

## Utsläpp från reningsverk kopplade till spolplattor- reningsteknik och ekotoxikologiska överväganden



Foto: Göran Petrusson

### RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress  
Box 857  
501 15 BORÅS

Besöksadress  
Brinellgatan 4  
504 62 Borås

Telefon / Telefax  
010-516 50 00  
033-13 55 02

Konfidentialitetsnivå  
K2 - Intern

E-post / Internet  
info@ri.se  
www.ri.se

Org.nummer  
556464-6874

**Förkortningar och akronymer:**

**PEC:** "Predicted Environmental Concentration" = beräknade miljökoncentrationer

**PNEC:** "Predicted No Effect Concentration" = beräknad koncentration utan effekt (på biota i miljön)

**BST:** "Regional Marina Baltic Sea Transition" = Standard Marina i Kattegatt (för regelverk eller riskbedömnings användning)

**BS:** "Regional Marina Baltic Sea" = Standard Marina i Östersjön (för regelverk eller riskbedömnings användning)

**MAMPEC:** "Marine antifoulant model to predict environmental concentrations" = en programvara för beräkning av miljökoncentration av biocider från båtottenfärger.

**BPR:** "Biocide Product Regulation": EU regelverk angående produkter som innehåller biocider, som t.ex. antifouling färger som ligger i produkttyp 21 inom BPR.

**Sammanfattning**

Havs och Vattenmyndighetens nuvarande riktlinjer för båtbotentvätt av fridsbåtar syftar till att ge ett stöd för tillsynsmyndigheternas arbete vid småbåtshamnar. Riktlinjerna pekar bland annat på rekommenderade max-koncentrationer av enskilda biocider i utgående vatten från reningsverk kopplade till hamnarnas spolplattor. Faktiska utsläppsdata för dessa biocider från ett stort antal hamnar har tillsammans med gränsvärdena i riktlinjerna använts för riskbedömning i den närliggande marina miljön. Riskbedömningen har utförts med hjälp av den internationellt accepterade modellen MAMPEC. Modellen beskriver vattenomsättningar, utspädningar samt definierar även storlek och antal båtar i typiska östkust- och västkust-mariner. Resultaten visar att de faktiska utsläppskoncentrationerna från reningsverken ligger i linje med nuvarande rekommendationer. Detta har till följd att riskvärderingen med MAMPEC resulterar i att koncentrationerna i marinan, efter utspädning, är ca tusen till tiotusen gånger lägre än de toxikologiskt relevanta gränserna vilket i sin tur pekar på att biocidbidraget från reningsverket har försumbar ekotoxikologisk effekt. Ingen skärpning av riktlinjerna avseende koncentrationen av biociderna från reningsverken bör göras.

En jämförelse av utsläppen koppar från ett typiskt reningsverk har jämförts med utsläppen av koppar från båtar målade med en godkänd biocidfärg. Jämförelsen har gjorts på en typisk västkust och en typisk ostkusthamn och visar att bidraget från reningsverket motsvarar 0,5‰ på ostkusten och 0,8‰ på västkusten.

Studien har även gjort en teknisk genomgång av hur de på marknaden befintliga reningsverken fungerar med försök att dela upp effekten av de olika reningsstegen. Sammanfattningsvis kan sägas att samtliga konstruktioner har trimmats in över tid för att precis klara HaVs riktlinjer. Detaljerade data saknas delvis.

Bedömning av ekotoxikologiska effekter i vattenmassan till följd av partikelutsläpp (sk mikroplaster) har ej kunnat utföras pga avsaknad av faktiska data från utsläppsvatten samt avsaknad av toxikologiska gränsvärden att bedöma mot.

## Bakgrund och frågeställningar

Rapporten avser att samla in befintlig information kring funktion och prestanda för reningsverk kopplade till spolplattor för fritidsbåtar samt utifrån denna kunskap göra ekotoxikologiska överväganden för akvatiskt liv i hamnbassänger. Underlaget skall användas som en del i en möjlig uppdatering av de riktvärden för utsläpp av farliga ämnen från spolplattor som anges i Havs och Vattenmyndighetens riktlinjer.

Rapportens struktur baseras på att angripa frågorna:

- Hur fungerar reningsverk för tvättvatten från båtbotentvätt och finns det potential att ändra driftparametrar så att reningsgraden kan förbättras?
- Hur förhåller sig koncentrationerna av biocider i utsläppsvatten från dessa reningsverk till miljökvalitetsnormerna och ekotoxikologiska gränser?

## Installerade reningsverk i Sverige

Installerade reningsverk för rening av vatten från spolplattor kommer från några få leverantörer. Fyra stycken har kontaktats under detta uppdrag för att få en fördjupad förståelse av hur reningsverken fungerar samt ökad förståelse av möjligheter och begränsningar. Besök har gjorts på installationer av de två dominerande reningsverkstyperna.

Den minsta leverantören medger kunskapsbrist i var gränserna går för drift av reningsverken och kan därmed inte bidra till ökad förståelse av tekniken. Denna leverantör levererar framförallt slamavskiljare för rening av enskilda avlopp och har endast rening av spolplattevatten som marginell marknad. Den näst minsta leverantören har tyvärr inte tid att delge information om hur reningstekniken presterar. Den största leverantören på västkusten vill inte avslöja driftparametrar och dimensionering då de anser att detta är deras företagshemlighet och offentlighet skulle öppna upp för kopiering och konkurrens. Den största leverantören på östkusten delar med sig i form av en intervju, några datapunkter samt en rapport som Mälardalens Högskola skrivit om deras system inkl. reningsdata. Mycket gott tillmötesgående.

## Beskrivning av grundprinciper för reningsverken

Baserat på de tidiga experiment som utfördes och rapporterades 2006<sup>1</sup> har branschen sedan dess konstruerat reningsverk med snarlika principer. Partikelavskiljning i flera steg följt av aktiv filtrering.

Partiklar avskiljs med start från gallret i spolplattan följt av sedimentation i pumpgrop och sedimentation i 2- eller 3-kammarbunn vilket beskrivs som ”Steg 1” rening. Denna princip är gemensam för alla leverantörer. Storlekarna på partiklarna minskar nedströms i denna kedja där centimeterstora flagor avskiljs i gallret på spolplattan och vattnet ut ur systemet sannolikt är avskilt på partiklar större än 10-100 µm. Den nedre storleksgränsen är inte väl definierad och data saknas på storleksfördelningen ut ur reningsverk i drift. Denna gräns skiljer sig sannolikt även mellan leverantörer och driftförhållanden.

