet i avsnitt 4.2 visar att det finns en stor och varierad mängd problem med barlastvattenreningssystemen ombord rorofartyg och olje-kemikalietankfartyg. Grundläggande orsaker till problemen upplevs vara bristande kvalitet, installation och utbildning kring systemen. Resonemangen som förs kring huruvida barlastreningssystemen är redo för marknaden och klarar att uppfylla konventionens krav är intressanta. Eftersom IMO både har drivit igenom barlastvattenkonventionen och är dem som godkänner barlastvattenreningssystem (Barlastvattenkonventionen, 2004) blir det en svår situation när systemen underpresterar. Hur ska besättningen hantera situationen när IMO-godkända system inte fungerar bra nog för att möta IMO:s krav?

Vidare går att säga att många enkätsvar diskuterade problem med UV-system. Inga problem specifika för kemikaliesystem har nämnts, men då enkäten har ett betydligt större underlag för UV-system går det inte att dra några slutsatser kring att UV-anläggningar är mer problemdrabbade än kemikalieanläggningar. Däremot kan det konstateras att UV-anläggningarna uppges ha betydande problem. Ett vanligt problem var låg UV-intensitet. Används systemet med en intensitet under gränsvärden kan det innebära att organismer inte oskadliggörs enligt D2 standard trots att systemet används (Lakshmi m.fl., 2021). Detta kan påverka spridning av invasiva arter eftersom UV enligt Lakshmi m.fl. (2021) är det vanligaste barlastreningssystemet. Blåskrabba och småprickig penselkrabba filtreras dock generellt bort innan de når UV-anläggningen på grund av deras storlek (Kornienko m.fl., 2008; Lakshmi m.fl., 2021). När UV-systemet skapar så stora driftproblem att besättningen leder vattnet förbi systemet inklusive filter så kan detta däremot bidra till en större spridning även av krabborna (Bradie m.fl., 2023).

Ett enkätsvar tar upp hur driftproblem ska noteras i barlastvattendagboken. Efter varje barlastoperation noteras huruvida barlastvatten har behandlats enligt bestämmelser och ansvarig person signerar detta. Mot bakgrunden att det är olagligt att tömma ut obehandlat barlastvatten (SFS 2009:1165) är det naturligt att det kan finnas en ovilja att dokumentera operationer som genomförts felaktigt. Resultaten i denna rapport visar dock på betydande driftproblem och två enkätsvar beskriver att barlastvatten leds förbi reningsanläggningar, så kallad *bypass*. Att denna typ av operationer möjligtvis döljs i barlastvattendagboken kan bidra till en falsk uppfattning om hur väl barlastvatten renas. Detta kan anses vara negativt då

grundsytet med barlastvattenkonventionen (2004) inte är att fartyg ska följa regler utan att hindra förflyttning av vattenlevande organismer och smittämnen. När barlastvatten leds förbi reningssystemet kan organismer, som blåskrabban och småprickiga penselkrabban, spridas obehindrat likt innan barlastvattenkonventionen implementerades. En studie av Bradie m.fl. (2023) visar att det är effektivt att kombinera D2-standard (barlastvattenrening) med D1-standard (barlastvattenutbyte) när driftproblem uppstår. Enligt författarna kan spridning av arter genom bypass minskas på detta vis. Möjligtvis hade D1-standard som ett accepterat alternativ till D2 vid driftproblem kunnat underlätta dokumentation i barlastdagboken och bidra till minskad spridning av främmande arter.

