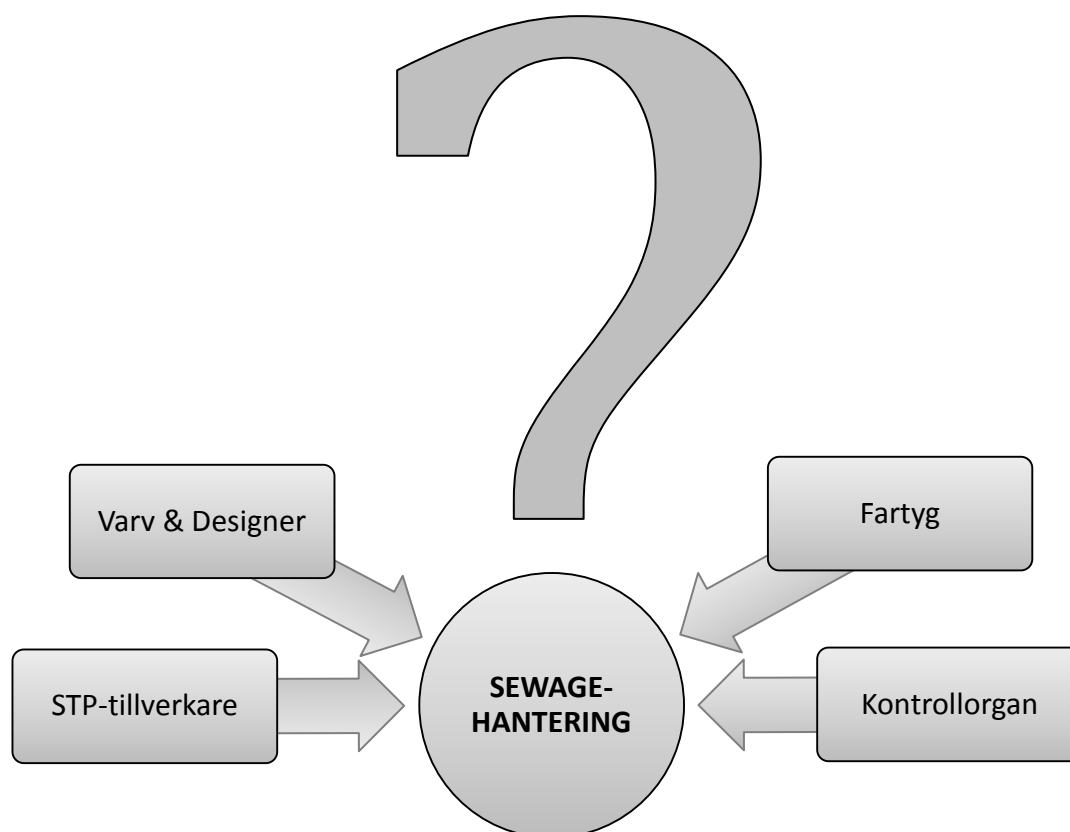




Hantering av sewage inom handelssjöfarten

En fördjupning i dess problematik

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

Anders Hedberg
Jonas Lengquist

EXAMENSARBETE SI-13/94

Hantering av sewage inom handelssjöfarten

En fördjupning i dess problematik

ANDERS HEDBERG
JONAS LENGQUIST

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2013

Hantering av sewage inom handelssjöfarten

En fördjupning i dess problematik

Handling of sewage within the merchant shipping

An investigation regarding its issues

ANDERS HEDBERG

JONAS LENGQUIST

© ANDERS HEDBERG OCH JONAS LENGQUIST, 2013

Examensarbete SI-13/94

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon +46(0)31-772 1000

Omslag:

Av författarna utformad figur för att åskådliggöra de parter som är involverade i hantering av sewage inom handelssjöfarten och den potentiella problematik som det medför.

Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige 2013

Hantering av sewage inom handelssjöfarten

En fördjupning i dess problematik

ANDERS HEDBERG

JONAS LENGQUIST

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers Tekniska Högskola

ABSTRACT

The discharge of untreated sewage affects the marine ecosystem negatively by posing a pathogen threat, along with being a contributing factor to eutrophication. Extensive studies regarding handling of sewage have been made within the cruise ship sector, but investigations directed towards the merchant shipping industry have not, to our knowledge, been performed. There is a great deal of international interest for investigations such as this thesis, but due to obvious practical reasons this report will be written in Swedish.

Sewage handling on board ships is today internationally regulated through the MARPOL Annex IV, which lacks of distinctive directives with regards to how a Sewage Treatment Plant is to be designed and dimensioned based on the number of persons on board. The regulations also lacks guidelines for how a representative sampling is to be performed, with the intention of verifying compliance of the discharge regulations for treated sewage. This leads to questions regarding the issues involved in the handling of sewage, and which prerequisites Sewage Treatments Plants have to comply with the current discharge regulations.

The result of this thesis, which is based on survey answers from ships and interviews with the other involved parties, confirms that the aforementioned regulatory deficiencies are subject to being actual problems. It was found to be a lack of standardised data for dimensioning within both conventions and the industry, along with a non-existing control of compliance with regards to the discharge regulations. As a result of these deficiencies, combined with poor knowledge of both sewage treatment and the regulations, a considerable amount of the Sewage Treatment Plants on board participating ships were found to be under dimensioned. It was even found that a few of the participants has treatment plants installed which are in direct conflict with the applicable regulation.

Based on available background data, and in combination with the presented results, it is concluded that the single most decisive part for the present issues involved in the handling of sewage is the lack of standardised data for dimensioning. This may cause an unfavourable market for legitimate makers of Sewage Treatment Plants and open up for makers with treatment plants not having the right prerequisites to perform according to its type approval. Accordingly, there is a substantial possibility that several of the treatment plants on board ships today are not complying with the discharge regulations.

Keywords: Sewage, Sewage Treatment Plant, Black water, Grey water, MARPOL Annex IV, Ship, Vessel

SAMMANFATTNING

Utsläpp av obehandlad sewage påverkar det marina ekosystemet negativt genom att utgöra en patogen risk samt vara en bidragande orsak till övergödning. Omfattande studier har gjorts för hantering av sewage inom kryssningsbranschen, men undersökningar riktade mot handelssjöfarten finns oss veterligen inte. Det finns ett stort internationellt intresse för studier likt detta examensarbete, men av uppenbara praktiska skäl skrivs detta arbete på svenska.

Hantering av sewage ombord på fartyg regleras internationellt i MARPOL Annex IV, vilket saknar tydliga direktiv för hur Sewage Treatment Plant skall dimensioneras utifrån antalet ombordvarande personer. Regelverket saknar även direktiv för hur representativ provtagning skall utföras med avsikt att kontrollera efterlevnad av utsläppskraven för behandlad sewage. Ledande frågor blir då vilken problematik detta föranleder vid hantering av sewage, samt hur förutsättningarna ser ut för dagens Sewage Treatment Plants att klara utsläppskraven.

Examensarbetets resultat, vilket bygger på enkätsvar från fartyg och intervjuer med övriga inblandade parter, bekräftar att de påtalade regelmässiga bristerna är aktuella problem. Det visade sig saknas standardiserade dimensioneringsdata inom både regelverk och bransch, samt vara en obefintlig efterlevnadskontroll av utsläppskraven. Som en följd av detta, i kombination med bristande kunskap kring hantering av sewage och dess regelverk, visade sig en betydande andel av de medverkande fartygens anläggningar vara underdimensionerade. Ett fåtal fartyg visade sig till och med ha anläggningar installerade som är direkt felaktiga i förhållande till gällande regelverk.

Utifrån tillgänglig bakgrundsdata i kombination med presenterade resultat, dras slutsatsen att den enskilt största bidragande faktorn till problematiken kring hantering av sewage är avsaknaden på standardiserade dimensioneringsdata. Detta kan leda till att marknaden för seriösa tillverkare av Sewage Treatment Plants blir ofördelaktig, genom att det öppnar upp för tillverkare vars anläggningar har sämre förutsättningar att prestera i enlighet med dess typgodkännande. Således är risken påtaglig att en stor del av dagens anläggningar ej lever upp till utsläppskraven.

Nyckelord: Avloppsvatten, Svartvatten, Gråvatten, Fartyg, Sjöfart

FÖRORD

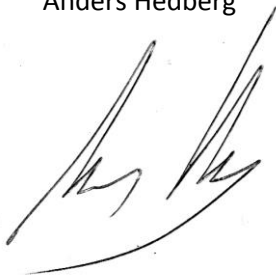
Examensarbetet har utförts som en obligatorisk avslutande del under vårterminen 2013 på Sjöingenjörsprogrammet på Chalmers Tekniska Högskola. Omfattningen av examensarbetet är 15 högskolepoäng, vilket här motsvarar 19 veckors halvtidsarbete. Att skriva examensarbete är en omfattande uppgift, där både tid och engagemang krävs för att uppnå ett gott resultat. Det dokument som du nu håller i handen, alternativt läser på datorn, är slutresultatet av just det.

Vi vill först och främst tacka vår på Chalmers interna handledare, Magda Wilewska-Bien, för att alltid ha varit behjälplig då frågor uppstått samt bidragit med konstruktiv kritik och förslag på hur examensarbetet skall utformas.

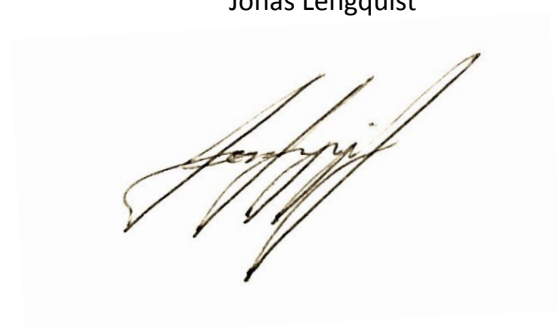
Ett stort tack riktas till Niclas Karlsson, extern handledare och VD på Clean Ship Scandinavia, för sitt otroliga engagemang och kunnande inom området samt för sin aldrig sinande flod av både kontakter och idéer.

Slutligen vill vi tacka de rederier och fartyg, klassningssällskap, designers och myndigheter som deltagit i examensarbetet. Utan er tid och kunskap samt vilja att medverka och bidra hade detta examensarbete inte kunnat genomföras.

Anders Hedberg

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, flowing letters that appear to read 'Anders Hedberg'.

Jonas Lengquist

A handwritten signature in black ink, featuring a series of connected, sweeping strokes that form the name 'Jonas Lengquist'.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ABSTRACT	I
SAMMANFATTNING	II
FÖRORD	III
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	IV
FÖRKORTNINGAR	V
LISTA ÖVER FIGURER	VI
LISTA ÖVER TABELLER	VI
1. INLEDNING.....	1
1.1. Syfte.....	2
1.2. Avgränsningar.....	2
1.3. Precisering av frågeställning	2
1.4. Bakgrund	3
1.4.1. Regelverk.....	3
1.4.2. Miljöpåverkan	9
1.4.3. Rening ombord.....	12
2. METOD	14
2.1. Systemlösningar	16
2.2. Dimensioneringsdata	16
2.3. Inspektion och kontroll	16
2.4. Uppfattning och erfarenheter	16
3. RESULTAT	17
3.1. Systemlösningar	17
3.2. Dimensioneringsdata	20
3.3. Inspektion och kontroll	23
3.4. Uppfattningar och erfarenheter.....	23
4. DISKUSSION	25
5. SLUTSATS.....	29
REFERENSER	30
BILAGOR	32

FÖRKORTNINGAR

<i>BOD</i>	Biochemical Oxygen Demand
<i>COD</i>	Chemical Oxygen Demand
<i>FCS</i>	Faecal Coliform Standard
<i>FN</i>	Förenta Nationerna
<i>GT</i>	Gross Tonnage
<i>IMO</i>	International Maritime Organization
<i>ISPPC</i>	International Sewage Pollution Prevention Certificate
<i>MARPOL</i>	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
<i>MEPC</i>	The Marine Environment Protection Committee
<i>N/A</i>	Not Applicable
<i>NAU</i>	Northern Arizona University
<i>nm</i>	Nautisk mil, vilket motsvarar 1 852 meter
<i>STP</i>	Sewage Treatment Plant
<i>TCS</i>	Thermotolerant Coliform Standard
<i>TSS</i>	Total Suspended Solids
<i>WHO</i>	World Health Organization

LISTA ÖVER FIGURER

Figur 1. Illustration av fartygs åtaganden.....	3
Figur 2. Primärproduktion och respiration.....	9
Figur 3. Biologiskt Sewage Treatment Plant.....	13
Figur 4. Metodillustration.....	14
Figur 5. Interaktion vid systeminstallation	17
Figur 6. Medverkande fartygs systemlösningar	18
Figur 7. Rening av sewage för samtliga medverkande fartyg	19
Figur 8. Över- & underdimensionering av organisk belastning för utredda STP.....	21
Figur 9. Över- & underdimensionering av hydraulisk belastning för utredda STP (fartygsdata)	22
Figur 10. Över- & underdimensionering av hydraulisk belastning för utredda STP (intervjudata)	22
Figur 11. Arbetsbelastning vid hantering av sewage för deltagande fartyg	24

LISTA ÖVER TABELLER

Tabell 1. Utsläppskrav vid landbaserat typgodkännande	4
Tabell 2. Amerikanska utsläppskrav	7
Tabell 3. Utsläppsrestriktioner	7
Tabell 4. Exempel på patogener i obehandlad sewage och deras verkan	11
Tabell 5. Beräknade dimensionerande medelvärden ifrån intervju- och enkätsvar.....	20

1. INLEDNING

Utsläpp av avloppsvatten i havsmiljö härrör främst ifrån landbaserade reningsverk och är något som bidrar till försämrad vattenkvalitet och övergödning, vilket direkt påverkar det marina livet. Fartygs utsläpp av sewage till sjöss påverkar miljön på ett liknande sätt om än i mindre omfattning. Sewage består huvudsakligen utav toalettavfall, men inkluderar även annat inblandat avloppsvatten.