Dimensioner på kammare, flöden etc är kunskap som leverantörerna iterativt har funnit fungera bra baserat på befintliga krav. Intrycket av branschen är att det iterativa sätt, mot ett befintligt krav, som utvecklingen skett på ger ett lågt systematiskt/vetenskapligt kunnande som kan användas för att förutsäga nya driftförhållanden. Ändrade krav (tex riktvärden från HaV) skulle således inte givet ge en viss ny beräknad/predikerad konstruktion av anläggning, snarare en god

---

<sup>1</sup> Miljöanpassat Båtuftag-Reningsanläggning för alla hamnstorlekar 2006

approximation som får verifieras med verkliga fältförsök och på det sättet återigen itereras tills acceptabla värden uppnås.

### Sedimentationskammare

De två största tillverkarna har en tydlig skillnad i sedimentationsavskiljningen i 3-kammarbrunnen. Leverantör 1 doserar en fällningskemikalie medans Leverantör 2 ej gör detta. Fällningskemikalien som i olika varianter är vanlig i vattenreningsbranschen (polyaluminiumklorid hydroxid, CAS 1327-41-9) fungerar som flockningsmedel genom ett flertal mekanismer vilka sammanfattas i neutralisering av små partiklar samt bildande av hydroxider vilket gör att de aggregerar till större enheter. Dessa större enheter har högre sedimentationshastighet och därmed lättare att avskiljas. Genom att aggregera små partiklar till större enheter ges större marginal i konstruktionen av fler-kammarbrunnarna och flödet (omsättningstiden) i dessa. Denna marginal kan då användas för att tillverka mindre utrustningar eller skapa större robusthet i en större anläggning. Dimensionerna i branschen är dock snarlika och det är sannolikt att användande av fällningskemikalie ökar avskiljningen i detta steg (vilket dock kan kompenseras för i nästa seg, ”Steg 2” om det finns ett). Observationer om en ökad reningsgrad vid flockulering visades i rapport från 2006<sup>1</sup>. Baksidan med fällningskemikalien är att reningsverket ökar i komplexitet med installation av synkroniserad tillsatspump, dunk med fällningskemikalie samt statisk mixer. Dessa delar behöver fungera för att reningsverket skall fungera optimalt. Dessutom är funktionen hos fällningskemikalien pH beroende, då aluminiumets kemiska form kraftigt varierar från surt till basiskt. Användningen av tex oxalsyra (för att ta bort gul rand i vattenlinjen på fritidsbåten), saltsyra (säljs som snäckborttagare) eller basiska rengöringsmedel som används vid rengöringen av båten och då blandas med övrigt tvättvatten på spolplattan kan slå ut funktionen hos fällningskemikalien. Inga sådana medel får därmed användas på spolplattan vilket behöver efterlevas av båtägarna.

### Sedimentationshastighet för partiklar

En uppskattning av sedimentationshastighet för sandpartiklar (som har lite högre densitet än bottenfärg med sina ca  $2 \text{ g/cm}^3$  (RISE Rapport 2021:09<sup>2</sup>) enligt Stokes lag ger att 100  $\mu\text{m}$  partiklar sedimenterar med ca 1 cm/s och 10  $\mu\text{m}$  partiklar sedimenterar med ca 0,01 cm/s och 1  $\mu\text{m}$  partiklar med ytterligare långsammare med en faktor hundra. Sedimentation en meter, som en 3-kammarbrunn ungefärligen är i befintliga reningsverk, tar således ca några minuter för 100  $\mu\text{m}$  partiklar, några timmar för 10  $\mu\text{m}$  partiklar och några dagar för 1  $\mu\text{m}$  partiklar. Detta gäller icke flockulerade partiklar. Information om partikelstorleksfördelningen saknas för tvättvatten från båtbotentvättar men baserat på sedimentationshastigheterna ovan kan det antas att vatten från pumpgrop innehåller partiklar mindre än 100  $\mu\text{m}$  då det tar ca 15 minuter att tvätta en båt. Större partiklar och flagor finner man därmed i pumpgropens botten samt i spolrännan. Genomströmningen i en 3-kammarbrunn vilket direkt påverkar vilka storlekar som avskiljs effektivt är en viktig parameter vid design av en reningsanläggning. Genomströmningen kan uppskattas antagande att en båt producerar 100 liter vatten vid tvätt och att det intensiva dagar tvättas 15 båtar på en spolplatta. Volymen tvättvatten,  $1,5 \text{ m}^3$  behöver då omsättas så att små partiklar hinner sedimentera och utan att de virvlas upp av turbulent flöde.

---

<sup>2</sup> RISE Rapport 2021:09 -Bestämning av biocidspridning vid sanering av bottenfärg från fritidsbåtar

## Filtreringssteg- Steg 2

Om ett ”Steg 2” reningssteg monteras efter sedimentationskammaren så tillkommer ytterligare reningskapacitet. Detta kan vara till exempel filtrering av partiklar.

### *Leverantör 1*

Leverantör 1 filtrerar partiklar som ett ingångssteg, vanligen ett påsfilter eller djupfilter med storleksavskiljning, vanligen 10 µm. Därefter monteras kolfilter och jonbytarfilter. Partikelavskiljningen skyddar nedströms, dyrare, filter mot igensättning. Kolfiltret nedströms är hydrofobt och kommer att avskilja ämnen som har låg vattenlöslighet. Ett sådant ämne är alltså löst, ej i buret av en partikel, och fördelar sig mellan vattenfasen och den fasta kolfasen. Vid jämvikt kommer andelen löst ämne i utgående vatten att vara mindre än i ingående vatten. En fördelningskonstant beskriver kvoten av hur mycket av ämnet som sitter i kolfiltret och hur mycket som fortsatt finns löst i vattenfasen. Drifterfarenheter från branschen påtalar att flödes hastigheten skall vara låg genom detta filter för att låta jämvikt ställa in sig och att inte skapa kanaler förbi kornen med aktivt kol. Efterföljande filter av typen jonbytare fungerar för laddade ämnen. Bäraren är polymerkorn som ytmodifierats med en funktionell jonbytare. I båtbottnafallet är avsikten att fånga koppar och zink varvid ytmodifieringen gjorts så att dessa positiva joner vill binda till ytan. Vanlig ytmodifiering för att fånga positiva joner är sulfonsyror (negativt laddade vid givet pH) men även andra funktionaliteter finns. Ett jonbytarfilter har en specificerad kapacitet, dvs antal mol grupper per gram polymer. Ett sådant filter har således en given kapacitet viken är slut när alla ytfunktionaliteter är bundna till metaller.