### 5.3 Metoddiskussion

Rapportens resultat innehåller både sekundärdata från AIS-kartläggningen och primärdata från enkätstudien. Kartläggningen av AIS-data genomfördes under två veckor i november 2022. Det kan diskuteras huruvida dessa två veckor är representativa för hela året angående antal anlöp, typ av fartyg och bruttotonnage. I avsnitt 5.1.2 jämförs data från Seaweb (maritime.ihs.com) med kartläggningens resultat, jämförelsen tyder på att antalet anlöp som kartlagts verkar rimligt. Olje-kemikalietankfartyg var den vanligaste fartygstypen i kartläggningen vilket också kan anses rimligt med tanke på att oljehamnen Brofjorden är den undersökningshamn som tar mest trafik. Det är svårt att med säkerhet utvärdera huruvida kartläggningen är representativ för en längre period, men ingen känd information tyder på motsatsen. En nackdel med insamlingen av AIS-data är att den har kartlagt fartyg som gått till kaj i hamnarna Brofjorden, Stenungsund, Uddevalla och Wallhamn men inga övriga fartyg i området. Exempelvis kan fartyg utföra barlastoperationer även när de inte lastar (David & Gollasch, 2015) vilket utelämnas i denna undersökning. Således ger metoden inte en fullt komplett bild över barlastvattenoperationer i undersökningsområdet. Vidare påverkas resultatet av att endast fartygs senaste hamnanlöp kartlagts. Fartyg behåller ibland en viss volym barlast när de är lastade och även när de tömmer helt så blir en viss mängd vatten och framför allt sediment kvar i tankarna (David & Gollasch, 2015). Detta gör att inte endast det senaste hamnanlöpet innan undersökningsområdet är intressant utan också tidigare hamnar. Införsel av blåskrabba och småprickig penselkrabba på detta vis syns inte i resultatet från denna studie. Med hänsyn till att den största mängden barlastvatten generellt kommer från den senaste barlastoperationen (David & Gollasch, 2015) och tidsbegränsningen för krabbornas larvstadier (Epifanio, 2013) kan det dock sägas att det senaste hamnanlöpet innan undersökningsområdet är det mest intressanta.

En fördel med enkätstudien är att den givit helt ny data kring barlastvattenreningssystem, i motsats till om sekundärdata hade använts. Enkätstudien gjorde det möjligt att få in färsk data kring de faktorer som var av intresse, från en målgrupp av fartyg som ansågs relevanta för undersökningsområdet. En fördel med enkäten var just att valet av målgrupp baserades på kartläggningen av AIS-data vilket gör att enkätresultatet har stor relevans för undersökningsområdet. Vidare var det enkelt att nå en stor mängd fartyg med enkäten eftersom den genomfördes via internet (Denscombe, 2017) och på svenskopererade fartyg. Enkätens webbsida mejlades till rederier som opererade 13 rorofartyg respektive cirka 110 olje-kemikalietankfartyg. Rederier med totalt 13 respektive 60 fartyg återkopplade att de skickade vidare enkäten och 7 respektive 33 fartyg svarade. Hade exempelvis intervjuer genomförts hade dataunderlaget förmodligen blivit betydligt mindre på grund av tidsåtgång och logistik vilket hade försvagat resultatets tillförlitlighet. Dock återkopplade två rederier att deras fartyg inte kunde öppna enkäten på grund av deras IT-säkerhetssystem ombord. Detta hade kunnat undvikas exempelvis genom att i stället för en webbsida genomföra enkäten endast via e-post. Att rederierna ombads återkoppla kring huruvida de skickade ut enkäten upplevdes positivt då det gav en tidig indikation på om metoden gav tillräcklig data. Valet att skicka enkäten via

rederiernas kontor gjordes av bekvämlighetsskäl då mejladresser till fartygen inte var kända. Detta kan dock ha bidragit till en högre svarsfrekvens då besättningen ombord möjligtvis upplevde att kontoret ville att de skulle svara. Antalet enkätsvar var relativt stort och från en väl avgränsad grupp av fartyg vilket ger enkäten en stor tillförlitlighet. För rorofartyg är dock underlaget litet, vilket påverkar reliabiliteten i resultat kring dessa fartyg. Anledningen till detta är att det fanns få svenskopererade rorofartyg att skicka enkäten till. Det är därmed svårt att dra säkra slutsatser från resultatet kring denna fartygstyp men det ger trots allt en indikation kring hur väl rorofartygs barlastoperationer fungerar.

Något som kan påverka resultatets tillförlitlighet är att data från enkätstudien har rapporterats in enligt respondenternas egna upplevelser (Denscombe, 2017). Den subjektiva upplevelsen kan skilja sig och inte alltid vara representativ för ett fartygs operationer. På enkätens sista kvalitativa fråga kring driftproblem finns även en risk för missförstånd där respondenternas svar kan ha tolkats och sammanfattats fel. Hade i stället intervjuer genomförts hade det funnits möjlighet att utveckla och förtydliga svar på sista frågan vid behov (Denscombe, 2017). Djupare resonemang kring denna fråga var däremot inte studiens huvudsyfte utan det var viktigare att få in större mängder kvantitativa data kring barlastvattenreningssystemen vilket var möjligt genom enkätstudien. Vidare var enkäten anonym vilket kan ha påverkat ärligheten i svaren positivt (Denscombe, 2017). Anonymiteten innebar emellertid att det saknades möjlighet att komplettera enkätsvar, exempelvis svarade två respondenter på enkätfrågan kring fartygets totala barlastvolym i flödes hastighet (kubikmeter per timme) i stället för total volym vilket hade kunnat kompletteras om svaren inte var anonyma. Slutligen är det möjligt att fartyg som stämmer överens med rapportens avgränsningar inte har nåtts av enkäten då listan som användes för urval inte är komplett med alla svenskopererade rederier.