Trots kunskap om fartygens miljöpåverkan dröjde det ända till 2003 innan MARPOL 73/78 Annex IV trädde ikraft. Annex IV, som reglerar utsläpp av sewage, har dock sedan dess varit ett relativt aktivt annex med den första uppdateringen redan 2005, vilket medförde att fler fartyg kom att omfattas av regelverket. 2013 antogs den senaste uppdateringen vilket medförde att Östersjön kom att bli första Special Area för Annex IV. Med ett liknande intervall har de tekniska författningarna för Sewage Treatment Plants, STP, uppdaterats. MEPC.159(55) trädde i kraft 2010 och 2016 kommer nya krav enligt MEPC.227(64). Den något ovanligt täta uppdateringsfrekvensen antyder att IMO ser utsläpp av sewage som ett aktuellt problem, och då främst i kustnära vatten.

Ett stort fokus har legat på kryssningsbranschens fartyg, vilket får anses vara fullt förståeligt då dessa fartygs produktion av sewage ibland uppgår till volymer motsvarande mindre samhällen. Flertalet studier och analyser har gjorts på kryssningsfartyg, men ännu tycks ingen ha publicerat något liknande inom handelssjöfarten.

Annex IV är speciellt i den mening att inga krav finns för vare sig dokumentation, mätning eller övervakning av de utsläpp som görs. Regelverket saknar i sin helhet även tydliga direktiv och rekommendationer för hur dimensionering och uppbyggnad av ett funktionellt sewage-system lämpligen skall gå till. Myndigheter har således en mycket svår uppgift när det kommer till att kontrollera efterlevnaden av utsläppskraven.

Utifrån det ovan nämnda väcks frågan om hur effektiv reningen egentligen är, och om det över huvud taget sker någon efterlevnadskontroll av utsläppskraven. Uppenbart är en existerande problematik kring hantering av sewage, vilket i detta examensarbete avses undersökas närmare.

1.1. Syfte

Examensarbetet skall ge en samlad bild av hur de berörda parterna i sjöfartssegmentet ser på hanteringen av sewage. De berörda parterna får anses vara:

- Fartyg
- Klassningssällskap och myndigheter
- Tillverkare av STP
- Fartygsdesigners

Utifrån insamlad data skall problematiken kring hantering av sewage belysas. Vidare är avsikten att undersöka vilka förfaringssätt för hantering av sewage som är vanligast, samt estimerar hur de medverkande fartygens aktuella förutsättningar påverkar möjligheten för deras STP att efterleva utsläppskraven.

1.2. Avgränsningar

Då liknande avhandling tidigare gjorts, men som behandlat kryssningsfartyg (United States Environmental Protection Agency, 2008), kommer passagerarfartyg inte att omfattas annat än som en jämförande faktor i regelverken. Reningssystemen dessa fartyg använder sig av skiljer sig tekniskt ifrån de som används inom handelssjöfarten, varpå resultat ifrån dessa rapporter inte är representativa för STP förekommande på handelsfartyg.

Omhändertagande av obehandlad sewage och sludge i hamnterminaler är ett så pass omfattande ämne i sig att det inte heller innefattas i examensarbetet.

Antalet nationella regelverk uppgår åtminstone till antalet IMO-stater, varför en geografisk avgränsning är nödvändig. Regelverken som avses undersökas begränsas till Sverige, Norge, Danmark, Finland och Alaska. Dessa nordiska länder väljs då intresse finns att jämföra de angränsande ländernas nationella regelverk. Dessutom inkluderas Östersjön, vilket är definierat som ett Special Area med avseende på sewage. Alaska inkluderas då studierna för kryssningsfartyg är baserade på dessa amerikanska statliga utsläppskrav, och således är det av intresse att sätta detta icke MARPOL Annex IV-anslutna regelverk i relation till de undersökta nordiska regelverken.

1.3. Precisering av frågeställning

- Vilken problematik finns kring hantering av sewage?
- Hur ser förutsättningarna ut för dagens STP att efterleva utsläppskraven?

1.4. Bakgrund

I denna del av rapporten ges läsaren en teoretisk inblick i hantering av sewage ombord på fartyg. Respektive underkapitel beskriver de gällande regelverken, de följder och konsekvenser som obehandlad sewage leder till samt vanliga tillvägagångssätt vid rening av sewage.

1.4.1. Regelverk

Det finns ett flertal olika regelverk som berör fartygs hantering av sewage, både av obligatorisk och frivillig karaktär, se Figur 1. Under kommande delkapitel beskrivs hur några utvalda nationella regelverk påverkas av det internationella regelverket MARPOL 73/78 Annex IV, samt hur dess inspektioner utförs. Även en kortare inblick ges i klassningssällskapens frivilliga Environmental Protection Notations, EP-noteringar, med avseende på hur de inverkar på hantering av sewage.



Figur 1. Illustration av fartygs åtaganden

MARPOL 73/78 Annex IV

MARPOL är en konvention under FN-organet IMO som antogs 1973, och är uppbyggt av olika annex vars syfte är att reglera miljöpåverkande utsläpp ifrån fartyg. Utsläpp av sewage regleras internationellt i MARPOL 73/78 Annex IV, som trädde i kraft den 27 september 2003. I dagsläget har 131 IMO-medlemsstater, som tillsammans utgör 89,65 % av världstonnaget (IMO, 2013b), antagit MARPOL Annex IV.

Annex IV är gällande för fartyg i internationell trafik som är på 400 GT och däröver, eller som är certifierade för mer än 15 personer ombord. Enligt IMO definieras sewage som avloppsvatten härrörande ifrån toaletter, utrymmen med levande djur, medicinska utrymmen samt allt annat vatten som blandats med något av de förgående nämnda. (IMO, 2004)

För berörda fartyg gäller det att ombord ha (IMO, 2004):

- En STP eller,
- En anläggning för finfördelning och desinficering av sewage eller,
- En holding tank för uppsamling och förvaring av sewage

Det är tillåtet att släppa ut sewage till havs, förutsatt att:

- Fartyget använder en typgodkänd STP eller,
- Fartyget släpper ut finfördelat och desinficerat sewage med en för detta godkänd anläggning och utsläppet görs mer än 3 nautiska mil (nm) från närmsta land eller,
- Fartyget släpper ut obehandlad sewage mer än 12 nm från närmsta land

Då obehandlad sewage avses släppas ut, krävs även en minsta framfart på 4 knop samt att utsläpp sker med måttligt flöde. (IMO, 2004)

Typgodkännande av marina STP sker vanligtvis iland med avsikt att kontrollera utifrån vilka belastningar en anläggning klarar utsläppskraven, vilka åskådliggörs i Tabell 1, i enlighet med följande IMO-resolutioner:

- MEPC.2(VI) för STP installerad före 1 januari 2010
- MEPC.159(55) för STP installerad mellan 1 januari 2010 och 1 januari 2016
- MEPC.227(64) för STP installerad 1 januari 2016 eller senare

Tabell 1. Utsläppskrav vid landbaserat typgodkännande

Utsläppskrav	MEPC.2(VI)	MEPC.159(55)	MEPC.227(64)
<i>Faecal Coliform Standard, FCS</i>	250 FC/100 ml	N/A	N/A
<i>Thermotolerant Coliform Standard, TCS</i>	N/A	100 TC/100 ml	100 TC/100 ml
<i>Total Suspended Solids, TSS</i>	50 mg/l	35 mg/l	35*(Qi/Qe) mg/l
<i>Biochemical Oxygen Demand, BOD₅</i>	50 mg/l	25 mg/l	25*(Qi/Qe) mg/l
<i>Chemical Oxygen Demand, COD</i>	N/A	125 mg/l	125*(Qi/Qe) mg/l
<i>pH</i>	N/A	6 – 8,5	6-8,5
<i>Chlorine</i>	N/A	0,5 mg/l	0,5 mg/l
<i>Nitrogen</i>	N/A	N/A	20*(Qi/Qe) mg/l eller ≥70 % reduktion
<i>Phosphorus</i>	N/A	N/A	1,0*(Qi/Qe) mg/l eller ≥80 % reduktion

(Qi/Qe) är kvoten av inflödet av sewage respektive det totala utflödet för en STP, vilket begränsar möjligheten att uppnå utsläppskraven enbart genom utspädning.

Utöver ovanstående krav gäller att vare sig synligt flytande partiklar eller missfärgning av vattnet får uppstå ifrån utsläppt renad sewage.

Ett typgodkännande utförs under en 10-dagars period där inflödet till STP skall innehålla en TSS-halt ej understigande 500 mg/l, samt den aktuella organiska och hydrauliska belastning som anläggningen avses bli typgodkänd för. Prover tas enligt ett givet schema, där antalet prover skall uppgå till minst 40 stycken, och av dessa prover måste medelvärdet på behandlad sewage understiga utsläppskraven. Då anläggningen visar sig klara utsläppskraven utfärdas ett typgodkännande för aktuell STP-modell, vilket bevisar att anläggningen är testad och godkänd med avseende på dess inflöde (IMO, 1976), (IMO, 2006):

- Hydraulisk belastning, (m^3/dygn)
- Organisk belastning, BOD_5 (kg/dygn)

Fartyg med godkänd sewage-anläggning eller holding tank tilldelas ett International Sewage Pollution Prevention Certificate, ISPPC, som påvisar att fartyget har godkänd utrustning för hantering av sewage. Certifikatet skall förnyas vart femte år av organisationer godkända av IMO, vilket vanligtvis leder till att klassningssällskap sköter dessa revideringar. (IMO, 2004)

Beskrivning av utsläppskraven

Biochemical Oxygen Demand

Enligt Penn (2009) är BOD ett mått på mängden syre som mikroorganismer konsumerar under oxideringsfasen av sewage, det vill säga syreåtgången vid nedbrytning av sewage. Utsläpp av sewage med höga nivåer av BOD kan således leda till problem med syrebrist i vattnet. BOD-halten används som indikator på hur organiskt koncentrerat sewage är genom att mäta syreåtgången per vattenvolym, i enheten mg O₂/liter.

På marina anläggningar mäts BOD₅, och som namnet antyder görs detta över en femdagarsperiod. Provet analyseras noggrant i laboratorium under kontrollerade och standardiserade förhållanden. Genom att mäta BOD-halten i sewage ges en direkt indikation på dess miljöpåverkan (Penn, 2009).

Chemical Oxygen Demand

COD är ytterligare ett sätt att mäta den organiska koncentrationen i sewage, och mäts liksom BOD₅ i enheten mg O₂/liter. Genom att tillsätta kemikalier i ett sewage-prov och därpå låta blandningen oxidera, kan nödvändig mängd syre för nedbrytning av det organiska materialet bestämmas. Till skillnad från BOD₅ kan provsvar med avseende på COD erhållas redan efter några timmar, vilket ger en snabb indikation på hur väl reningen av sewage utförs. (da Silva et al. 2011)

Total Suspended Solids

TSS är ett mått på mängden fasta partiklar i en viss mängd vatten, vilket mäts i mg/liter, och ger en indikation på vattnets kvalitet. En hög TSS-halt tyder på en stor mängd organiskt material som kan minska ljusgenomsläppet till vattnet, vilket påverkar primärproduktion negativt. Vidare kan det organiska materialet sjunka till havsbotten och sedimentera vilket kväver de där levande akvatiska organismerna samt bidra till eutrofiering. (Alaska Department of Environmental Conservation, 2001)

Mätning av TSS-halt är, liksom BOD₅, en standardmätning som görs vid typgodkännande av en STP. Ett representativt vattenprov analyseras i laboratorium, där provet filtreras, sköljs och torkas genom ett filterpapper. Därefter vägs pappret och på så sätt ges mängd TSS i mg/liter. (DHV Consultants BV, 1999)

Koliforma bakterier

Mätning av koliforma bakterier ger en god indikation på hur förorenat vattnet är av sjukdomsframkallande mikroorganismer, vilka går under samlingsnamnet patogener (American Water Works Association, 1999).

Vid typgodkännande av en STP enligt MEPC.2(VI) fanns krav på maximal halt av FCS ut ur anläggningen, se Tabell 1. I MEPC.159(55) kom det nuvarande kravet på provtagning av TCS vid typgodkännande, vilket ger ett bättre mått på fekal förorening och således andel patogener i renad sewage (Hachich et al. 2012).

Nationella regelverk

Samtliga nordiska länder, med undantag från Island, är IMO-medlemsstater som ratificerat MARPOL Annex IV, vilket utgör riktlinjer för hur dessa nationella regelverk utformas. Varje enskilt land har dock möjlighet att själva besluta över vilka nationella regler som skall gälla för dess territorialvatten. Norge är den enda undersökta medlemsstaten vars regelverk medför lättnader gentemot Annex IV, då utsläpp av obehandlad sewage tillåts redan 300 meter ifrån land. Närmare än 300 meter krävs det att fartyg är utrustat med en typgodkänd STP (Norwegian Maritime Authority, 2012).