### *Leverantör 2*

Leverantör 2 använder ett torvblock som har flera avskiljningsmekanismer vilka är de samma som de som Leverantör 1 använder sig av. Dels har det en storleksretention, dels har torv en ytladdning från negativa karboxylsyror vilka agerar jonbytare och dels har det en hydrofob egenskap. Som komplement till torvblocket kopplas ett kolfilter för att öka reningsgraden enligt principer beskriva ovan.

## **Drift**

Vi noterar att inga reningsverk är styrda. Dvs det finns ingen kontinuerlig mätning av utgående vatten utan prestanda bygger på att allt fungerar som tänkt. Det finns ingen billig kemisk mätmetodik som skulle kunna styra reningen utan vanligen tas endast ett kemiskt analysprov under driftsäsong vilket i efterhand ger svar på hur väl reningsverket fungerat. Insamlade data från reningsverk på västkusten<sup>3</sup> visar att de flesta reningsverk fungerar väl men några (5-10%) kraftigt avviker. Dessa kraftiga avvikare beror sannolikt på handhavandefel, haveri eller liknade som inte upptäcks förrän efter säsongen. Noteras kan att ett vattenanalysprov inte säger något om hur mycket kapacitet som återstår i filterbäddar mm vilket ger att bytesfrekvens/rengöring etc får väljas baserat på erfarenhet från tillverkarna och inte på analysresultatet.

Medel och medianvärden från reningsverk på västkusten ses i Tabell 2 och visar att medel och medianreningsverket ligger strax under HaV riktlinjer, dvs klarar befintliga krav.

## **Data från rening i de olika stegen**

Generellt saknas större genomgångar och studier av funktionen hos reningsverken. Studier av hur reningsverk för spolplattor fungerar över tid, eller vid olika last, tex 10 mätpunkter på två

---

<sup>3</sup> Spolplattor för båtbottnavätt-en nulägesanalys och helhetsmodell för utsläpp av miljöfarliga ämnen. Jonas Henriksson, Göteborgs universitet.

veckor eller variationer under en dag, saknas helt. Slutsatser baseras ofta på enstaka årliga mätningar. ITM Rapport 215<sup>4</sup> är den mest kompletta undersökningen som tar ett helhetsgrepp på läckage under användning, tvätt och olika delar i reningen. Här tas en budget fram för koppar, Zink, TBT och Irgarol. Dock finns det utrymme för förbättringar (bland annat på grund utav tekniska problem, avsaknad av analys av ingående vatten etc) i studien varför endast genomsnittliga bedömningar gjordes. I Tabell 1 nedan sammanfattas data från ITM 215 och en utvärdering som Leverantör 2 med torvfilteranläggning utfört.

Om man jämför data från de olika stegen med MAMPEC modelleringar (Tabell 2) som genomförts inom ramen av uppdraget (se utförligt avsnitt nedan) så indikerar detta att redan Steg 1 rening räcker för att koppar, zink, TBT, Irgarol/Cybutryn och Diuron koncentrationerna i hamnbassängen skall bli lägre än kravvärdet PNEC (Predicted No Effect Concentration). Man kan från detta resonemang peka på att det är kostnadseffektivare att möjliggöra att många båtar har tillgång till Steg 1 rening än att få har tillgång till både Steg 1 och Steg 2 rening.

**Tabell 1.** Data från reningsverk.. Halter i utgående vatten från delsteg i reningsprocessen.

Källa	Cu (total)	Zn (total)	TBT	Irgarol/ Cybutryn
ITM 215 <sup>4</sup>	Steg 1 2,4 mg/l Steg 2 0,55 mg/l	Steg 1 2,3 g/båt Steg 2 0,7 g/båt	Steg 1 890 ng/l Steg 2 350 ng/l	Steg 1 1500 ng/l Steg 2 1300 ng/l
Leverantör 2, ett stickprov <sup>5</sup> .	Steg 1 5,5 mg/l Torv 0,25 mg/l Kol 0,004 mg/l	Steg 1 8,3 mg/l Torv 1,8 mg/l Kol 0,2 mg/l	Steg 1 690 ng/l Torv 210 ng/l Kol <20 ng/l	Steg 11,1 µg/l Torv 1,4 µg/l Kol <0,05 µg/l

### Koncentration av biocider i utsläppsvatten (ut-vatten)

Data från ett stort antal (58 st.) reningsverk på västkusten<sup>3</sup> ses i Tabell 2 och visar att medel och medianreningsverket presterar väl, strax under HaV riktlinjer. Detta sannolikt då reningsverken är intrimmade för att möta just dessa riktvärden, givet den belastning som tvätt av det nuvarande båtbeståndet orsakar.

**Tabell 2.** Sammanställning av utsläppsdata från 58 reningsverk på västkusten. Domineras av reningsverk från Leverantör 1. Data från Referens 3. \* Stickprov, en hamn på västkusten 2022.

	Koppar (mg/l)	Koppar (filtrerat) (mg/l)	Zink (mg/l)	Zink (filtrerat) (mg/l)	TBT (ng/l)	Irgarol/ Cybutryn (µg/l)	Diuron (µg/l)
Medel	0,6	0,3	1,9	1,6	78	0,5	0,16*
Median	0,2	0,1	0,5	0,2	20,0	0,2	
Standardavvikelse	1,0	0,8	5,2	5,0	145	0,6	
RSD (%)	178	219	277	305	186	122	
Övre 5% percentil	2,4	1,6	6,5	6,1	292	1,7	
Riktlinjer HaV	0,8	0,4	2	1	200	0,8	

### Koncentrationer av biocider i hamnbassängen -MAMPEC modelleringar

<sup>4</sup> ITM Rapport 215 – Spridning av biocider från båtar- undersökning av olika källor och dess bidrag.

<sup>5</sup> Utvärdering av Axon Milöteknik AB:s torvfilteranläggning för rening av spolvatten vid båttvättanläggningar. Veronica Ribé et al. Mälardalens Högskola. 2015.

Modellering med MAMPEC görs för att koppla koncentrationerna i utsläppsvatten till ekotoxikologi, dvs påverkan på biota i en hambassäng.