## 6. SLUTSATSER

Studiens övergripande syfte var att undersöka hur barlastvatten kan föra in blåskrabbor och småprickiga penselkrabbor till Sveriges västkust. Resultatet från den kartläggning som genomförts visade att majoriteten av fartygen som besökte Orust-Tjörns fjordsystem kom från platser där krabborna blivit introducerade. Olje-kemikalietankfartyg var den fartygstyp som trafikerade undersökningsområdet oftast, detta är även en fartygstyp som använder stora volymer barlastvatten och förmodligen tömmer ut vattnet i området. Svar från den enkätundersökning som genomförts visar att olje-kemikalietankfartyg och rorofartyg främst använde UV-system för rening av barlastvatten. Enkäten visade även att det fanns en mängd driftproblem specifika för dessa system. Ett fåtal olje-kemikalietankfartyg uppgav även att de använde kemiska reningssystem. 39 av 40 fartyg hade i varierande frekvens driftproblem med sina barlastvattenreningssystem. Mindre olje-kemikalietankfartyg besökte området oftast (enligt kartläggningen) och hade omfattande driftproblem (enligt enkätundersökningen) vilket innebär att de utgör en stor risk för införsel av främmande arter.

Sammanfattningsvis kan sägas att fartyg kommer till Sveriges västkust från platser där blåskrabba och småprickigpenselkrabba finns. Dessutom har driftproblem med barlastvattenreningssystem visat sig vara vanligt förekommande. Ifall fartyg både kommer från områden med krabbor och har driftproblem blir potentialen för införsel stor. Detta tyder på en risk för fortsatt införsel av blåskrabba och småprickig penselkrabba till Orust-Tjörns fjordsystem.

### 6.1 Rekommendationer till fortsatt arbete

Denna studie visade att ett stort antal bogserfartyg trafikerade Orust-Tjörns fjordsystem. Dessa fartyg rörde sig endast lokalt på Sveriges västkust. Därmed är sekundärspridning av blåskrabba och småprickig penselkrabba med dessa fartyg en aspekt som är av intresse för framtida studier. Färdigutvecklade krabbor kan sitta på fartygsskrov vilket innebär att de kan spridas med bogserfartyg även när fartygen inte använder barlastvatten. Vidare innebär detta att färdigutvecklade krabbor även kan tänkas spridas med fritidsbåtar. Därmed skulle en framtida studie kunna studera även skrovpåväxt som spridningsväg, inte endast barlastvatten.