I januari 2013 skedde en revidering av Annex IV genom tilläggen i MEPC.200(62), där Östersjön kom att bli det första särskilt skyddade området för Annex IV, ett så kallat Special Area. Tilläggsreglerna för Östersjön, som endast är applicerbara för passagerarfartyg med fler än 12 passagerare, kräver att all sewage skall passera genom en STP innan ett utsläpp är tillåtet. Dock gäller det att hamnar och terminaler skall kunna erbjuda omhändertagande av sewage ifrån passagerarfartyg endast utrustade med holding tank, annars gäller de nationella utsläppsrestriktionerna. Reglerna träder i kraft först år 2016 för nybyggnationer och därefter 2018 för existerande fartyg. (IMO, 2011)

På liknande sätt är Alaska ett särskilt skyddat område, där dess statliga regelverk endast avser passagerarfartyg med fler än 500 passagerare. Dessa regler är betydligt striktare än de amerikanska nationella reglerna som gäller för övriga fartyg. Förutom hårdare utsläppskrav, se Tabell 2 och Tabell 3, skall även gråvatten renas i enlighet med utsläppskraven för sewage. Fartyg skall dessutom föra en detaljerad loggbok över dess utsläpp, samt årligen skicka in godkända laboratorieprover till avsedd myndighet. (Department of Homeland Security, 2010)

Tabell 2. Amerikanska utsläppskrav

Utsläppskrav	USA 33.CFR.159	
	Nationellt	Alaska
<i>FCS</i>	200 FC/100 ml	20 FC/100 ml
<i>TCS</i>	N/A	N/A
<i>TSS</i>	150 mg/l	30 mg/l
<i>BOD₅</i>	N/A	30 mg/l
<i>COD</i>	N/A	N/A
<i>pH</i>	N/A	6-9
<i>Chlorine</i>	N/A	0,01 mg/l

Tabell 3. Utsläppsrestriktioner

Hantering av sewage	Handels- och passagerarfartyg		Passagerarfartyg	
	Nationellt		Östersjön	Alaska
	MARPOL Annex IV	USA 33.CFR.159	MARPOL MEPC.200(62)	USA 33.CFR.159
<i>STP</i>	Överallt	Överallt	Överallt	≥1 nm ≥6 knop
<i>Desinficerat och finfördelat</i>	>3 nm	Överallt	N/A	N/A
<i>Obehandlat</i>	>12 nm ≥4 knop	>3 nm	N/A	N/A

EP-notering

EP-noteringar är frivilliga miljöförbättrande åtaganden för fartyg där en hög miljömedvetenhet är av betydelse. Klassningssällskapen American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Det Norske Veritas, Germanischer Lloyd, Lloyd's Register och RINA är de som har avtal med Transportstyrelsen att utföra fartygsbesiktningar (Transportstyrelsen, 2012). Samtliga erbjuder möjlighet till klassning enligt egna EP-noteringar, där ytterligare miljökrav ställs utöver de som är angivna i MARPOL. För att ge läsaren inblick i vad som kan innefattas i en EP-notering, ges här en kort beskrivning av uppbyggnaden för Det Norske Veritas, DNV, EP-noteringar.

DNV CLEAN utgör ett grundutförande i de miljöförbättrande åtaganden som DNV tillhandahåller fartyg. CLEAN ställer krav på fartyg att utforma en handlingsplan som innefattar procedurer vid hantering av sewage. Fartyg skall även föra loggbok med avseende på tid, plats och mängd vid utsläpp av sewage. Utöver de rent administrativa kraven ställs tekniska krav på att fartyg skall vara utrustat med reningsanläggning och holding tank, samt att sewage åtminstone skall ha desinficerats innan utsläpp får ske. DNV CLEAN DESIGN är ett tilläggsutförande till CLEAN, där ytterligare krav ställs på fartyg genom att både sewage och gråvatten skall renas i en STP som är typgodkänd enligt MEPC.159(55). (Det Norske Veritas, 2013)

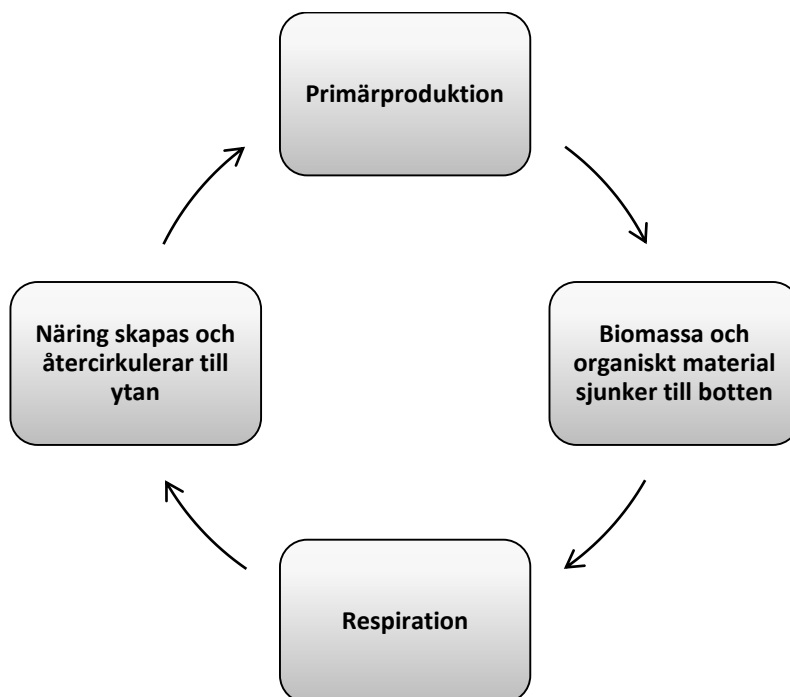
1.4.2. Miljöpåverkan

Utsläpp av obehandlad sewage i vattenområden kan potentiellt skapa problem för både människors hälsa och det marina ekosystemet. Huvudsakligen härrör denna typ av utsläpp från landbaserade reningsverk, men även fartyg är en bidragande faktor till denna marina förorening. Generellt så anses de fria haven, vilket är vattenområden utanför nationers territorialvatten, vara kapabla att hantera dessa utsläpp genom naturlig biologisk nedbrytning. Därmed reglerar MARPOL Annex IV att fartyg måste vara mer än 12 nm från närmsta land för utsläpp av obehandlad sewage. (IMO, 2013a)

Eutrofiering

Näring och organiska material som släpps ut i kustvatten kan uppbringa ett biologiskt tillstånd känt som eutrofiering, eller mer allmänt övergödning. Ett näringsämne sägs vara tillväxtbegränsande då det existerar i så små mängder att de hämmar produktionen av biomassa. Tillskott av ett tillväxtbegränsande ämne såsom kväve, fosfor och järn ökar primärproduktionen. I kustnära vatten är kväve det mest tillväxtbegränsade ämnet (Bernes, 2005), vilket finns tillgängligt i sewage (United States Environmental Protection Agency, 2008).

I haven sker två reaktioner som är avgörande för ett fungerande ekosystem, benämnda primärproduktion respektive respiration, se Figur 2. Primärproduktion är en reaktion där koldioxid, vatten och näring tillsammans med solljus skapar biomassa och syre. Den maximala primärproduktionen sker i ytskiktet av ett vattenområde, där ljusgenomsläppet är som störst. Motsatsen till primärproduktion är respiration, då organiskt material och biomassa reagerar med syre för att skapa koldioxid, vatten och näring. Då för mycket näring tillförs ett vattenområde, exempelvis genom utsläpp av obehandlad sewage, hamnar ekosystemet i obalans. Produktionen av biomassa blir större än vad som tas ur systemet eller naturligt bryts ned, vilket leder till en ackumulering av biomassa med syrebrist i vattenområdet som följd. (Bernes, 2005)



Figur 2. Primärproduktion och respiration

Som ett exempel på hur sewage kan bidra till ökad eutrofiering, beskrivs här problematiken kring Östersjön.

Utsläpp av obehandlad sewage sker i Östersjön vilket stimulerar primärproduktionen och således tillväxten av alger, även kallat algbloomning. Algbloomning är benämningen på en kraftig förökning av växtplankton och blågröna alger (Havs- och Vattenmyndigheten, 2012). När alger dör sjunker de till botten, varpå en nedbrytningsprocess påbörjas. Nedbrytning av alger och annat organiskt material, såsom obehandlad sewage, kräver syre. Genom respiration skapas näring som återcirkulerar till ytan. Återcirkulerande näring, kombinerat med ytterligare tillförd näring från utsläpp av obehandlad sewage, leder till att än mer nedbrytbar biomassa skapas. Till slut kommer det inte att finnas tillräckligt med syre kvar för nedbrytningsprocessen, vilket leder till att så kallade döda bottnar uppstår. Dessa bottnar är så syrefattiga att inget akvatiskt liv kan bestå. (Bernes, 2005)

Eutrofieringen som människan ger upphov till leder således på sikt till en lägre artrikedom i kustnära vatten. Algbloomning kan i sin tur ge upphov till biotoxiner, vilket är giftiga substanser producerade av organismer. Genom biomagnifikation, vilket är anrikning av ämnen genom transport i näringskedjan, kan dessa substanser bli en potentiell risk för toppkonsumenter. (Clenendon, 2003) Vidare kan algbloomning leda till problem med bristande vattenkvalitet, då blågröna alger vid nedbrytning bildar skadliga gifter. Dessa gifter har gett upphov till mag- och tarmproblem, hud- och ögonirritation eller feber hos människor som badat i algbloomningsdrabbade områden (Länsstyrelsen Skåne, 2013). Dessutom har vid ett flertal tillfällen husdjur och boskap avlidit till följd av stora mängder cyanobakterier i dricksvattnet (Havs- och Vattenmyndigheten, 2012).

Patogener

Patogener är sjukdomsframkallande mikroorganismer som återfinns i sewage, vilka kan delas upp i de tre grupperna bakterier, virus och protozoer. Majoriteten av dessa smittar via den fekalie-orala vägen, vilket innebär att patogener som utsöndras i avföring smittar sin omgivning för att därefter få tillgång till nya värdar genom förtäring. (Toze, 1997) Infektioner och sjukdomar orsakade genom kontakt med vatten förorenat av sewage är generellt svåra att bevis, dock har riktade undersökningar påvisat flertalet negativa hälsoaspekter till följd av detta (WHO, 2003).

Sjukdomsskapande patogener, såsom de presenterade i Tabell 4, är den huvudsakliga mänskliga risken i vatten kontaminerat av sewage (Clenendon, 2003).

Tabell 4. Exempel på patogener i obehandlad sewage och deras verkan

(Sammanställt från NAU, 2013 och WHO, 2003)

Typ av patogen	Identifiering	Relaterad sjukdom
Bakterie	Campylobacter jejuni	Mag- och tarminfektion
Bakterie	Enterokocker	Endokardit, hjärnhinneinflammation, blodförgiftning, urinvägsinfektion,
Bakterie	Escherichia coli	Hjärnhinneinflammation, mag- och tarminfektion, urinvägsinfektion
Bakterie	Salmonella	Salmonellainfektion
Bakterie	Shigella	Shigellainfektion
Bakterie	Vibrio cholerae	Kolera
Virus	Hepatit A	Hepatit
Virus	Novovirus	Vinterkräksjuka
Virus	Rotavirus	Mag- och tarminfektion
Virus	Adenovirus	Mag- och tarminfektion, luftvägsinfektion
Protozoa	Cryptosporidium parvum	Kryptosporidios
Protozoa	Entamoeba histolytica	Amöbadysenteri
Protozoa	Giardia lamblia	Mag- och tarminfektion

Används en reningsanläggning ombord desinficeras dessa patogener vanligen på kemisk väg genom klorering.

Överklorering

Ett miljöproblem som kan uppstå vid användandet av klorering som desinficeringsmetod är överklorering. Klor är för vattenburna organismer en väldigt giftig kemikalie, och kan redan i så låga mängder som 3 µg/l vara dödligt för en del arter. En bestående förhöjd klorhalt i vattnet kan leda till negativ påverkan på plankton, vilket i sin tur ger följd effekter uppåt i näringskedjan. (Alaska Department of Environmental Conservation, 2001)

Förhöjda lokala klorhalter kan framför allt bli ett problem då fartyg ligger vid kaj eller till ankars och samtidigt använder sin STP. Då fartyg gör fart genom vatten blir utspädningen så pass stor att koncentrationerna ej överstiger satta gränsvärden. Utspädningsfaktorn beror på fartygets bredd, djupgående, fart samt flödet på utsläppet. (Loehr et al. 2005)

1.4.3. Rening ombord

Enligt Hänninen (2009) utförs rening av sewage på handelsfartyg i huvudsak genom en kombination utav mekanisk behandling, en biologisk eller kemisk nedbrytningsprocess samt ett desinficeringssteg, vilka beskrivs nedan. En vanligt förekommande biologisk anläggning åskådliggörs i Figur 3.

Mekanisk behandling

För att underlätta den organiska nedbrytningen samt reducera TSS-halten av obehandlad sewage, passeras först en mekanisk pump där inflödet finfördelas. Därefter sitter vanligtvis en grovsil som förhindrar att svårnedbrytbara och ej önskvärda föremål hamnar i den organiska nedbrytningsprocessen.

Nedbrytningsprocess

Efter finfördelningen påbörjas den organiska nedbrytningen av sewage, vilket har som mål att reducera BOD₅-halten till de av regelverken fastslagna värden. Nedbrytningen sker antingen genom en helt biologisk eller kemisk nedbrytning. Av de två olika nedbrytningsprocesserna anses den biologiska processen reducera BOD₅-halten mest, med reduktion på upp till 95 % (Hänninen, 2009).

Den rent biologiska nedbrytningen använder sig av aerobiska bakterier som erhålls från inkommande sewage. Bakterierna kräver syre för att leva, vilket ständigt förses ifrån den omgivande atmosfärluften via kompressorer. Ifrån luftningstanken, där nedbrytningen sker, flödar sedan sewage vidare in till en settlings-tank där bakterier och partiklar skiftas ifrån vätskan genom gravitation. Dessa bakterier kallas nu för aktiv sludge och återförs till luftningstanken för att bidra till nedbrytningen.

Det kemiska tillvägagångssättet bryter ner sewage genom att tillsätta klor, väteperoxid eller kaliumpermanganat (Cheremisinoff, 2002), varpå utflödet ifrån STP sedan vanligen späds med havsvatten.

Desinficering

Den i settlingstanken nu ovanpåliggande relativt klara vätskan, vars TSS-halt ytterligare sänkts, passerar en kloreringsenhet för desinficering. Innan den nu desinficerade vätskan kan pumpas överbord, tillsätts natriumtiosulfat vilket neutraliserar kloreten till nivåer under utläppskravet¹.