## Metoder

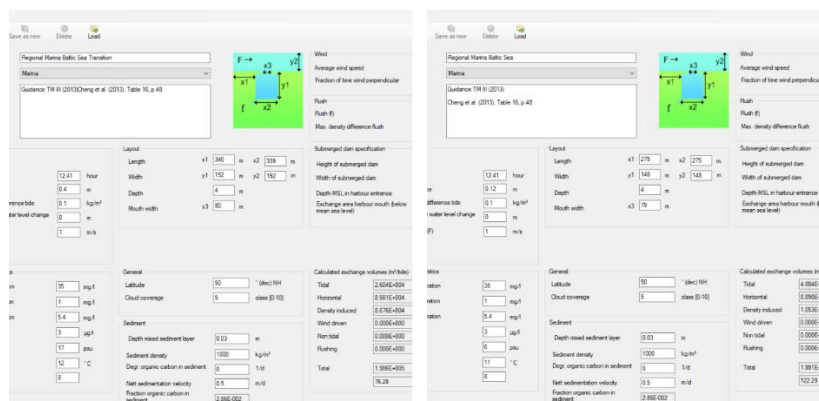
För att kunna studera hur mycket ett reningsverk bidrar till koncentrationen av biocider har vi i denna studie använt oss av samma programvara som man brukar använda för beräkningar vid registrering av båtbottnfärg både nationellt och internationellt (t.ex. EU regelverk BPR). Modellpaketet heter MAMPEC. Det finns förenklade versioner i Excel av denna beräkningsmodell men i denna studie vi har använt MAMPEC v.3.1.0.5.

I MAMPEC behöver man välja 3 olika moduler innan man kan börja modellera koncentrationer:

1) **Miljö scenario:** *Alla mått och fysiska kemiska information om område där frisläpp kommer att äga rum. Den koncentration som programmet kommer att beräkna gäller bara in i denna definierade "Miljö Scenarion"*

I MAMPEC behöver man välja/definiera ett Miljöscenario där man vill att programmet ska räkna koncentrationer av den studerade substans. I denna scenario ska alla mått, dimensioner, vattenström, tidvatten, kemiska och fysiska egenskaper vara definierad. MAMPEC programmet använder dessa input för att beräkna vart substansen man studerar kommer att ta vägen och i vilka koncentration kommer att återfinnas i denna miljö. Det finns många Miljön redan definierade att välja bland i programmet, vissa mer experimentella vissa standardiserade. Några är till och med godkända av myndigheter och beslutfattare på både nationellt och internationellt nivå, för att sen kunna använda PEC (beräknade miljö koncentration) i olika riskbedömningar, som kan vara till grund för produktgodkännande. Det finns flera standardiserade scenario för EU som kallas OECD marina och hamn. Unders senaste år olika mer regionala miljön har godkänts. Bland dessa nya regionala miljön finns det t.ex. specifika marinor för fritidsbåtar i Atlanten, Medelhavet, Svensk Västkusten (Baltic Transition) och Svensk Östkusten och Finland (Baltic).

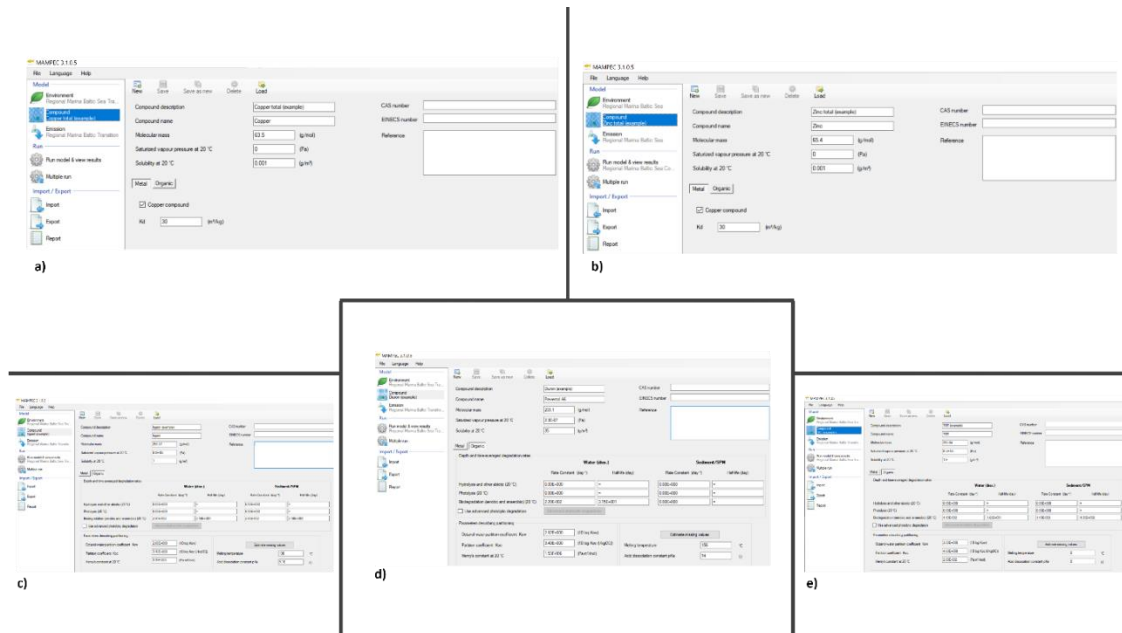
Två av dessa: den för **Baltic Transition** (figur 1-vänster) och den för **Baltic** (Figur 1-höger) har använts i denna studie.



**Figur 1.** Till vänster, en bild av Standard Regional Marina Baltic Sea Transition som det ser ut i MAMPEC; Till höger, en bild av Standard Regional Marina Baltic Sea som det ser ut i MAMPEC

2) **Substans:** *Kemiska egenskaper av substansen som ska studeras. Programmet kan beräkna vart i Miljön kommer substansen att hamna med hjälp av miljön definition och substans definition.*

I MAMPEC väljer man vilken substans man vill modellera. Exakt som för de olika Miljön (t.ex. regionala marinor) så finns det några substanser vars kemiska egenskaper har man bestämt exakt mått som ska använda här för riskbedömning. Användare av MAMPEC kan välja dessa redan definierade substans egenskaper. I denna studie t.ex. har vi studerat koncentrationer för fem olika biocider. Fyra av dessa hade redan en standard i MAMPEC, medans för zink (som inte finns redan i MAMPEC, kanske för att det inte anses vara en biocid enligt BPR regelverket) har vi skapat en ny ”Substans” modul med utgångspunkt från Koppar Substans modulen. Se Figur 2 för alla 5 substanser (zink och koppar ofilterrad har vi inte använt).



**Figur 2** En bild av biocid modulen i MAMPEC för a) Koppar b) Zink c) Irgarol/Cybutryn) d) Diuron e) Tributyltenn (TBT)

3) **Frisläpp scenario:** Denna tredje modulen beskriver frisläppkällan. I detta fall källan är en färg, som släpper passivt substanser (biocider) från syn yta. Så i denna modulen ska man definiera den totala utsläppsytan plus lite andra frisläppkällor som man kan beräkna vara där som till exempel, ny målning, skrapning etc.