## KÄLLFÖRTECKNING

- Bailey, S. A., Brown, L., Campbell, M. L., Canning-Clode, J., Carlton, J. T., Castro, N., Chainho, P., Chan, F. T., Creed, J. C., Curd, A., Darling, J., Fofonoff, P., Galil, B. S., Hewitt, C. L., Inglis, G. J., Keith, I., Mandrak, N. E., Marchini, A., McKenzie, C. H., ... Zhan, A. (2020). Trends in the detection of aquatic non-indigenous species across global marine, estuarine and freshwater ecosystems: A 50-year perspective. *Diversity and Distributions*, 26(12), 1780–1797. <https://doi.org/10.1111/DDI.13167>
- Barlastvattenkonventionen – den internationella konventionen för kontroll och hantering av fartygs barlastvatten och sediment, öppen för signering 1 juni 2004 (trädde i kraft 8 september 2017). På engelska *International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments*
- Bradie, J., Rolla, M., Bailey, S. A., & MacIsaac, H. J. (2023). Managing risk of non-indigenous species establishment associated with ballast water discharges from ships with bypassed or inoperable ballast water management systems. *Journal of Applied Ecology*, 60(1), 193–204. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14321>
- David, M., & Gollasch, S. (2015). *Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions* (Vol. 8). <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9367-4>
- Denscombe, M. (2017). *Forskningshandboken för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna* (4:2). Open International Publishing.
- Diagne, C., Leroy, B., Vaissière, A. C., Gozlan, R. E., Roiz, D., Jarić, I., Salles, J. M., Bradshaw, C. J. A., & Courchamp, F. (2021). High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, 592(7855). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03405-6>
- Epifanio, C. E. (2013). Invasion biology of the Asian shore crab *Hemigrapsus sanguineus*: A review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 441, 33–49. <https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2013.01.010>
- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2014/1143 av den 22 oktober 2014 om förebyggande och hantering av introduktion och spridning av invasiva främmande arter. *Europeiska Unionens Officiella Tidning*, L 317, 35-55. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1143&from=EN>
- Hoffrén, K. (2006). *Pilot study on annual ballast water discharge and uptake in Sweden*. Helcome Maritime.
- International Chamber of Shipping. (u.å.-a). *Ferries / Ro-Ro ships - ICS*. Hämtad 19 januari 2023, från <https://www.ics-shipping.org/explaining/ships-ops/ferries-ro-ro-ships/>
- International Chamber of Shipping. (u.å.-b). *Tankers - ICS*. Hämtad 19 januari 2023, från <https://www.ics-shipping.org/explaining/ships-ops/tankers/>
- International Maritime Organization (IMO), *International Convention for the Safety of Life At Sea*, 1 November 1974, 1184 UNTS 3.
- ISAP. (u.å.). *Om projektet*. Hämtad 20 november 2022, från <https://isap.gmbl.se/om-projektet/>
- Jang, P. G., Hyun, B., & Shin, K. (2020). Ballast water treatment performance evaluation under real changing conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/JMSE8100817>
- Karlsson, R., Obst, M., & Berggren, M. (2019). Analysis of potential distribution and impacts for two species of alien crabs in Northern Europe. *Biological Invasions*, 21(10), 3109–3119. <https://doi.org/10.1007/S10530-019-02044-3>
- Katsanevakis, S., Wallentinus, I., Zenetos, A., Leppäkoski, E., Çinar, M. E., Oztürk, B., Grabowski, M., Golani, D., & Cardoso, A. C. (2014). Impacts of invasive alien marine

- species on ecosystem services and biodiversity: A pan-European review. *Aquatic Invasions*, 9(4). <https://doi.org/10.3391/ai.2014.9.4.01>
- Kornienko, E. S., Korn, O. M., & Kashenko, S. D. (2008). Comparative morphology of larvae of coastal crabs (Crustacea: Decapoda: Varunidae). *Russian Journal of Marine Biology*, 34(2), 77–93. <https://doi.org/10.1134/S1063074008020016/METRICS>
- Kourantidou, M., Verbrugge, L. N. H., Haubrock, P. J., Cuthbert, R. N., Angulo, E., Ahonen, I., Cleary, M., Falk-Andersson, J., Granhag, L., Gíslason, S., Kaiser, B., Kosenius, A.-K., Lange, H., Lehtiniemi, M., Magnussen, K., Navrud, S., Nummi, P., Oficialdegui, F. J., Ramula, S., ... Courchamp, F. (2022). The economic costs, management and regulation of biological invasions in the Nordic countries. *Journal of Environmental Management*, 324, 116374. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.116374>
- Lakshmi, E., Priya, M., & Achari, V. S. (2021). An overview on the treatment of ballast water in ships. *Ocean and Coastal Management*, 199. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2020.105296>
- Landschoff, J., Lackschewitz, D., Kesy, K., & Reise, K. (2013). Globalization pressure and habitat change: Pacific rocky shore crabs invade armored shorelines in the Atlantic Wadden Sea. *Aquatic Invasions*, 8(1), 77–87. <https://doi.org/10.3391/ai.2013.8.1.09>
- Mazza, G., Tricarico, E., Genovesi, P., & Gherardi, F. (2014). Biological invaders are threats to human health: An overview. I *Ethology Ecology and Evolution* (Vol. 26, Nummer 2–3). <https://doi.org/10.1080/03949370.2013.863225>
- Naturvårdsverket, Havs- och vattenmyndigheten. (2019). *Handlingsplan mot spridningsvägar för invasiva främmande arter*.
- Sardain, A., Sardain, E., & Leung, B. (2019). Global forecasts of shipping traffic and biological invasions to 2050. *Nature Sustainability*, 2(4). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0245-y>
- SFS 2009:1165. *Barlastvattenlag*. Landsbyggs- och infrastrukturdepartementet. [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/barlastvattenlag-20091165\\_sfs-2009-1165](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/barlastvattenlag-20091165_sfs-2009-1165)
- SFS 2017:74. *Balastvattenförordning*. Landsbyggs- och infrastrukturdepartementet. [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/barlastvattenforordning-201774\\_sfs-2017-74](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/barlastvattenforordning-201774_sfs-2017-74)
- Sjöfartens utbildningsinstitut. (u.å.). *Kontaktuppgifter rederier*. Hämtad 01 februari 2023, från <https://www.sjofart.org/studerande/kontaktuppgifter-rederi/>
- SLU. (u.å.-a). *Blåskrabba - Naturvård från SLU Artdatabanken*. Hämtad 09 januari 2023, från <https://artfakta.se/naturvard/taxon/hemigrapsus-sanguineus-245310>
- SLU. (u.å.-b). *Småprickig penselkrabba - Naturvård från SLU Artdatabanken*. Hämtad 09 januari 2023, från <https://artfakta.se/naturvard/taxon/hemigrapsus-takanoi-245311>
- SOU 2008:1. *Barlastvattenutredningen: Barlastvattenkonventionen – om Sveriges anslutning*. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2008/01/sou-20081/#:~:text=Konventionen%20antogs%20vid%20en%20diplomatkonferens,omfattat%20att%20f%C3%B6resl%C3%A5%20IC3%A4mpliga%20f%C3%B6rfattningstexter.>
- Transportstyrelsen. (u.å.). *Fartygstyper - Lastfartyg*. Hämtad 19 januari 2023, från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Fartygstyper/Lastfartyg/>
- TSFS 2022:19. *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om hantering och kontroll av fartygs barlastvatten och sediment*. <https://www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/sokts-foreskrifter/details?RuleNumber=2022:19&ruleprefix=TSFS>
- Tsolaki, E., & Diamadopoulos, E. (2010). Technologies for ballast water treatment: A review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 85(1), 19–32. <https://doi.org/10.1002/JCTB.2276>