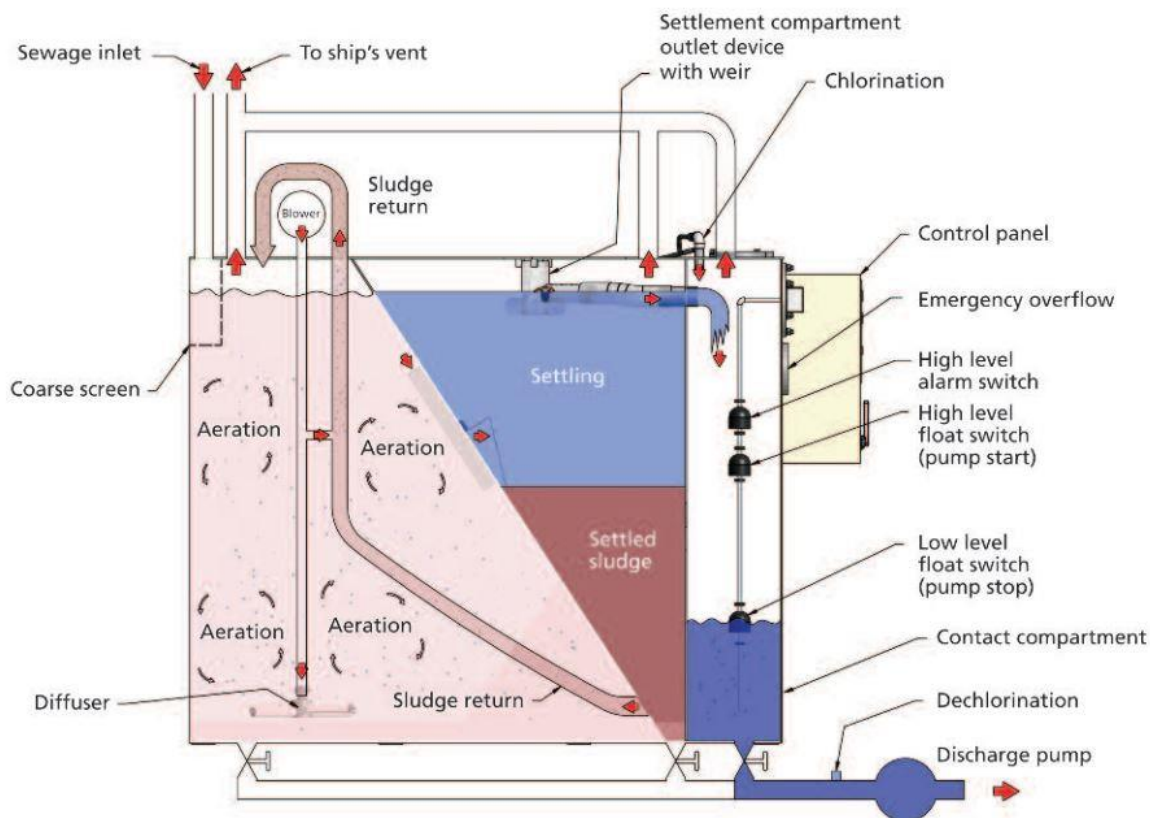
Sludge-hantering

I luftningstanken ackumuleras död biomassa, benämnt sludge, och således behöver den regelbundet tömmas. Sludge kan antingen hanteras enligt utläppsrestriktionerna enligt Annex IV för obehandlad sewage, se Tabell 3, eller förbrännas ombord i enlighet med Annex VI (IMO, 2008).

Driftsförutsättningar

Kontinuerlig drift av anläggningen är en av de främsta förutsättningarna för att erhålla ett gott reningsresultat då de aerobiska bakterierna kräver syre för att överleva. Uppstartstiden på en anläggning, innan en tillräckligt god bakteriekultur utvecklats, kan uppgå till en hel veckas drift. Vidare kan användandet av icke biologiskt nedbrytbara rengöringsmedel vid rengöring av toaletter, handfat och dylikt direkt ödelägga reningsprocessen.¹

¹ Greg Shannon (Technical Sales Manager, JOWA), intervjuad av författarna den 13 mars 2013.



Figur 3. Biologiskt Sewage Treatment Plant
(Publicerad med tillåtelse av Hamworthy, 2013)

Alternativ rening

Ett fåtal STP-tillverkare använder sig av forcerad flotation vilket innebär att en flockningskemikalie, till exempel kaliumaluminiumsulfat eller polyaluminiumklorid, och komprimerad luft tillsätts för att särskilja vätskan ifrån de fasta partiklarna. Den komprimerade luftens uppgift är att påskynda processen som annars enbart skulle påverkats av gravitationen. Flockningssteget ersätter den tidigare nämnda settlings-tanken och resulterar i en betydligt klarare vätska. Då återföring av aktiv sludge inte tillämpas för nedbrytningsprocessen blir produktionen av sludge något högre. Vätskan passerar efter flockningen ett filter där den utgående vätskan är så pass klar att det möjliggör UV-behandling som desinficeringsmetod.² Problemet med överklorering elimineras således helt.

Inom kryssningsbranschen, där den producerade mängden sewage är betydligt större än inom handelssjöfarten, används främst reningssystem som går under namnet Advanced Water Treatment Systems, AWT. Dessa system använder sig av ett antal bioreaktorer som på ett liknande sätt som en STP bryter ner det organiska materialet i sewage. Settling-processen är dock helt utbytt mot ett avancerat filtreringssteg som sker med hjälp av membranfilter. Desinficeringssteget utgörs vanligtvis av en UV-enhet, vars stora miljöfördel redan nämnts. (Eley, 2003)

² Peter Lanzén (grundare, Marinfloc), intervjuad av författarna den 13 mars 2013.

2. METOD

Genom informationsinhämtning enligt metodillustrationen i Figur 4 och därpå följande bearbetning, avses problematiken kring hantering av sewage besvaras. Valet av metod föll på att använda både enkät och semistrukturerade intervjuer, då datainsamlingen skulle ske ifrån källor med olika förutsättningar. Enkäter lämpar sig som metod då kvantitativ data ifrån ett stort antal fartyg med geografisk spridning skulle inhämtas. Intervjuer valdes då kvalitativ data skulle inhämtas ifrån ett begränsat antal källor vars geografiska placering antogs ge goda möjligheter till personlig kontakt. Intervjuerna utformades semistrukturerat vilket innebär att frågorna har öppna svarsmöjligheter, något som i svaren ger ett större utrymme för åsikter och uppfattningar. Den rådata som intervjuerna gav bearbetades genom att de för vår frågeställning oväsentliga data sållades bort, varpå en övergripande sammanställning utfördes utifrån varje intervjuad parts medverkande respondenter.

Av de medverkande parterna garanterades endast fartygen ett konfidentiellt deltagande, vilket ansågs vara en förutsättning för att få en god svarsfrekvens. Av etiska skäl valdes som utgångspunkt även att hantera de vinstdrivande företagen konfidentiellt, så länge inget direkt medgivande erhöles ifrån respondenten att använda dennes namn i rapporten. Metodkapitlet är uppdelat i underkapitel som ger en förenklad koppling till resultatdelens identiska uppdelning.



Figur 4. Metodillustration

Medverkande parter

Kontrollorganen utgörs av myndigheter och klassningssällskap. De medverkande myndigheterna är Transportstyrelsen och dess tyska motsvarighet BG-Verkehr, vars dimensioneringsdata ligger till grund för flertalet STP-tillverkare. Transportstyrelsens sektionschef för sjöfartstillsyn och en besiktningsman för BG-Verkehr deltog i en mailintervju utifrån frågeformuläret i Bilaga 1.

Via telefon togs kontakt med samtliga sex klassningssällskap som har avtal med Transportstyrelsen, vilka utgörs av American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Det Norske Veritas, Germanischer Lloyd, Lloyd's Register och RINA. Av dessa valde fem klassningssällskap att medverka i rapporten.

I första hand kontaktades det svenska nationella huvudkontoret varav en på-platsintervju och två telefonintervjuer utfördes med erfarna besiktningsmän. Genom att även kontakta de internationella huvudkontoren genomfördes två mailintervjuer, även de med erfarna besiktningsmän. Intervjuerna var semistrukturerade och utgick ifrån frågeformuläret i Bilaga 2.

16 stycken internationellt spridda fartygsdesigners kontaktades, främst via mail men även genom enstaka telefonsamtal. Av de förfrågade valde totalt fyra stycken designers att medverka. Respondenterna utgörs av vice ordförande, teknisk rådgivare, teknisk chef samt en projektledare, varav tre mailintervjuer och en på-platsintervju gjordes semistrukturerat utifrån frågeformuläret i Bilaga 3.

12 stycken ledande internationellt spridda STP-tillverkare kontaktades, främst via mail men även genom enstaka telefonsamtal, varav fyra europeiska tillverkare valde att medverka. Tillverkarnas representanter utgjordes av försäljningschefer, företagsgrundare och utvecklingschef, varav två på-platsintervjuer, en telefonintervju samt en mailintervju genomfördes semistrukturerat utifrån frågeformuläret i Bilaga 4.

150 stycken internationellt spridda fartyg gavs möjlighet att delta i enkäten, se Bilaga 5, vilket resulterade i en svarsfrekvens på 22,7 %. Inför kontakt med fartygen erhöles först medgivande ifrån respektive rederi, där de svenska rederierna kontaktades via telefon och de internationella via mail. Majoriteten medgav direktkontakt med respektive fartyg, men enstaka rederier valde att själva distribuera enkäterna. Enkäten var direkt riktad mot fartygens driftspersonal, vilket utgörs av teknisk chef alternativt maskinbefäl, och samlades företrädesvis in via en onlinetjänst tillhandahållen av Google. För de fartyg som saknade tillfredställande eller regelbunden internetåtkomst, mottogs även manuella svar bifogade i mail.

2.1. Systemlösningar

Genom att använda delar av bearbetad insamlad data ifrån fartyg, STP-tillverkare och fartygsdesigners gavs en bild av den systemuppbyggnad som används vid nybyggnation av fartyg kontra den som finns ombord idag, samt vilken del av problematiken som grundar sig i nybyggnationsfasen.

Samtliga 34 fartygsenkäter, se Bilaga 5, bidrar här med en samlad bild av hur systemlösningarna ser ut i dagens handelssjöfart.

De fyra semistrukturerade intervjuerna med STP-tillverkarna, se Bilaga 4, ger klarhet i hur de ser på STP som en del i ett system samt deras syn på försäljningsprocessen.

Ifrån de fyra semistrukturerade intervjuerna med fartygsdesigners, se Bilaga 3, inhämtas information om hur systemuppbyggnad utförs vid nybyggnation.

2.2. Dimensioneringsdata

En estimering utfördes om de medverkande fartygens STP verkligen belastas inom ramen för sitt typgodkännande. Estimeringen baseras på värden ifrån individuella fartygs enkätsvar, i kombination med beräknade medelvärden på de dimensioneringsdata som erhållits ur de semistrukturerade intervjuerna med de fem klassningssällskapen, de två myndigheterna, de fyra STP-tillverkarna samt de fyra fartygsdesigners som deltog. Medelvärden har även beräknats utifrån de flöden som respektive fartyg uppgett i enkäten. I resultat har beräknade medelvärden avrundats då dess noggrannhet ej motiverar mer detaljerad redovisning än i heltal.

Den organiska belastningen estimerades för de 23 STP vars typgodkännande fanns tillgängligt. De hydrauliska belastningarna estimerades för de 18 STP där både typgodkännande och fartygets flöden fanns att tillgå. Beräkningarna tar hänsyn till de fall där grävatten även innefattas i fartygets reningsprocess av sewage. Vidare är osäkerheten kring de olika källornas dimensioneringsdata redovisade för respektive medelvärde. Osäkerheten för dimensionerande data anses här vara dess spridning, och presenteras i form av minimum- och maximumvärde samt standardavvikelse för respektive medelvärde.

2.3. Inspektion och kontroll

Genom informationsinhämtning via semistrukturerade intervjuer med de fem klassningssällskapen, se Bilaga 2, och de två myndigheterna, se Bilaga 1, erhöles en samlad bild av dagens rådande fartygsinspektioner gällande hantering av sewage.

2.4. Uppfattning och erfarenheter

En helhetsbild presenteras utifrån de erfarenheter och uppfattningar rörande sewage som framkommit i samtliga 34 fartygsenkäter och de genomförda semistrukturerade intervjuerna av fyra fartygsdesigners, fem klassningssällskap, två myndigheter och fyra STP-tillverkare.

3. RESULTAT

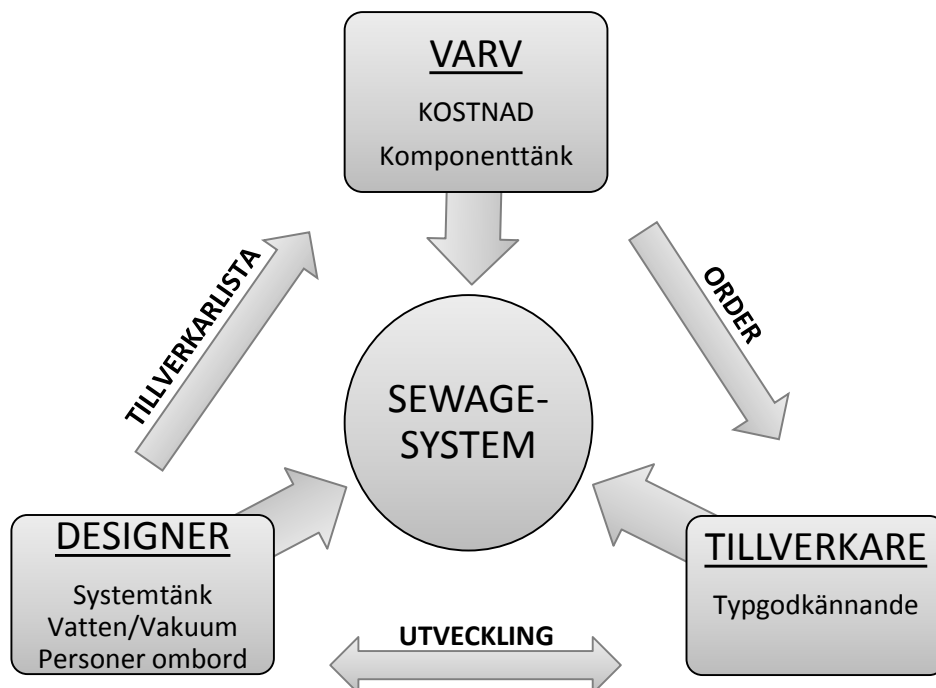
Resultat ifrån enkäter och intervjuer presenteras här enligt samma uppdelning som metodkapitlet, vilket avser ge läsaren en enklare koppling sinsemellan.