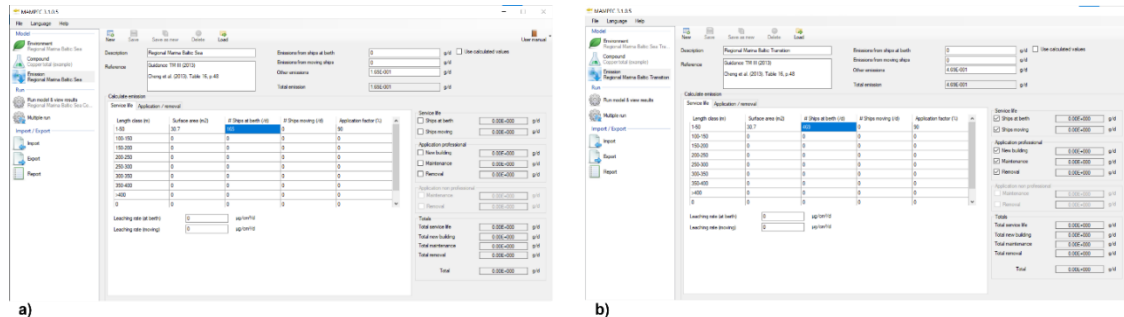
Kopplat med val i modulen av ”Miljön Scenario” brukar man välja respektive redan definierad ”Frisläpp scenario” här. Det finns redan definierad total antal båtar i marina/hamn, delade i olika storleks intervall. Det finns definierad applikationsfaktor (DVS antal båtar som är målade med den studerad färg över total, ofta används 90%) osv.

I denna modulen tillsammans med ytan måste man ge programmet den viktigaste input, DVS frisläppshastighet för den studerade produkten (färgen). Denna hastighet är specifik och finns inte pre-definierad i modeller. Man kan återfå denna hastighet via beräkningar från kända produkter enligt *ISO 10890:2010*<sup>6</sup> eller med en laboratoriet metod ”*ISO 15181*”<sup>7</sup> där biocider extraeras ut från målade ytor i labbet och läckage i vatten studeras med lämpliga kemiska analys metoder. Med alla dessa in-data kan programmet till slut beräkna den totala frisläppta mängd av

<sup>6</sup> ISO 10890:2010 ”Modelling of Biocide release rate from Antifouling paint by mass balance calculation”

<sup>7</sup> ISO 15181 Determination of release rate of biocides from antifouling paints

substansen. Denna tillsammans med alla andra moduler används för att räkna PEC (Beräknad Miljökoncentration) som man använder i riskbedömningar genom att jämföra det med PNEC (beräknade koncentration utan effekt på biota i denna miljön).



**Figur 3** Frisläpp Scenario i MAMPEC för koppar i en marina vid a) Östkusten och b) Västkusten

### Beräkning av in-data för MAMPEC:

Som precis beskrivit ovan, i programmet MAMPEC, modulen Frisläpp (i.e. "Emission") behöver man definiera "total-mängd av substans frisläppt under en dag". I fall man vill studera koncentrationer biocider i miljön som kommer från användning av marina färger, som sagt brukar man använda sig utav en metod som kallas "mass balance"<sup>7</sup> eller en laboratoriemetod som kallas "rotating drums"<sup>8</sup> för att först beräkna frisläppshastighet och låta MAMPEC beräkna total utsläppta mängd per dag. I denna studie om reningsverk kunde vi inte göra så. Istället har vi använt en beräknad "total utsläpp".

Den totala utsläppt substans per dag i de olika virtuella marinor (för västkusten och för ostkusten) har räknats enkelt fram via koncentration i ut-vatten från reningsverket och liter ut-vatten per dag.

I en första studie har vi använt data från HaVs riktlinjer (Tabell 3 och 4 högra kolumnen) för att få fram koncentrationer i hamnbassängen (PEC) som jämförs med koncentrationer som inte ger någon effekt på miljön (PNEC) i det fall ett reningsverk släpper ut biocider exakt som riktlinjerna.

I en annat studie med hjälp av de koncentrationer ( $\mu\text{g/L}$ ) av farliga ämnen som finns publicerade för utsläppsvatten från 58 reningsverk (Tabell 3 och 4 vänstra kolumnen) kunde vi räkna fram total utsläppt mängd biocid per dag i gram enligt följande princip och ekvation:

**Tabell 3.** Koncentration av metalliska substanser (biocider) i ut-vatten. Första kolumnen innehåller medelvärde i milligram från analys gjorda vid 58 olika reningsverk<sup>3</sup>. I andra kolumnen finns riktvärden i milligram för samma biocider enligt HaVs nuvarande riktlinjer.

Metalliska Biocider	Medelvärde av riktiga data (mg/L)	HaV Nuvarande riktlinjer (mg/L)
Cu	0.6	0.8
Cu (filtrerad)	0.3	0.4
Zn	1.9	2.0
Zn (filtrerad)	1.6	1.0

**Tabell 4.** Koncentration av organiska substanser (biocider) i ut-vatten. Första kolumnen innehåller medelvärde i mikrogram från analys gjorda vid 58 olika reningsverk<sup>3</sup>. I andra kolumnen finns riktvärden i mikrogram för samma biocider enligt HaVs nuvarande riktlinjer.

Organiska Biocider	Medelvärde av riktiga data (µg/L)	HaV Nuvarande riktlinjer (µg/L)
TBT	0.1	0.2
Cybutryn (Irgarol 1051)	0.5	0.8
Diuron	0.2	n.a.

Av erfarenhet från olika hamnar, spolas båtar under september-oktober varje år (dvs under ca. 60 dagar). För varje båt använder man ca. 100L vatten. För den standardiserade marina som speglar västkusten definierar Frisläpp scenario att däri ska finnas i snitt 469 båtar. För ostkusten scenario enligt MAMPEC är det istället total båtar 165 i frisläpp scenario.

Då är det 496 båtar som spolas under 60 dagar (September-Oktober) = 7,8 båtar/dag → Varje båt spolas med hjälp av 100 l vatten → ”Total emission per day” = koncentration i utvatten (g/l) \* 781 (l/dag) = Biocid g/dag

Den utsläppta mängden biocider till västkust marinan är då lika med:

$$\text{Eq.1: Biocidkoncentration i ut-vatten (g/L)} * (469\text{båtar}/60\text{dagar}) * 100 \text{ l/båt} = \text{mängd biocid per dag (g/dag)}$$

Med data i tabell 3 och 4 och i ekvationen(1) kan vi beräkna mängd frisläpp biocid per dag och då låta MAMPEC räkna miljö koncentrationer av de olika biociderna i miljö för väst.