Vesselfinder.(u.å.). *About VesselFinder*. Hämtad 28 november 2022, från <https://www.vesselfinder.com/about>

# BILAGA 1 – ENKÄTFRÅGOR

## Survey: Ballast water management

1. What is your position onboard?

2. Ship type?

- Chemical-oiltanker
- RoRo vessel (including vehicle carriers)

3. What is the ship's maximum ballast water volume? (cbm)

4. Which model is your ballast water treatment system? (ex. Alfa Laval pureballast, Wärtsilä Aquarius EC)

5. Which method(s) does your ballast water treatment system use? (ex. UV, filters, chemicals)

6. Have you participated in ballast water operations onboard?

Yes

No

7. How often do you experience operating problems with your ballast water treatment system?

Never (circa 0/10 operations)

Rarely (less than 1/10 operations)

Occasionally (circa 1-5/10 operations)

Often (more than 5/10 operations)

Always (circa 10/10)

8. If you experience problems, what sorts of problems? What do you think are the reasons for the problems?

## BILAGA 2 – RESULTAT KRING DRIFTPROBLEM

Denna tabell visar enkätsvar kring vilken typ av driftproblem besättningar upplever med sina barlastvattenreningssystem och vad de tror att problemen beror på. Mittenkolumnen visar hur många enkätsvar som har nämnt problemen som beskrivs i fetstil i vänstra kolumnen. Efter den fetstilta texten kommer mer detaljerade exempel från enkätsvaren. Den högra kolumnen visar vilka system de upplevda driftproblemen gäller.