3.1. Systemlösningar

Nybyggnation

I inledningsfasen av designarbetet för ett fartygs sewage-system utgås det ifrån valt spolsystem, antingen vakuum eller vatten, där vakuumsystem är vanligast vid nybyggnation. Vakuumsystemet är något mer komplext vilket vägs upp av fördelarna att vara ett mer flexibelt och vattenbesparande system. Närmare 62 % av de deltagande fartygen är utrustade med vakuumtoaletter, vilket då även innefattar samtliga fartyg som endast är utrustade med holding tank. Rörsystemet dimensioneras därefter utifrån ett antaget maximalt flöde som baseras på antalet ombordvarande personer. I mån av utrymme kan en holding tank med fördel placeras innan en STP. På så vis ges möjlighet till direkt utsläpp överbord, förvaring av sewage i områden där utsläpp ej är tillåtet och ett jämnt inflöde till STP vid rening. Den uppskattade hydrauliska belastningen som används vid dimensioneringen uppges inhämtas ifrån redarkrav, kontrollorgans rekommendationer eller egna utförda uppskattningar.

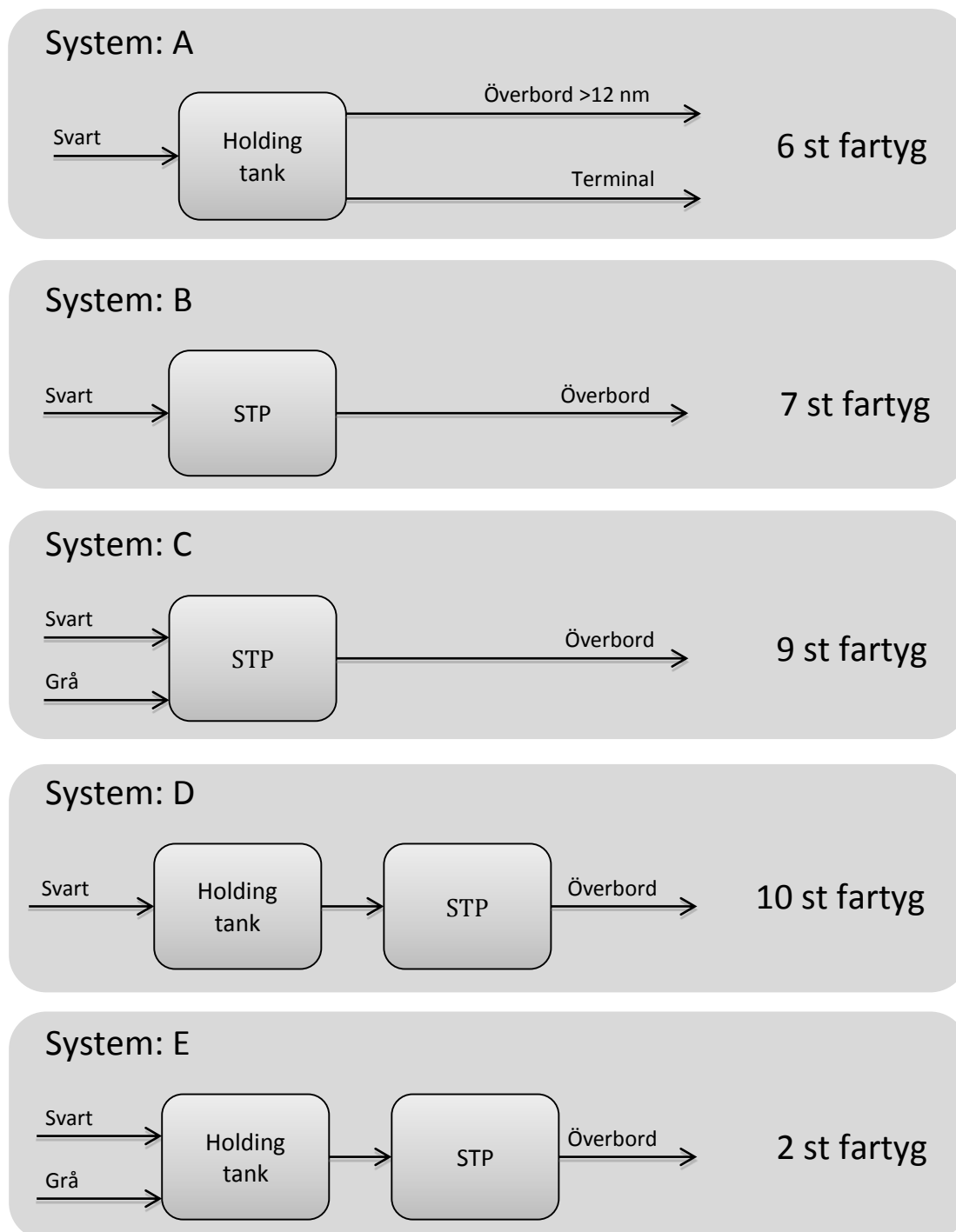
Nästkommende steg i utformningen av sewage-systemet är att avgöra vilken behandlingsmetod som blir aktuell. Samtliga fartygsdesigners uppger att en klar majoritet av nybyggda fartyg utrustas med en STP. Förfarandet kring valet av nybyggnationens STP är en kritisk punkt för hur fartyget kommer leva upp till utsläppskraven. Fartygsdesigners är i nära kontakt med de tillverkare av STP som de finner seriösa, vilka kommer ingå i den lista på tillverkare som designern rekommenderar varvet att använda sig av. Listan är enbart rekommendationer och således har varvet möjlighet att fritt välja tillverkare, så länge anläggningen lever upp till fartygsspecifikationen och är typgodkänd. Figur 5 illustrerar interaktionen mellan inblandade parter då ett sewage-system skall installeras ombord på fartyg.



Figur 5. Interaktion vid systeminstallation

Aktuella lösningar

Systemlösningarna för de medverkande fartygen presenteras i Figur 6, där inget system tycks utgöra normen för fartyg utrustade med STP.

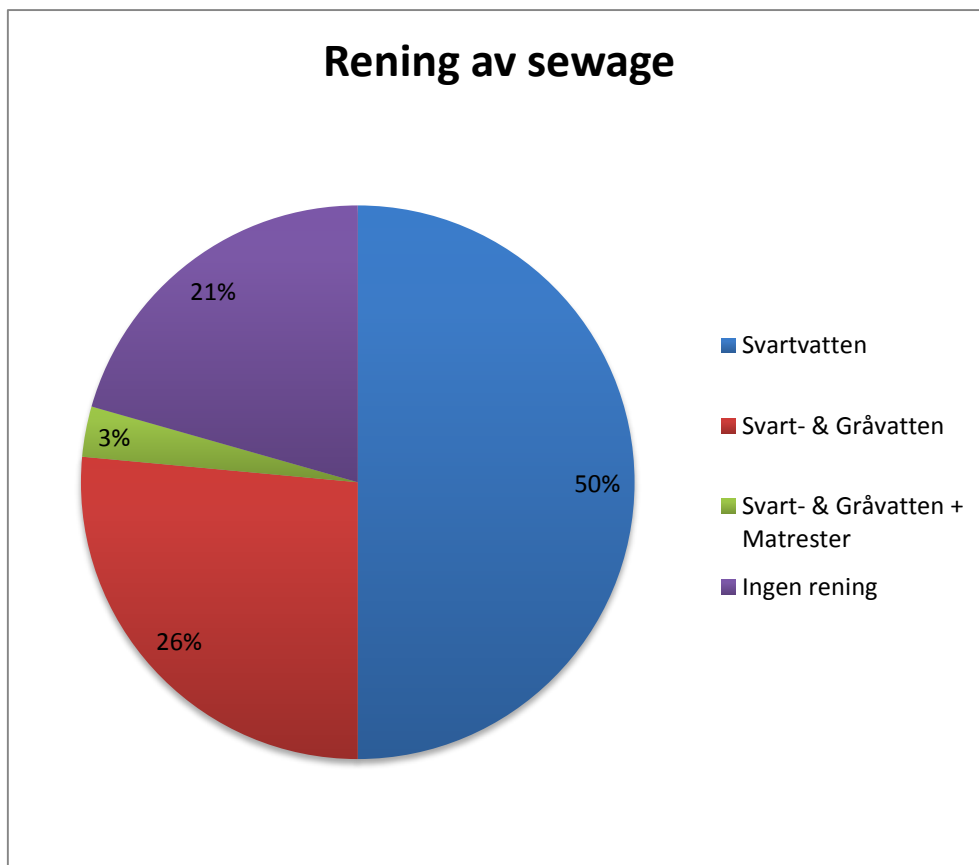


Figur 6. Medverkande fartygs systemlösningar

Fem av de 28 STP-utrustade fartygen är byggda efter 1 januari 2010 och således ålagda att följa kraven i MEPC.159(55). Samtliga av dessa fartyg uppger sig vara utrustade med en STP typgodkänd enligt MEPC.2(VI), trots att dess flaggstat antagit Annex IV.

Fartyg utrustade med typgodkänd STP representerar 28 av enkätens totalt svarande, vilket utgör en klar majoritet. Av dessa angav 27 stycken att anläggningen alltid är i drift närmare än 12 nm ifrån närmsta land. Det avvikande fartyget uppger att anläggningen aldrig är i drift vilket medför att det, tillsammans med de sex fartyg som endast är utrustat med holding tank, totalt är sju fartyg som ej renar sin sewage. Förfarandet vid rening av sewage hos samtliga medverkande fartygen åskådliggörs i Figur 7.

Trots att rening av gråvatten ej ännu omfattas av Annex IV, väljer mer än en fjärdedel av fartygen att även rena gråvatten tillsammans med svartvatten. Ett av fartygen som använder sig av "System: C" i Figur 6, leder även in gråvatten som innehåller matrester i reningsanläggningen. I de fall gråvatten ej behandlas tillsammans med svartvatten, pumpas det överbord antingen direkt eller via holding tank.



Figur 7. Rening av sewage för samtliga medverkande fartyg

3.2. Dimensioneringsdata

Ett typgodkännande för STP innehåller ingen information om antalet personer som anläggningen är designad för. Genom att tillverkare antar en persons genomsnittliga produktion av sewage samt dess organiska halt, marknadsförs anläggningen att ha kapacitet för visst antal personer. De intervjuade tillverkarna erhöll dessa värden främst ifrån rekommendationer av myndigheter, medan enstaka tillverkare använder sig utav erfarenhetsmässigt tillskansade värden.

Den tyska myndigheten BG-Verkehr är ensamt, bland de medverkande kontrollorgan som utfärdar typgodkännande, om att ställa krav på en lägsta inkommande BOD₅-halt till STP. En STP skall utöver kraven i Annex IV även klara av att rena en inkommande BOD₅-halt på 500 mg/l för att bli typgodkänd enligt denna myndighet.

Samtliga intervjuade tillverkare uppger att även gråvatten är möjligt att rena i deras STP, givet att hänsyn tas till den ökade hydrauliska belastningen. Det skall dock tas i beaktande att gråvatten innehållandes matrester är direkt förödande för att efterleva utsläppskraven, då dess BOD₅-halt enligt BG-Verkehr har uppmätts till värden på 15 000 mg/l.

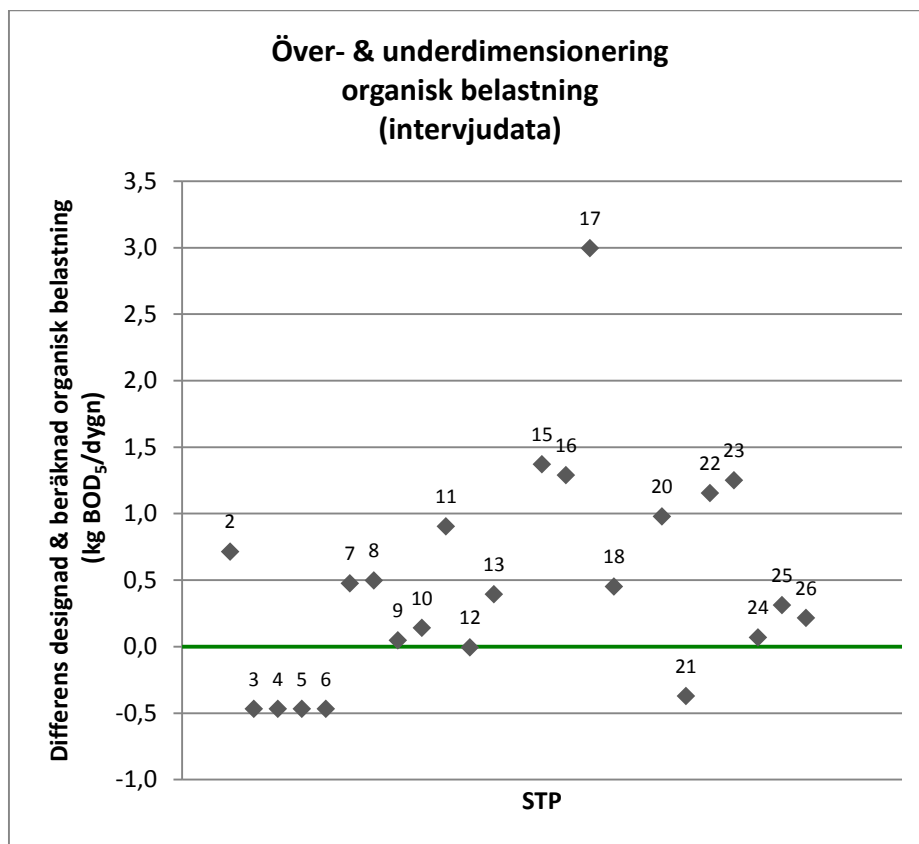
Medelvärden för hydraulisk respektive organisk belastning, ihop med dess osäkerhet angivet i minimum- och maximumvärden samt standardavvikelse, finns presenterade i Tabell 5.