Tabell 3. Data total emission per dag beräknade för Regional Marina Baltic Transition (Västkust)

<b>Biocid</b>	<b>total emission per dag (data) (mg)</b>	<b>total emission per dag (HaV Rikt.) (mg)</b>
Cu	469	625
Cu Filtrerad	234	312
Zn	1484	1562
Zn Filtrerad	1250	781
<b>Biocid</b>	<b>total emission per dag (data) (µg)</b>	<b>total emission per dag (HaV Rikt.) (µg)</b>
TBT	61	156
Cybutryne (Irgarol 1051)	391	625
Diuron	125	NA

För östkusten blir beräkningen enligt nedan:

165 båtar spolas under 60 dagar (September-Oktober) = 2,75 båtar/dag → Varje båt spolas med hjälp av 100l vatten. → ”Total emission per day” = xx (g/l) \* 275 (l/dag) = xx g/dag

Den utsläppta mängden biocider till östkustmarina är då lika med:

Eq.2: *Biocidkoncentration i ut-vatten (g/L) \* (165båtar/60dagar) \* 100 l/båt = mängd biocid per dag (g/dag)*

Tabell 4. Data total emission per dag beräknade för Regional Marina Baltic.

<b>Biocid</b>	<b>total emission per dag (data) (mg)</b>	<b>total emission per dag (HaV Rikt.) (mg)</b>
Cu	165	220
Cu Filtrerad	83	110
Zn	523	550
Zn Filtrerad	440	275
<b>Biocid</b>	<b>total emission per dag (data) (µg)</b>	<b>total emission per dag (HaV Rikt.) (µg)</b>
TBT	21	55
Cybutryne (Irgarol 1051)	138	220
Diuron	44	NA

**Tabell 5** MAMPEC beräknad PEC i väst och östkustens marinor om utvattenskoncentration är enligt data eller enligt HaV riktvärden jämfört med PNEC (beräknad koncentration som inte skada biota i miljö). Data är i microgram per liter i havsvatten i marina.

<b>Biocid</b>	PEC Väst (data) (ng/L)	PEC Väst (HaV) (ng/L)	<b>PNEC Väst (tox) (ng/L)</b>	PEC Östkusten (data) (ng/L)	PEC Östkusten (HaV) (ng/L)	<b>PNEC Östkusten (tox) (ng/L)</b>
Cu	1.7	2.3	<b>2600</b>	0.5	0.7	<b>870</b>
Zn	5.4	5.6	<b>3400</b>	1.6	1.7	<b>1100</b>

**Tabell 6** MAMPEC beräknad PEC för organiska biocider i väst och östkustens marinor om utvattenskoncentration är enligt data eller enligt HaV riktvärden jämfört med PNEC (beräknad koncentration som inte skada biota i miljö). Data är i picogram per liter i havsvatten i marina.

<b>Biocid</b>	PEC Väst (data) (pg/L)	PEC Väst (HaV) (pg/L)	<b>PNEC Väst (tox) (pg/L)</b>	PEC Östkusten (data) (pg/L)	PEC Östkusten (HaV) (pg/L)	<b>PNEC Östkusten (tox) (pg/L)</b>
TBT	0.23	0.58	<b>200</b>	0.07	0.17	<b>200</b>
Cybutryne (Irgarol 1051)	1.46	2.34	<b>2500</b>	0.43	0.68	<b>2500</b>
Diuron(*)	0.47	NA	<b>2000</b>	0.14	NA	<b>2000</b>

\* Data från ett reningsverk på västkusten 2022.

Som man kan se från Tabell 5 och 6, är PEC (beräknade miljökoncentration) av biocid i västkust och östkust marinor 1000tals gånger lägre än PNEC (beräknade koncentration som inte skadar biota i miljön).

Riskbedömning görs genom att beräkna PEC och PNEC och kontrollera att PEC är inte större än PNEC.

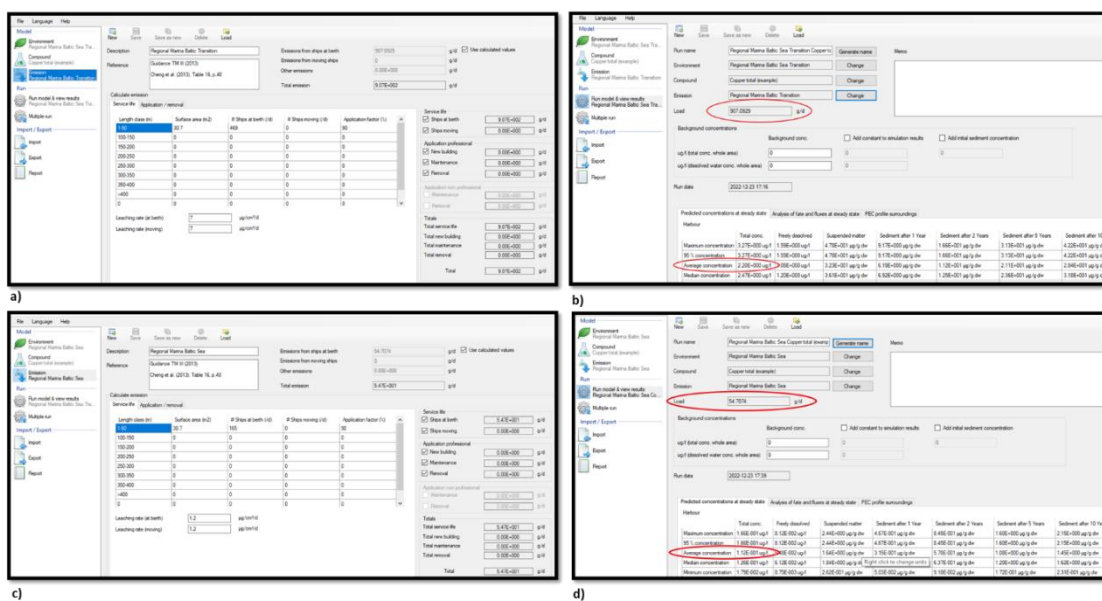
För att risken ska vara acceptabelt ska PEC/PNEC vara <1. I alla dessa fall har vi en riskbedömning som ligger mellan 0,001 - 0,000x

*Detta betyder att utsläpp av biocider från reningsverk, båda om man kollar på max tillåtet mängd eller riktiga data från vattenanalys av utsläppsvatten, ligger mellan 1000 till 10'000 gånger lägre än vad anses vara en gräns där det känsligaste organismen i miljön (i detta fall vatten) börja ta skada för det.*

## Reningsverk VS Passiv läckage från båtar

För att jämföra bidrag av passiv biocid läckage från båtarna i en marina med bidraget från reningsverk i samma marina har vi räknat, med hjälp av samma MAMPEC program, total utsläpp biocid per dag för båtarna i en västkusten marina ”Regional Marina Baltic Transition” respektive i en östkusten marina ”Regional Marina Baltic” och jämfört med data i tabell 5 och 6.