Upplevda driftproblem och eventuella orsaker	Antal	Vilka system
<b>Systemet klarar inte av grumligt vatten.</b> Ett svar nämner också problem med att skräp, exempelvis plast, fastnar.	16	UV
<b>Filter sätter igen och behöver rengöras manuellt.</b> Ett svar beskriver att det är svårt att rengöra. Fartygen upplever detta problem speciellt i hamnar med grumligt vatten.	10	UV
<b>UV intensiteten går under gränsvärden för godkänd operation.</b> Detta ger larm och i vissa fall autostopp av systemet. För att klara att hålla sig över gränsvärdet måste barlasten pumpas långsammare. 8 svar nämner att detta sker på grund av grumligt vatten. 2 svar nämner att det sker på grund av trasiga lampor.	10	UV
<b>Backflush sker ofta, det saktar ned operationerna.</b> Backflush funktionen startas på grund av hög tryckskillnad innan och efter filter. Det upplevs att backflushen inte rensar filtret. 2 svar nämner problem med att backflush-motorn stoppar. Ett fartyg nämner konstant backflushing i leriga vatten vilket gör systemet obrukbart.	5	Natriumhypoklorit UV
<b>Problem med fjärrstyrning av ventiler.</b> Exempelvis att de fastnar i öppet eller stängt läge. Svaren tar upp två orsaker. Det ena är problem med lufttryckssystemet som ska öppna ventilerna, systemet upplevs som känsligt och behöver justeras ofta (2 svar). Det andra är problem med mjukvaran där uppkopplingen tappas mellan datorn och systemet så att signalen för att öppna/stänga inte når fram, (2 svar).	10	Natriumhypoklorit UV
<b>UV lampor går sönder.</b> Flertalet svar beskriver att detta sker oftare än vad tillverkarna anger som normal intervall. Lamporna upplevs svåra att byta.	9	UV
<b>Barlastoperationerna går långsammare när reningssystemet används.</b> Orsaker som nämns är att det är svårt att få tillräckligt högt flöde och att systemet stoppar ofta på grund av diverse driftproblem. Det upplevs svårt att hinna med barlastoperationerna i samma takt som lastoperationerna och två respondenter nämner att de känner sig stressade över barlastreningssystemet.	8	UV
<b>Bristande design.</b> Ett exempel är att mycket av kontrollen ligger i maskinrummet medan systemet används från lastkontrollrummet.	5	UV
<b>Bristande installation.</b> Svaren innehåller exempel som att det har saknats packningar, ventildelar och en hel ventil	5	Hydroxylradikal UV

<p>samt att föremål och skräp har lämnats i barlaströren efter installation vilket har satt igen filtren.</p>		
<p><b>För lite utbildning i systemen för besättningen</b> nämns dels som en orsak till driftproblem, dels som ett hinder för att lösa problem.</p>	<b>2</b>	Natriumhypoklorit UV
<p><b>Bristande support och service från tillverkarna.</b></p>	<b>2</b>	UV
<p><b>Systemen har haft en för kort testperiod innan de kommit ut på marknaden. Fungerar inte väl nog för att vara ett krav.</b></p>	<b>2</b>	Natriumhypoklorit UV
<p><b>Diverse problem med mjukvara, främst sensorproblem.</b></p>	<b>6</b>	Hydroxylradikal UV
<p><b>Bristande kvalitet på komponenter i systemet, delar går sönder.</b> Exempelvis att det blir gropar i filter, deformerade komponenter i elektrolysutrustning och att delar rostar sönder. Ett svar menar att reservdelarna är överprisade.</p>		Natriumhypoklorit UV
<p><b>Problem med att reglera trycket i systemet.</b> För lågt tryck/flöde gör att systemet stoppar (3 svar) För högt tryck för pumpen (1 svar) Tryckhöjning i rör (1 svar) Allmänt svårt att reglera trycket (1 svar)</p>	<b>6</b>	UV
<p><b>Administrativa problem kopplade till barlastvattendagboken. Saknas lösning på hur driftproblem noteras i boken.</b></p>	<b>1</b>	UV
<p><b>Systemet obrukbart. Två svar beskriver att de ofta inte kan använda systemet utan får bypassa på grund av betydande driftproblem.</b></p>	<b>2</b>	UV
<p><b>Arbetsmiljöproblem.</b> Det som nämns är en känsla av att systemet inte går att lita på, stress för att hinna med operationen och att steg i operationen glöms bort.</p>	<b>3</b>	UV
<p><b>UV anläggning tar lång tid att starta och stoppa eftersom det behöver värmas upp/svalna.</b> Detta gör det svårt att anpassa barlastoperationen efter hur fort lastoperationen går eftersom man vill undvika att pausa barlasten. Ett svar nämner problem med nedkylning av systemet. 2 svar nämner att systemet överhettas då det blir vakuum eller suger luft, en av dessa respondenter har haft komponenter som smält.</p>	<b>5</b>	UV
<p><b>Övriga problem unika för UV anläggning:</b> UV systemet fungerar inte i kallare vattentemperaturer. Strömförsörjningsproblem. Problem med strömförsörjning för lampor.</p>	<b>3</b>	UV
<p><b>Problem med ejektorproceduren.</b></p>	<b>2</b>	UV
<p><b>Problem med boosterpump vilket gör att hela anläggningen autostoppar.</b></p>	<b>1</b>	UV



**INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER**

**CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA**

Göteborg, Sverige 2022

[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**