Tabell 5. Beräknade dimensionerande medelvärden ifrån intervju- och enkätsvar

	Hydraulisk belastning (liter/pd*)			Organisk belastning (gram/pd*)		
	Svartvatten (vakuum)	Svartvatten (vatten)	Gråvatten	Svartvatten	Gråvatten	Blandning (svart & grå)
Intervju	<u>22</u>	<u>77</u>	<u>146</u>	<u>48</u>	<u>27</u>	<u>81</u>
Min:	11	70	110	35	21	68
Max:	38	115	240	69	30	90
SD:	(7)	(18)	(44)	(13)	(4)	(10)
Enkät	<u>27</u>	<u>100</u>	<u>184</u>			
Min:	7	61	51	N/A	N/A	N/A
Max:	55	170	357			
SD:	(15)	(34)	(79)			

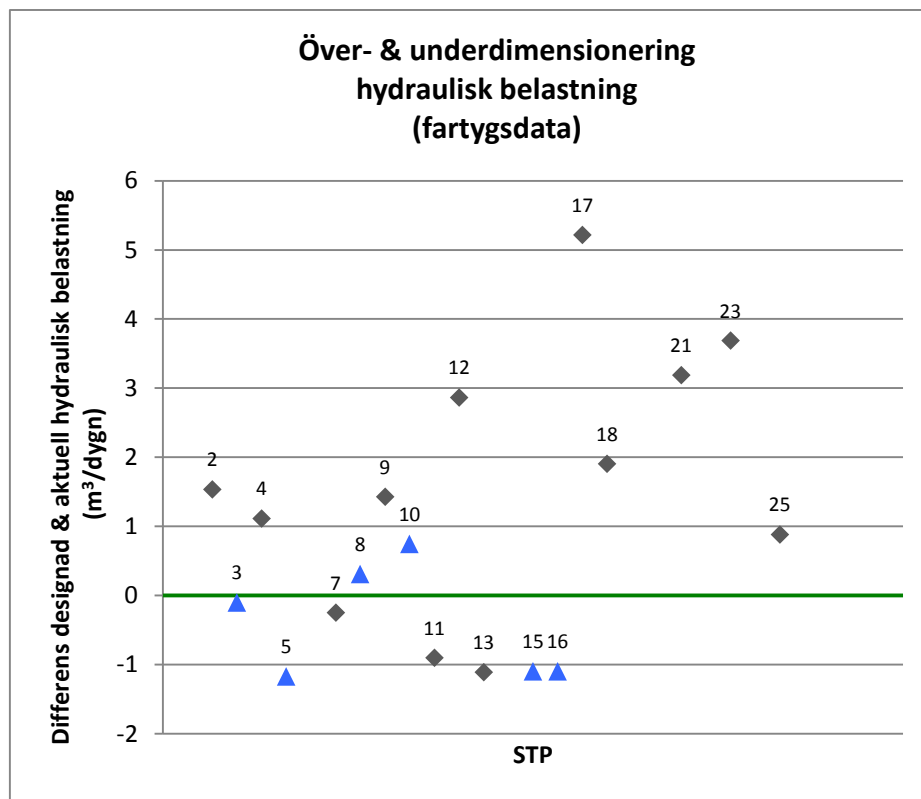
*pd = person och dygn

Figur 8 visar utfallet för varje enskild STP i den teoretiska estimeringen av dess beräknade organiska belastning, i förhållande till dess typgodkännande. Utfallet ger underdimensionering för 22 % av fallen.



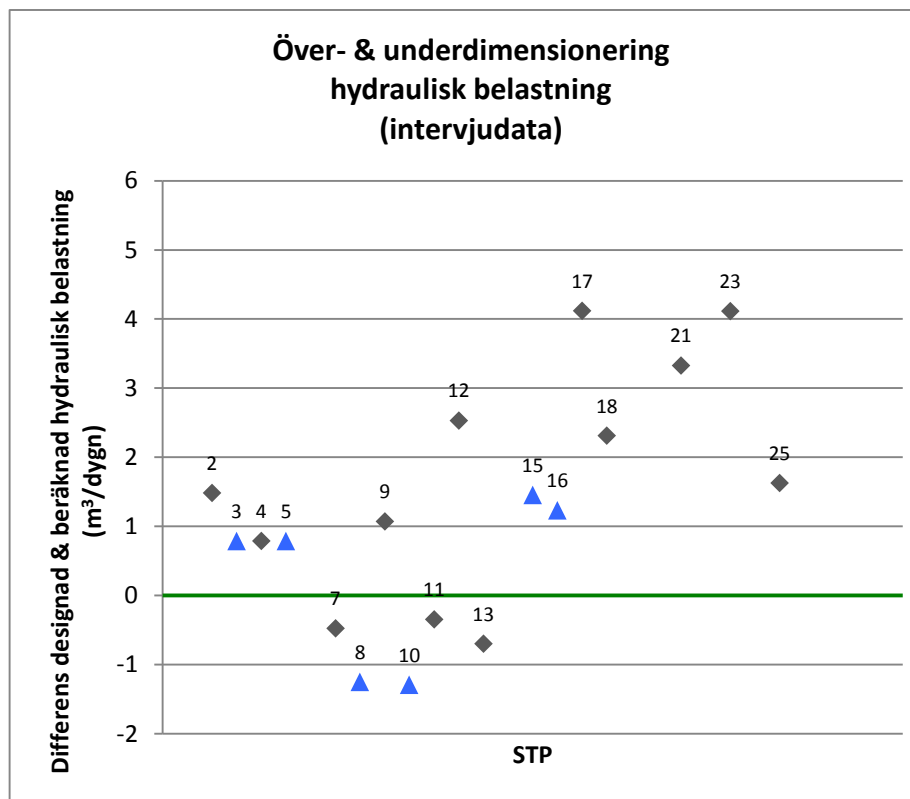
Figur 8. Över- & underdimensionering av organisk belastning för utredda STP

Figur 9 visar utfallet för varje enskild STP med avseende på dess *aktuella* hydrauliska belastning, i förhållande till dess typgodkännande. Utfallet ger underdimensionering för 39 % av fallen.



Figur 9. Över- & underdimensionering av hydraulisk belastning för utredda STP (fartygsdata)

Figur 10 visar utfallet för varje enskild STP i den teoretiska estimeringen av dess *beräknade* hydrauliska belastning, baserat på intervjuvärden i Tabell 5, i förhållande till dess typgodkännande. Utfallet ger underdimensionering för 28 % av fallen.



Figur 10. Över- & underdimensionering av hydraulisk belastning för utredda STP (intervjudata)

De markerade utfallen i diagrammen är de STP som varierar mellan över- & underdimensionering beroende på använd bakgrundsdata.

3.3. Inspektion och kontroll

Fartygs återkommande revidering av ISPPC utförs högst likartat bland de intervjuade klassningssällskapen. Revideringen sker i samband med ett större klassningstillfälle och kontrollen inriktar sig på dokumentation och visuell inspektion. Fartyget kontrolleras så att inga förändringar gjorts utifrån erhållet ISPPC, att anläggningen är typgodkänd och maskinellt fungerande med avseende på pumpar, kompressorer och nivåarm samt att dess allmänna yttre skick är tillfredsställande.

Varken klassningssällskap eller myndigheter uppger att någon provtagning utförs vid revideringen av ISPPC alternativt vid flaggstatsbysiktningar, med avseende att kontrollera renad sewage gentemot utsläppskraven. Anläggningen antas prestera enligt dess typgodkännande och därmed leva upp till utsläppskraven.

3.4. Uppfattningar och erfarenheter

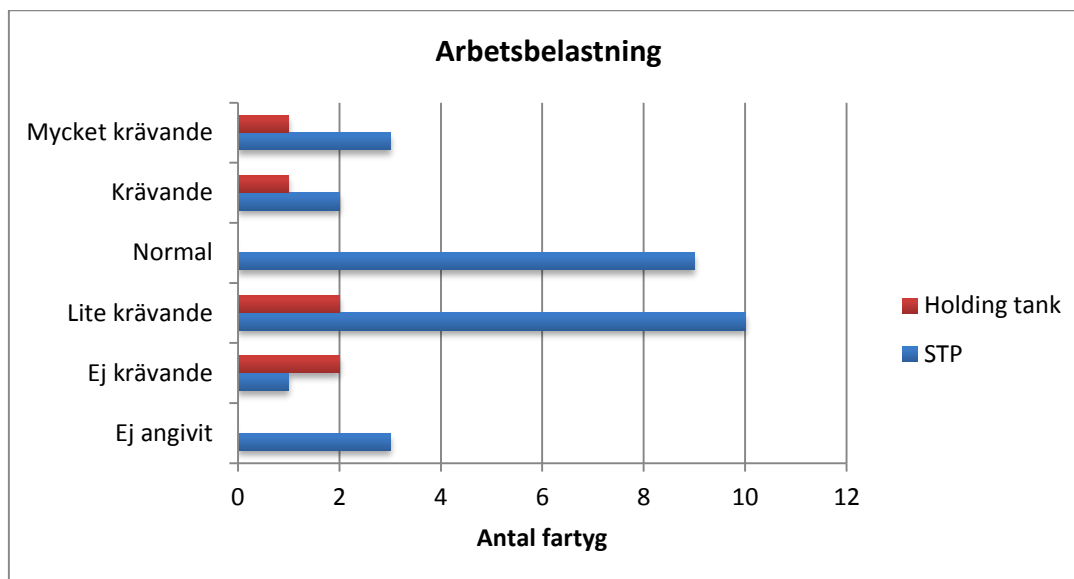
Två av tillverkarna lämnar garanti på att anläggningen presterar inom ramarna för sitt typgodkännande, så länge underhålls- och driftsinstruktioner följs.

Gemensamt för tillverkarna är önskemål på standardiserade värden för hydraulisk och organisk belastning producerad per person och dygn. Avsaknaden av en sådan standardisering öppnar upp för oseriösa tillverkare och snedvrider konkurrensen vid upphandling av en STP. Hälften av de medverkande tillverkarna efterfrågade även kontinuerlig mätning av utsläppen från anläggningen. En kontinuerlig mätning skulle kunna visa trender på utsläppen och i jämförelse med värden ifrån typgodkännandet ge en indikation på hur väl anläggningen presterar.

Kontrollorganen anger regelverket som gemensam anledningen till varför förfarandet vid besiktning och omcertifiering inte är mer långtgående. Regelverket statuerar enbart utsläppskrav vid typgodkännande av en STP, vilket utförs enligt givna normer under en 10-dagars period. Inga rekommendationer existerar med avseende på:

- Hur en representativ provtagning skall utföras vid ett enskilt tillfälle
- Vilka analysvärden som får anses vara godtagbara vid det enskilda provtagningstillfället

Utifrån de systemlösningar som tidigare nämnts, presenteras i Figur 11 fartygens driftspersonals syn på arbetsbelastningen vid hantering av sewage. Gemensamt för samtliga fartyg utom två, är en tro på att ombordvarande STP lever upp till utsläppskraven.



Figur 11. Arbetsbelastning vid hantering av sewage för deltagande fartyg

4. DISKUSSION

Resultatdiskussion

Den huvudsakliga problematiken med hantering av sewage börjar redan i nybyggnationsfasen, där ett väl avvägt system skall tas fram för givet fartyg. De olika involverade parterna vid framtagandet av system drivs av olika incitament och har varierande kunskaper om sewage, vilket förmodligen är faktorer som ej bidrar till ett system som är optimalt ur miljömässig synvinkel. Den avsaknad som våra resultat visar finns kring utsläppskontroll för säkerställande att driftgående STP verkligen presterar i enlighet med rådande utsläppskrav, se Tabell 1, bidrar troligtvis till en minskad benägenhet att installera högpresterande anläggningar. Det är givet att vare sig varv eller fartygsägare uppmuntras till att investera i tekniskt mer avancerade anläggningar, när det för erhållandet av ISPPC enligt nu gällande regelverk (IMO, 2004), anses fullt tillräckligt med en på marknaden godtycklig typgodkänd anläggning. Potentiellt skulle detta kunna leda till en situation där tillverkare inte motiveras till att vidareutveckla anläggningar för att bli effektivare än vad regelverken kräver.

Uppfattning om den hydrauliska och organiska belastning som varje enskild individ utgör på systemet har visat sig variera kraftigt bland de intervjuade parterna. Gemensamt är dock att den hydrauliska belastningen genomgående uppskattas vara lägre än den verklighet som fartygens enkätsvar utgör. Enkätsvaren varierar mer kraftfullt än data insamlad ifrån intervjuer, vilket torde bero på enkätens större andel deltagande samt fartygens olika förutsättningar att uppskatta producerad svart- och gråvattenflöde. De datakällor som ligger till grund för medelvärdena på organisk belastning är samtliga nordeuropeiska och därmed geografiskt samlade. Troligt är att spridningen för den organiska belastningen inte är fullt lika stor som ett vidare geografiskt deltagande skulle medfört. Variationerna bland de i resultatet presenterade dimensionerande värdena visar att ingen fastslagen standard finns, vare sig i regelverken eller inom branschen, för att avgöra kapaciteten hos en STP med avseende på besättningsstorlek. Det enda måttet på anläggningens kapacitet visar sig vara den totala hydrauliska- och organiska belastningen (IMO, 2006). Tillverkare har således möjlighet att fritt välja utifrån vilka värden deras anläggning skall dimensioneras. En tillverkares anläggning kan därmed marknadsföras för en viss besättningsstorlek, medan identisk anläggning skulle vart ämnad för en betydligt mindre besättning utifrån en annan tillverkares dimensioneringsvärden. Därmed kan en orättvis konkurrens bland tillverkare uppstå där kostnaden för en STP får större betydelse vid upphandling än dess faktiska förutsättningar att klara utsläppskraven, med i rapporten tidigare nämnd miljöpåverkan som potentiell följd, se 1.4.2.