I Figur 4 (a-b) kan man se MAMPEC frisläpps modulen och resultat sidan för västkusten. I figur 4 (c-d) kan man se samma sak för östkustens marina.



**Figur 4** a) Standard ”Regional Marina Baltic Transition” (i.e. marina i Kattegatt/Skagerak) med 469 båtar. Alla målade med kopparinnehållande båtbottnfärg. Läckage hastighet är  $7\mu\text{g}(\text{Cu})/\text{cm}^2/\text{dag}$ , dvs en typisk godkänd färg för detta område. b) MAMPEC beräknade total emission  $907\text{g}(\text{Cu})/\text{dag}$  och PEC  $2,2\mu\text{g}(\text{Cu})/\text{L}$  för ”Regional Marina Baltic Transition” c) Standard ”Regional Marina Baltic” (i.e. marina i Östersjön) med 165 båtar. Alla målade med kopparinnehållande båtbottnfärg. Läckage hastighet är  $1,2\mu\text{g}(\text{Cu})/\text{cm}^2/\text{dag}$ , dvs en typisk godkänd färg för detta område. d) MAMPEC beräknade total emission  $54\text{g}(\text{Cu})/\text{dag}$  och PEC  $0,1\mu\text{g}(\text{Cu})/\text{L}$  för ”Regional Marina Baltic”.

Enligt dessa beräkningar är **bidrag från båtarna** (målade med helt godkända färger med därmed godkända riskbedömningar) för ”total utsläppt koppar per dag”  $907\text{g}(\text{Cu})$  per dag och ”koppar koncentration i vatten”  $2,2\mu\text{g}(\text{Cu})/\text{L}$  för en typisk marina i västkusten med en färg som släpper  $7\mu\text{g}(\text{Cu})$  per kvadrat centimeter per dag, och respektive  $54\text{g}(\text{Cu})$  per dag och  $0,1\mu\text{g}/\text{L}$  för en typisk marina i östkusten med båtarna målade med en färg som släpper  $1,2\mu\text{g}(\text{Cu})$  per kvadrat centimeter per dag. Data från Tabell 5 visar att bidraget från reningsverk i både västkusten och östkusten räknas i nanogram per liter, med respektive  $1,7\text{ng}(\text{Cu})/\text{L}$  i västkusten och  $0,5\text{ng}(\text{Cu})/\text{L}$  i östkusten.

Detta betyder att reningsverkens extra bidrag i västkust marinerna är lika med  $1,7\text{ng}/2,2\mu\text{g}$  dvs  $0,0017/2,2 \rightarrow \text{ca. } 0,08\%$  eller  $0,8\%$  av bidrag från båtarna med godkänd färg på skroven. I östkusten är bidrag från reningsverkens lika med  $0,5\text{ng}/0,1\mu\text{g}$  dvs  $0,0005/0,1 \rightarrow \text{ca. } 0,5\%$  av den som kommer från båtarna med godkänd färg på skroven.

## Mängder av Biocider i en småbåtshamn- några överslagsberäkningar

### *Utsläpp från ett reningsverk jämfört med passivt läckage från båt - mängdberäkning*

De riktvärden som i dagsläget är angivna för reningsverksvattnet är uttryckt som en koncentration ex vis  $\mu\text{g/l}$ , Koncentrationsuttrycket är motiverat då riskvärderingar av biocider är en fråga om vilka koncentrationer som biota utsätts för. En nyansering vid bedömning av utsläpp i en småbåtshamn är att uttrycka utsläppet i mängd, ex vis gram. Om man följer biociderna från det att de appliceras på båtskrovet tills de att reningsverksvattnet returneras till havet och man försöker sätta siffror på de mängder koppar (som får representera biociderna i detta exempel) som släpps ut, beräknar rapport ITM 2015 att ca 80% läcker ut i vattnet under säsong<sup>4</sup>, ca 20 % stannar i spolrännan, ca 1% renas i Steg 1 rening och ca 0,5% renas i Steg 2, se Figur 5. En ISO standard<sup>6</sup> för beräkning av utlakning pekar på att 90% av aktiva substanser är utlakade vid färgens livslängd. Givet att en båtbottentvätt genererar ca 100 liter tvättvatten per båt kan en total mängd av biociderna beräknas som släpps ut ur ett reningsverk. För ett scenario med en "Regional Marina Baltic Sea Transition" med 469 båtar och utsläpp enligt medelvärdet från Henriksson 2020<sup>3</sup> ger detta utsläpp av filtrerad koppar på ca 14 g per år. Dessa 14 g skall jämföras med mängden som passivt läcker ut från *en* båt och som räkneexempel tas en Marieholm 32 segelbåt som är målad med 4 kg av en västkustfärg (Kopparoxidbaserad Antifouling Västkust, 13%  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 7  $\mu\text{g/cm}^2\cdot\text{h}$ ) vilken läcker ca 230 gram.



**Figur 5** Ungefärlig kopparbudget läckage under säsong. Från ITM 215 Ytreberg et. el, referens 4.

Resonemanget kring var de största mängderna släpps ut pekar på att kravbilden bör fokusera tidigt i utsläppskedjan, där mängderna är som störst. En illustration av mängden material som samlas från spolplatterännan i en västkusthamn med 300 båtar kan ses i Figur 6 där ett fat (200 liter vikt ca 300 kg) samlas in per år.



**Figur 6** Årsmängden insamlad material från gallerdurken i en spolplatta som renar vatten från ca 300 båtar. Detta motsvarar ungefär den mängd material som en spolplatta undantar från att släppas ut i havet

### Utsläpp från ett reningsverk jämfört med båtbottentvätt utan spolplatta

Om en båt tvättas utan att stå på en spolplatta med anslutet reningsverk, tex på hamnplan eller i en trädgård kommer en stor mängd biocid släppas ut. Räkneexemplet med segelbåten Marieholm 32 ovan och med antagandet att 20% av biociderna (koppar antas här) finns kvar i färgen vid säsongens slut och att hälften av denna mängd tvättas loss ger att ca 50 gram koppar släpps ut. Utsläppet från *en* sådan båt motsvarar ca 3 års drift av ett Steg 2 reningsverk som renar tvättvatten från 469 båtar.

### Lokala koncentrationer och akuttoxicitet

Halterna i hamnbassängen vid omblandning av utsläpp beräknade med MAMPEC enligt ovan pekar på en minimal ekotoxikologisk risk för samtliga biocider. Gränsvärdet för bedömningen (PNEC) beskriver långtidseffekter och verkar på den tidsskala som medger total omblandning av ett punktutsläpp. En nyansering av riskerna är att även betrakta lokala koncentrationer och jämföra med akuttoxikologiska värden. Akuttoxikologiska data i litteraturen bygger på metodik beskrivna av EPA, OECD mfl, dessa data är dominerade av exponeringar i 24, 48 och 72 timmar. För att matcha befintliga toxdata med utsläpp och vattentransport behöver vattentransportmodellering göras på 24, 48 och 72 timmars tidsskala. Modellering av hur reningsverkets punktutsläpp sprids i hamnbassängen ligger utanför detta arbete men vi har utfört några överslagsberäkningar.

Koncentrationerna av samtliga biocider i utsläppsvattnet ligger mycket högre än PNEC. Halterna i samma storleksordning som för vissa akuttox data för cyanobakterier och alger (NOEC<sup>8</sup> 120 timmar) samt betydligt högre för koppars påverkan på fisk<sup>9</sup> (NOEC), cynaobakterier och alger<sup>9</sup> (NOEC 19 dagar) samt ryggradslösa djur<sup>9</sup> (EC50 12h). Flödet är dock lågt och totalt sett är mängden vatten som släpps ut ungefärligen lika med mängden tvättvatten från högtryckstvätten. Antaget att 100 liter vatten används per båt ger detta att en västkusthamn (med 469 båtar) genererar 46,9 m<sup>3</sup> per år. Givet att detta genereras under september och oktober så blir flödet ut

<sup>8</sup> ECHA dossier för Cybutryne

<sup>9</sup> ECHA dossier för Koppar

i hamnbassängen i medeltal ca 800 liter per dygn. Sannolikt kommer flödet vara högre under dagtid på helger och kvällar och mindre på vardagar och nätter.

Vattentransporten i en hamnbassäng drivs av flera mekanismer, dessa är huvudsakligen tidvattenskillnader, turbulens i mynningen av hamnbassängen, densitetsskillnader, samt vind. För bryggor utanför hamnbassänger tillkommer generell strömtransport och för marinor med ett utflöde från en å tillkommer även detta. Ur de MAMPEC modelleringar som gjorts i detta arbete fås transport via tidvatten och densitetsskillnader. Hastigheten på vattenmassan är enligt dessa ungefärligen 50 m/timme. Tidvatten (0,1 m på östkusten och 0,4 m på västkusten) gör att delar av flödet byter riktning var sjätte timme. Totalt sett behöver en utförlig hydrodynamisk modellering utföras för att förstå flödesmönster och lokala intermittenta koncentrationer.

Trots den ovan beskrivna komplexiteten av vattentransport så kan massflödet av biocider beräknas vid utsläppspunkten och jämföras med det utsläpp som sker från en biocidmålad båt. För denna jämförelse tas filtrerad kopparsom exempel med medelhalten 0,3 mg/l och flödet 800 l/dygn. Detta ger ett utsläpp av 10 mg koppar per timma. En västkustbåt (Marieholm 32, 24 m<sup>2</sup> bottenarea) målad med kopparfärg (Kopparoxidbaserad Antifouling Västkust, 13% Cu<sub>2</sub>O; 7 µg/cm<sup>2</sup>\*h) läcker ungefärligen 3 mg koppar per timma. Då reningsverket och båtens utsläppshastigheter är av samma storleksordning pekar det på att utsläppet från reningsverket inte orsakar större ekotoxikologiska effekter från några få båtar.

#### **Utsläpp från ett reningsverk jämfört med en färgflaga**

Utsläppet av TBT från ett medelreningsverk beräknas från utsläppsdata<sup>6</sup> och antagandet om att ett fungerande reningsverk släpper ut 100 liter tvättvatten per båt med halten 78 ng/l. Detta ger för en standardhamn ”Regional Marina Baltic Sea Transition” med 469 båtar ett utsläpp på ca 4 mg TBT per år. Detta skall jämföras med en *worst-case* båt som exemplifieras med en snipa Monark 690 med ca 1 kg TBT i samtliga färglager. En sådan båt har bottenarean 21 m<sup>2</sup> vilket ger en ytkoncentration på ca 5 mg/cm<sup>2</sup>. TBT mängden i *en* färgflaga från en sådan båt är ekvivalent med utsläppet från ett medelreningsverk som renar vatten från 469 båtar. Underhåll av en sådan båt riskerar att orsaka TBT utsläpp som vida överstiger det som släpps ut från ett reningsverk. Detta pekar tydligt på att för TBT är sanering av riskbåtar av stor vikt och bör prioriteras framför att förfina reningsteknik eller skärpa kraven på utsläppsvattnet.

### Identifierade kunskapsglapp

Under arbetet har flera kunskapsglapp identifierats. Detta har gjort att vissa bedömningar inte kunnat beräknas. Tydliga glapp innefattar:

- 1) Komplet bestämning/analys av halter och mängder av samtliga relevanta biocider i reningsverk under längre drift och varierande belastning och störningar. Komplet massbalans av relevanta biocider i inloppsvatten, och utloppsvatten från Steg 1, Steg 2 samt Utsläppsvatten för bestämning av *reningsgrad* snarare än endast *koncentration* i utsläppsvatten. Gäller alla befintliga leverantörer av reningsverk.
- 2) Storleksfördelning på partiklar, även kallat mikroplast, ut från reningsverk i drift. Gäller alla befintliga leverantörer av reningsverk.
- 3) Robusthetsstudier av reningsverk. Hur tål dom pH ändringar, regnvatten, tvättmedel etc. Avsaknad av toxicitetsdata (PNEC etc) för mikroplast av olika slag inklusive partiklar från båtottenfärg. Denna avsaknad gör det omöjligt att med MAMPEC beräkningar bestämma om de halter mikroplast om fås vid omblandning i hamnbassängens vattenmassa ger ekotoxikologisk påverkan.

Extra rådata<sup>i</sup>

Extra annex<sup>ii</sup>

---

<sup>i</sup> Från nästa sidan:

”MAMPEC short” några viktiga rådata från MAMPEC modellering (18 sidor)

<sup>ii</sup> Tillgängligt separat dokument:

”Annex-1” alla MAMPEC rådata (99 sidor)