Varken vid utfärdandet av fartygs ISPPC eller dess regelbundet återkommande revidering tas någon hänsyn till vilka förutsättningar en STP har att prestera enligt sitt typgodkännande, och därmed efterleva utsläppskraven. Så länge fartyg har en typgodkänd STP, se 1.4.1, antar kontrollorganen att den är väl dimensionerad för fartyget och således lever upp till utsläppskraven. Ett direkt felaktigt antagande, då det i resultatet av undersökningen framgår att flera medverkande fartyg har anläggningar vars gränsvärden överskrider i relation till sitt typgodkännande. Examensarbetet innefattar ej någon ombordvarande fältstudie med provtagning på driftgående STP, utan endast en estimering utifrån i enkäten angivna svart- och gråvattenflöden, samt teoretiskt beräknade medelvärden. Om en fältstudie hade utförts skulle resultatet för antalet STP som ej når upp till utsläppskraven se annorlunda ut, då även faktorer som drift, underhåll samt fartygs verkliga organiska belastningar hade tagits med i beräkningarna.

Anledningen till varför kontrollorganen inte utför någon provtagning på ombordvarande anläggningar, framkom vid intervju vara dels avsaknaden av klara direktiv för utförande av provtagning samt bristen på standardiserat förfarande för erhållande av en representativ provtagning. Då provtagning vid typgodkännande pågår under en 10-dagars period, skulle svårligen ett enda provtagningstillfälle kunna anses utgöra tillräcklig grund för att avgöra om en anläggning efterlever utsläppskraven. Ett komplement, och i framtiden möjligt alternativ, till manuell provtagning skulle kunna vara kontinuerlig mätning vid utsläppstillfället av behandlad sewage. Genom att kontinuerlig mätning sätts i relation till värden tillskansade vid typgodkännande, skulle indikation ges på hur väl anläggningen presterar. På sikt skulle denna teknik kunna leda till utveckling av STP där utsläpp av sewage med för höga gränsvärden förhindras. Dessutom skulle möjligheter ges att utvärdera anläggningens underhållsbehov samt erhålla automatisk loggning av utsläpp.

I de fall en STP inte skulle visa sig leva upp till utsläppskraven blir den tekniska ansvarsfrågan problematisk. Tillverkaren kan inte stå till svars för en anläggning som inte når utsläppskraven då det belastas utöver dess typgodkännande. Fartyget kommer i brist på loggning av inflödet till STP få svårt att bevisa att överbelastning ej skett. Utöver att typgodkännandet ej överskrids, ställs det från tillverkaren krav på besättningen att drifts- och underhållsinstruktioner följs för att utsläppskraven skall kunna uppnås. Resultatet visar att driftspersonal generellt sett anser att hantering av sewage inte är mer arbetskrävande än normalt, varpå drifts- och underhållsförfarande av STP inte sticker ut som en betydande faktor till att anläggningar ej skulle leva upp till utsläppskraven. Därmed torde ansvaret vara redarens att tillse att korrekt anläggning med tillräcklig kapacitet finns installerad ombord. Resultaten ifrån enkäten visar här på en begränsad kunskapsnivå för valet av STP, då det antingen medvetet eller omedvetet installerats anläggningar enligt MEPC.2(VI) på fartyg byggda efter 1 januari 2010.

Metoddiskussion

Avsikten var att inhämta kvantitativ data ifrån ett stort antal fartyg, varför valet av metod föll på användandet av enkät. Enkäten utformades med slutna frågor där möjligheter till fritext begränsades till en avslutande kompletterande fråga, för att på så vis erhålla enhetliga svar som lämnar lite över för egen tolkning. Frågorna togs fram i samarbete med personer med insikt i branschen, vilket ökar chanserna att för resultatet erhålla relevanta svar. Metoden lämpar sig väl för ändamålet då tidsramen är begränsad och chansen för ett stort antal respondenter anses vara god (Denscombe, 2010). Begreppet ett stort antal respondenter är givetvis relativt, men med tanke på de 34 geografiskt spridda fartygen får ett genomförande med intervjuer anses ogenomförbart utifrån vår tidsaspekt samt ekonomiska resurser. Vi anser oss nöjda med en svarsfrekvens på 22,7 % då vi inledningsvis i arbetet förväntade oss runt 15 %. Ett tänkbart skäl till den tillfredsställande svarsfrekvensen kan vara det konfidentiella deltagandet som respondenterna utlovades vid medverkan i enkäten. Inga påtryckningar i form av ytterligare utskick gjordes för att öka andelen respondenter, vilket motiveras med att vi ej hade direkt kontaktinformation till samtliga fartyg då distribution även skett via rederi.

Utformning och insamling av enkäter skedde företrädesvis via en onlinetjänst tillhandahållen av Google, vilket avsevärt förenklar inhämtning och bearbetning av data. I de fall fartyg saknade tillfredsställande internetuppkoppling mottogs även svar via mail. Enkäten riktade sig till fartygets driftstekniska personal, men det kan ej säkerställas att respondenten är den person med bäst insikt i fartygets hantering av sewage, vilket är något som skulle höjt svarens tillförlitlighet. Då resultaten kring över- och underdimensionering för medverkande STP till stor del bygger på uppskattade flöden på svart- och gråvatten, påverkas givetvis resultatet av hur väl dessa uppskattningar utförts. I rapporten valdes det därmed att ej behandla de inkomna svar som ansågs vara helt orimliga, i syfte att öka resultatets tillförlitlighet.

För att säkerställa tillförlitligheten i de ur enkäten tillskansade svaren hade besök på responderade fartyg varit en möjlighet (Denscombe, 2010), något som även utvärderades i förstadiet till examensarbetet. Avsikten skulle vara att besöka fartyg trafikerandes Göteborgs hamn för personlig intervju och provtagning av installerad STP, med avseende på utflödets och inflödets BOD₅-halt samt TSS-halt. Provtagningen skulle ge svar på hur väl anläggningen presterar vid provtagningstillfället, vilket indikerar om utsläppskraven efterlevs. Att utföra en sådan typ av ingående undersökning på varje deltagande fartyg hade dock i de flesta fall varit en praktisk omöjlighet, både med avseende på tid och fartygens geografiska lägen. Utifrån det faktum att ingen av respondenterna frekvent trafikerar Göteborg, antogs intresset för medverkan i en icke standardiserad provtagning vara betydligt lägre än att medverka i enkäten. Antalet provtagningar skulle därför sannolikt bli allt för få att grunda definitiva resultat på.

Ifrån fartygsdesigners, STP-tillverkare, klassningssällskap och myndigheter efterfrågades svar både av kvalitativ och kvantitativ art, vilket föranledde att utifrån frågeformulär använda olika metoder för semistrukturerade intervjuer. Fördelen blir att intervjun utgår ifrån en riktad agenda, som utöver renodlade svar ändå inbjuder till öppen diskussion. Frågeformulären är uppbyggda efter likartade frågeställningar, men skiljer sig i detaljfrågor som anpassats för aktuell part. Enhetligheten bland intervjuerna underlättade en övergripande sammanställning av parterna syn på hantering av sewage. Respondenterna i intervjuerna bestod av individer med god insikt inom ämnet, vilket gör att svaren får anses som tillförlitliga. Genom att frågeformulären utformades i samarbete med personer som har kunskap inom ämnesområdet, anses frågorna vara relevanta.

I de fall representanter fanns i Göteborg med omnejd eftersträvades i första hand en på-platsintervju. Då på-platsintervju utfördes leddes intervjun av en person som koncentrerade sig på att intervjua respondenten, medan den andre personen koncentrerade sig på att dokumentera intervjun. I övriga fall använde vi oss antingen av mailintervju eller telefonintervju, beroende på vilket sätt som ansågs möjligt för aktuellt fall. Telefonintervjuer utfördes endast av en person, som då både dokumenterade och styrde intervjun. Vid mailintervju var det, av förklarliga skäl, inte nödvändigt med någon uppdelning av intervjugruppen då intervjun skedde via mailkorrespondens. Det är en nackdel att inte samtliga intervjuer genomfördes enhetligt, då kvalitén på tillskansad information kan tänkas variera beroende på använd metod. Vid framför allt telefonintervjuer är risken att den person som ensam intervjuar och dokumenterar svar inte kan tillskansa sig all given information, och därmed finns möjligheten att endast delar av hela svar antecknas. Liknande risk är mycket mindre vid en på-platsintervju, där både den som styr och den som dokumenterar intervjun har en god uppfattning om vilka svar som angetts. Liknande risk för att information förringas får anses vara helt eliminerad vid mailintervju, där svaren ges direkt i frågeformuläret utan att intervjuare kan dokumentera svaren utefter egen tolkning. Svaren sinsemellan parterna var likartade vid samtliga typer av intervjuer, vilket tyder på att svaren har en god tillförlitlighet (Denscombe, 2010).

5. SLUTSATS

MARPOL Annex IV är i aktuell utgåva ett bristande regelverk för kontroll av fartygs hantering av sewage. Avsaknaden av standardiserade dimensioneringsvärden är den enskilt största bidragande faktorn till rådande problematik. Den idag obefintliga utsläppskontrollen möjliggör installation av anläggning som inte är rätt dimensionerad för givet fartyg, med avseende på anläggningens typgodkännande. Utifrån detta ter sig risken påtaglig att en betydande del av handelssjöfartens STP ej har de förutsättningar som krävs för att nå fastslagna utsläppskrav. Resultatet blir framförallt en potentiell miljö- och hälsorisk, men även teknikhämmande risker uppstår i form av en missgynnsam marknad för innovativa tillverkare.

Lösningar till några av de problem som idag finns vid hantering av sewage ombord på handelsfartyg skulle kunna utgöras av följande:

- Standardiserade dimensionerande värden för hur anläggningen belastas utifrån enskild individ
- Direktiv på provtagning och standardiserat provtagningsförfarande
- Införa krav på förande av loggbok vid utsläpp, vilket skulle kunna implementeras direkt ifrån klassningssällskapens EP-noteringar

För att dessa lösningar skall kunna implementeras i dagens handelssjöfart krävs en revidering av Annex IV, vilket medför att ansvaret ligger på den internationellt styrande sjöfartsorganisationen IMO. Sjöfarten måste ständigt utvecklas för att efterleva rådande och kommande krav på miljö och hållbar utveckling. Utsläpp av sewage utgör ett av de miljöproblem som regleras under MARPOL, och får således betraktas som en viktig del i det arbete som krävs för att uppnå den miljövänliga sjöfart som eftersträvas. Det är därför nödvändigt att styra alla medverkande parter mot samma mål, oavsett om det avser tillverkare, kontrollorgan eller fartyg.

Förslag till fortsatta studier inom ämnet

Examensarbetet har undersökt dagens problem vid hantering av sewage inom handelssjöfarten. En studie av hur STP ombord på fartyg faktiskt presterar, genom provtagning och analys av behandlad sewage, skulle ge värdefull komplettering till denna rapport i form av faktiska bevis. Detta skulle stärka bilden av problematiken kring sewage, vilket kan ge IMO ytterligare incitament att utvärdera nödvändiga revideringar i gällande regelverk.

Ett ytterligare förslag till vidare forskning inom ämnet är hur passagerarfartyg trafikerandes Östersjön kommer att påverkas av de nya regler som träder i kraft 2016 respektive 2018. Regelverket ställer även krav på att producerad sewage skall kunna lämnas iland, om fartyg ej har en STP installerad ombord. En intressant fråga är vad som händer då ett passagerarfartyg endast har en holding tank ombord, och hamnen inte har kapacitet att ta emot fartygs sewage. Här skulle även möjligheterna till utvinning av biogas ur omhändertagen sewage kunna utredas.

REFERENSER

1976. *MARPOL Annex IV MEPC.2(VI)*. London, International Maritime Organization.
2004. *MARPOL Annex IV MEPC.115(51)*. London, International Maritime Organization.
2006. *MARPOL Annex IV MEPC.159(55)*. London, International Maritime Organization.
2008. *MARPOL Annex VI MEPC.176(58)*. London, International Maritime Organization.
2010. *33 Code of Federal Regulations 159*. Washington, Department of Homeland Security.
2011. *MARPOL Annex IV MEPC.200(62)*. London, International Maritime Organization.
2012. *Environmental Safety for Ships and Mobile Offshore Units*. Haugesund, Norwegian Maritime Authority.
2013. *Environmental Class*. Høvik, Det Norske Veritas.
- Alaska Department of Environmental Conservation. (2001) *Alaska Cruise Ship Initiative Part 2*. Juneau: Alaska Department of Environmental Conservation.
- American Water Works Association. (1999) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20. uppl. Washington: American Water Works Association.
- Bernes, C. (2005) *Förändringar under ytan*. Stockholm: Naturvårdsverket. Monitor 19.
- Cheremisinoff, N.P. (2002) *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Boston: Butterworth-Heinemann.
- Clendenon, C. och Atkins, W.A. (2003) Pollution of the Ocean by Sewage, Nutrients and Chemicals. I *Water: Science and Issues*, red. Dasch, E.J, ss. 236-242. New York: Macmillan Reference USA.
- da Silva, A.M.E.V., da Silva R.J.N.B. och Camões, M.F.G.F.C. (2011) Optimization of the determination of chemical oxygen demand in wastewaters. *Analytica Chimica Acta* vol. 699, nr. 2, ss. 161-169.
- Denscombe, M. (2010) *The good research guide: for small-scale social research projects*. 4. uppl. Berkshire: Open University Press.
- DHV Consultants BV et al. (1999) *How to measure dissolved, suspended & total solids*. New Delhi: Hydrology Project.
- Eley, W.D. och Morehouse, C.H. (2003) Evaluation of New Technology for Shipboard Wastewater Treatment. I *OCEANS 2003*; 22-26 september 2003, Juneau. ss. 748-753.
- Hachich, E.M et al. (2012) Comparison of thermotolerant coliforms and *Escherichia coli* densities and freshwater bodies. *Brazilian Journal of Microbiology*, vol. 42, nr. 2, ss. 675-681.

Hamworthy. (2013) Sewage Treatment Plant – Super Trident STA-C and ST-C. *Sewage Treatment Plant – Hamworthy*. <http://www.hamworthy.com>. (2013-03-21).

Havs- och Vattenmyndigheten. (2012) Algblooming. *Havs- och Vattenmyndigheten*. www.havochvatten.se. (2013-03-02).

Hänninen, S. och Sassi, J. (2009) *Estimated nutrient load from waste waters originated from ships in the Baltic Sea area – Updated 2009*. Espoo: VTT.

International Maritime Organization. (2013a) Prevention of Pollution by Sewage from Ships. *IMO - Sewage*. www.imo.org. (2013-02-25).

International Maritime Organization. (2013b) Summary of Status of Conventions. *IMO Status of Conventions*. <http://www.imo.org/About/Conventions/StatusOfConventions/Pages/Default.aspx>. (2013-04-22).

Loehr, L.C et al. (2005). The significance of dilution on evaluating possible impacts of wastewater discharges from large cruise ships. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 52, nr 6, ss. 681-688.

Länsstyrelsen Skåne. (2013) Algblooming. *Länsstyrelsen Skåne*. www.lansstyrelsen.se/skane. (2013-03-02).

Northern Arizona University. (2013) The Fundamental Microbiology of Sewage. *Northern Arizona University*. www.nau.edu. (2013-03-03).

Penn, M.R., Pauer, J.J. och Mihelcic, J.R. (2009) Biochemical Oxygen Demand. I *Environmental and Ecological Chemistry – Volume 2*, red. A. Sabljicaytex, ss. 278-297. Oxford: EOLSS Publishers Co Ltd.

Toze, S. (1997) *Microbial Pathogens in Wastewater*. Melbourne: CSIRO LAND and WATER.

Transportstyrelsen. (2012) *Klassificeringssällskap*. <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Sjofart/Tillsyn/Klassificeringssallskap/>. (2013-03-27).

United States Environmental Protection Agency. (2008) *Cruise Ship Discharge Assessment Report*. Washington DC: United States Environmental Protection Agency.

World Health Organization. (2003) Faecal pollution and water quality. I *Guidelines for safe recreational water environments*, red. World Health Organization, s. 54. Genève: World Health Organization.

BILAGOR

Bilaga 1: Frågeformulär myndigheter

Bilaga 2: Frågeformulär klassningssällskap

Bilaga 3: Frågeformulär fartygsdesigners

Bilaga 4: Frågeformulär STP-tillverkare

Bilaga 5: Fartygsenkät

CHALMERS



Jonas Lengquist, lengquis@student.chalmers.se
Anders Hedberg, andhedb@student.chalmers.se

Authority:
Name:
Job title:
Date:

What quantities do you estimate is produced per person from the following:

1. Blackwater – vacuum system (l/day):
2. Blackwater – water system (l/day):
3. Graywater (l/day):
4. BOD₅ blackwater:
5. BOD₅ graywater:
6. TSS blackwater:
7. TSS graywater:

Inspection of sewage systems

8. Is it common for the sewage systems on board ships to receive remarks during inspections?
9. What is checked during an inspection, with regards to sewage?
10. Is it ever controlled that the Sewage Treatment Plants meet the effluent regulations?
11. If control of sewage effluent is performed, where are the samples taken (influent, effluent, in oxidation tank)?
12. What is the procedure for performing a representative sampling of the Sewage Treatment Plant?
13. If sampling of the Sewage Treatment Plant is performed, what substances are supposed to be analyzed?
14. Other thoughts and inputs

CHALMERS



Jonas Lengquist, lengquis@student.chalmers.se
Anders Hedberg, andhedb@student.chalmers.se

Classification society:

Name:

Job title:

Date:

General Questions

1. What is your' opinion of the sewage handling on board the vessels (well-functioning, high priority etc.)?
2. What is your' opinion of the graywater handling, and do you think this will be regulated in MARPOL 73/78 in the future? If yes, in what annex?
3. What is the trend among new buildings – do they tend to install Sewage Treatments Plant rather than rely on holding tanks?
4. Do you have any higher regulations for Sewage Treatment Plants in your EP-note (Environmental Protection)?

What quantity do you estimate is produced per person from following:

5. **Blackwater – vacuum system (l/day):**
6. **Blackwater – water system (l/day):**
7. **Graywater (l/day):**
8. **BOD₅ blackwater:**
9. **BOD₅ graywater:**
10. **TSS blackwater:**
11. **TSS graywater:**

System layout

12. **What size do you recommend for a 'Sewage Holding Tank'?**
13. **Are there any special requirements for how the tank should be designed (ventilation, coating, material etc.)?**
14. **Many vessels have a food disposer in the galley. How do you recommend this to be connected – to graywater, blackwater or separately?**

Procedure at the periodic recertification of ISPPC?

15. Performed randomly or at main reclassification occasions?
16. What will be checked during the recertification?
17. If you take samples. Where on the Sewage Treatment Plant (influent, effluent etc.)?
18. Procedure to get such a representative sample as possible (interval, amount, number of samples etc.)?
19. What substances are meant to be tested?
20. Consequences if effluent regulations are not achieved?
 - when not a sufficiently big holding tank is present?
 - when a sufficiently big holding tank is present?
21. Is the procedure for recertification of the ISPPC the same for MEPC.159(55) and MEPC.2(VI)
22. Other thoughts and inputs

CHALMERS



The authors of this questionnaire are Anders Hedberg and Jonas Lengquist, final year students of the Marine Engineering programme at Chalmers University of Technology. We are currently writing a Bachelor of Science thesis about the sewage handling on board cargo ships today.

Through this questionnaire, we would like to obtain information from you as a ship builder, from what parameters you base the dimensioning of the sewage system and what Sewage Treatment Plant (STP) to be used. Only systems used on board ships not meant for passengers and with crew sizes up to 100 persons are of interest.

Most thankfully,

Anders Hedberg – andhedb@student.chalmers.se

Jonas Lengquist – lengquis@student.chalmers.se

Designer:
Contact person:
Position:
Date:
Comments:

System layout

1. If a Sewage Treatment Plant (STP) is to be used aboard, do you design the sewage system based on the chosen STP, or do you chose the STP based on the system layout?
2. Is the STP manufacturer often consulted before the sewage system is designed?
3.
 - a) Do you usually fit a holding/receiving tank before the STP?
 - b) From what parameters do you base the size of tank on?
4. How do you design the greywater system (galley greywater excluded):
(choose one option)
 - a) *Mixed with blackwater in holding tank before STP*
 - b) *Discharged directly into the STP*
 - c) *Discharged to separate holding tank dedicated for greywater*
 - d) *Discharged directly overboard*
5. Is galley greywater usually connected with above greywater system? If not, how is it handled?
6. What is most commonly installed, water or vacuum toilets?
7. What quantities of grey- and blackwater do you estimate is produced per person/day? From where does this value origin?

Sewage Treatment Plant

8. Is the STP manufacturer often consulted when ordering an STP? In what way?

9. From what ship specific parameters do you chose an STP?

(average/max crew size, vacuum/water system etc.)

10. Generally, do you chose an approved STP by:

(rank from 1-5, where 1 is the main reason)

a) Price

b) Treatment process

c) Treatment efficiency

d) Manufacturer

e) Easy to operate

11. Other information or inputs:

CHALMERS



The authors of this questionnaire are Anders Hedberg and Jonas Lengquist, final year students of the Marine Engineering programme at Chalmers University of Technology in Sweden. We are currently writing a Bachelor of Science thesis concerning the sewage handling on board cargo ships today.

Through this questionnaire, we would like to obtain information from you as a manufacturer of Sewage Treatment Plants (STP) regarding how you dimension STP for crew sizes up to 100 persons. Only systems used on board ships not meant for passengers are of interest.

Most thankfully,

Anders Hedberg – andhedb@student.chalmers.se

Jonas Lengquist – lengquis@student.chalmers.se

Manufacturer:
Contact person:
Position:
Date:
Comments:

Dimensioning

1. What ship specific parameters do you take into account when dimensioning a STP to comply with MEPC.159(55)?
2. What is the main difference in dimensioning a STP to meet the effluent regulations in MEPC.159(55) or MEPC.2(VI)?
3. Is your STP also able to handle grey water? If yes, how will this affect the dimensioning of the STP?
4. What amount of black water and its BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand) content do you estimate is produced per person/day? From where is this value calculated?
5. What amount of grey water and its BOD₅ content do you estimate is produced per person/day? From where is this value calculated?
6. What amount of excess sludge do you estimate is produced in your STP when working at designed level?
7. Is there any special requirements on the layout of the sewage system that is needed to be fulfilled to ensure a correct sewage treatment?

Regulations and ISPPC

8. Is your STP ISPPC-type approved ashore or at sea?
9. Do you follow up the results of the ISPPC renewal survey?
10. Do you provide any guarantee that your STP will comply with MEPC.159(55)? If yes, for how long?

Other...

11. Are you often consulted by the shipyards when they are ordering a STP? In what way?
12. Is there anything in the resolution MEPC.159(55) that you think should be stated more clearly?
13. Other information or inputs:

CHALMERS



The authors of this survey, Anders Hedberg and Jonas Lengquist, are final year students of the Marine Engineering programme at Chalmers University of Technology in Sweden. We are currently writing a Bachelor of Science thesis concerning sewage handling on board cargo ships today, where this survey is a main part in our investigation. Your answer in this survey is of the utmost importance for this investigation, and we are truly grateful for your participation.

The survey is divided into two parts; firstly, you are asked to submit some general information about the ship. Then, depending on if there is a sewage treatment plant on board or not, you will be asked to answer a few questions regarding the sewage system and the eventual sewage treatment plant on board your ship. We estimate that it takes roughly 10 minutes to complete the survey.

Please answer as many questions as possible. If there are questions without a suitable option for your answer, you may choose to either tick in the box marked "other" and submit your answer there, or submit your answer in the free text field provided at the end of the survey.

We guarantee that your participation and your answers will be handled confidentially, and there will be no way in the final report to distinguish from which ship these answers origin.

NOTE: We would prefer if you submit your answers in this online form which will be available until the 12th of April:

<https://docs.google.com/forms/d/1qV0INbj9hAORYhXHjDNLfwLTcYl7GHFTSyd64lYyL2c/viewform>

Most thankfully,

Anders Hedberg, andhedb@student.chalmers.se

Jonas Lengquist, lengquis@student.chalmers.se

Information about the ship

What is the ships call-sign?

What is the ships flag state?

What is the ships classification society?

Type of ship? (Product tanker, RoRo, Bulk, mm)

When was the ship built?

- ☐ Before 1 January 2010
- ☐ After 1 January 2010

What is the size of the ships crew?

What is the main area of operation?

- ☐ World Wide
- ☐ Europe
- ☐ Baltic Sea
- ☐ Other

What type of flushing system is used on board your ship?

- ☐ Vacuum
- ☐ Water

Sewage Treatment Plant

(only to be answered if a Sewage Treatment Plant is used)

Manufacturer of your sewage treatment plant?

Model of your sewage treatment plant?

When is your sewage treatment plant used?

- ☐ Always
- ☐ Always, but not outside the 12nm line from nearest land
- ☐ Never

What is the capacity of the holding tank before sewage treatment plant?

(If no holding tank is present on board, please answer N/A)

m³

What is the average blackwater flow to the holding tank, or the sewage treatment plant?

m³/week

What is the average effluent flow out from the sewage treatment plant?

m³/week

How much sewage sludge is collected from the sewage treatment plant?

m³/week

How is the sewage sludge handled?

Choose the discharge method most frequently used on board your ship

☐ Discharged overboard

☐ Discharged ashore

☐ Other

How is the greywater handled on board?

☐ Discharged directly overboard

☐ Discharged directly to the sewage treatment plant

☐ Discharged to a separate holding tank dedicated for greywater

☐ Mixed with blackwater in holding tank before the sewage treatment plant

What is the average greywater flow?

m³/week

Is any of the food waste disposed to the greywater system?

☐ Yes

☐ No

Is there a fat trap installed on board?

Multiple options possible

☐ Yes, on galley greywater system

☐ Yes, after the food waste disposer

☐ No

Do you think your sewage treatment plant comply with the effluent regulations?

☐ Yes

☐ No

☐ I don't know

In your opinion, how demanding is the handling of sewage?

(1-5, where 5 is most demanding)

Holding Tank

(only to be answered if only a holding tank is used)

What is the capacity of the sewage holding tank?

 m³

How is the sewage discharged from the holding tank?

Choose the discharge method most frequently used on board your ship

- ☐ Discharged overboard
- ☐ Discharged ashore

What is the average blackwater flow to the sewage holding tank?

 m³/week

How often is the sewage holding tank discharged?

 times/week

How is the greywater handled on board?

- ☐ Discharged directly overboard
- ☐ Discharged to a separate holding tank dedicated for greywater
- ☐ Discharged to the blackwater holding tank

What is the average greywater flow?

 m³/week

In your opinion, how demanding is the handling of sewage?

 (1-5, where 5 is most demanding)

Final questions

Other information or inputs:

If you would like a copy of our final Swedish report, please submit your e-mail address: