

Internalisering av sjöfartens externa kostnader

Sjöfarten påverkar miljön på flera olika sätt. Fartygens emissioner av koldioxid (CO₂) och kväveoxider (NO_x) påverkar klimatet. Deras utsläpp av svavel och kväveoxider påverkar naturen och människors hälsa på stort avstånd, medan utsläppen av partiklar främst är en nackdel i hamn. Vid eventuell förbränning av spilloljor tillkommer ytterligare problem. Därtill kommer avsiktliga och oavsiktliga utsläpp av olja och oljeblandat vatten samt avloppsvatten. I skärgårdarna utgör fartygssvall ett problem. Buller från fritidsbåtar utgör en avsevärd störning. Handelsflottans fartyg är däremot i allmänhet tystgående. Därutöver påverkar fartygstrafiken miljön genom bl.a. miljöpåverkande bottenfärger och oavsiktlig transport med ballastvatten av vattenlevande organismer till områden där de historiskt inte hört hemma.

Av alla dessa problem är det bara emissionerna till luft som omfattas av denna rapport. Utsläppen av kolmonoxid (CO) och flyktiga kolväten (HC) kommer därvid att negligeras. Anledningen är att Sverige inte har några egentliga problem med CO ens i de större städerna och att de marina dieselmotorernas utsläpp av kolväten är relativt obetydliga. De tvåtaktsmotorer som används i fritidsbåtar är däremot en betydande källa till utsläpp av kolväten.

Värdering av utsläppen

I Sverige har de statliga trafikverken kommit överens om en gemensam värdering av de samhällsekonomiska effekterna av utsläpp till luft av olika föroreningar. Dessa kalkylvärden är främst avsedda att användas i samhällsekonomisk kostnadsnyttoanalys av investeringar i ny infrastruktur. De används emellertid också för beräkningar av de olika trafikslagets externa kostnader. Värdena, som i det följande betecknas som SIKA-värden eftersom de publicerats i SIKA:s rapport 1999:6, består av en komponent som avser ämnenas globala och regionala effekter och en som avser deras lokala hälsoeffekter. Den senare komponenten är kraftigt differentierad med avseende på berörda tätorters invånareantal.

För användning inom sjöfarten är främst de regionala kostnaderna av intresse. Vid gång i hamninlopp och hamnar samt i vid användning av dieselgeneratorer i hamn finns det anledning att också beakta de lokala hälsoeffekterna.

SIKA:s värdering av utsläppens regionala och globala effekter framgår av tabell 1, medan tabell 2 redovisar värderingen av lokala hälsoeffekter för några tätorter i Sverige. I båda fallen är prisnivån 1999.

Tabell 1. SIKA:s värdering av utsläppens regionala och globala effekter uttryckt i kr per kg.

Ämne	Värdering
NO _x	60
SO ₂	20
VOC	30
CO ₂	1.50

Källa: SIKA (1999)

Tabell 2. SIKAs värdering av utsläppens lokala hälsoeffekter uttryckt i kr per kg. Exempel för några tätorter med större hamnar i Sverige.

Tätort	Befolkning	Ventilationsfaktor	Värdering av utsläppens lokala effekter (kr/kg)			
			Partiklar	VOC	SO ₂	NO _x
Stockholms innerstad	SHAPE	SHAPE	7 600	45	220	24
Göteborg	481 000	1.0	6 800	40	201	24
Malmö	235 000	1.0	4 800	28	141	17
Helsingborg	85 000	1.0	2 900	17	85	10
Sundsvall	49 000	1.4	3 100	18	90	11

Anm. SHAPE innebär att resultat hämtats direkt från det s.k. SHAPE-projektet (Stockholm Study of Health Effects of Air Pollution and their Economic consequences).

Källa: SIKA (1999)

Myndigheternas värdering utgör ingen absolut sanning. Skadan av koldioxidutsläpp är särskilt svårbedömd. Ingen vet med någon större grad av säkerhet hur omfattande klimatförändringen blir och hur den kommer att påverka olika arter och ekosystem. Av detta skäl har myndigheterna valt att frångå den i övrigt tillämpade principen om skadeståndsberekeningar till förmån för ett försök att fastställa den marginella kostnaden (eller "skuggpriset") för att uppnå transportsektorns etappmål om frysning av utsläppen 2010 på 1990 års nivå. Baserat på diverse antaganden om ekonomisk tillväxt, framtida priser samt inkomst- och priselasticiteter redovisar man SEK 1.50 per kilo CO₂.

Frågan är dock om detta är en rimlig beräkning. Mycket talar för att kostnaden för att frysa utsläppen är väsentligt lägre i andra samhällssektorer än i transportsektorn. Kram m.fl. (1997) kom i en studie över olika EU-länders anpassningskostnader fram till att Sverige borde klara minus 5 procent till 2010 till en marginalkostnad av SEK 1.09 per kilo. Den svenska utredningen om handel med koldioxidutsläppsrättigheter kom till slutsatsen att Sveriges åtagande avseende 2010 (+ 4 %) skulle kunna nås till en marginalkostnad på SEK 0.52 per kilo om man tillåter inhemsk handel med utsläppsrätter (Flexmek-utredningen, 2000). Handel med omvärlden skulle kunna sänka kostnaden ytterligare. Det förefaller mot denna bakgrund mera rimligt att vid en bedömning av sjöfartens miljökostnader använda SEK 0.75 som skuggpris för Sveriges åtagande mot Kyotoprotokollet.

Eftersom koldioxidutsläppen är ett globalt problem finns det ingen anledning att ifrågasätta att samma kalkylvärde ska tillämpas på fartyg som på utsläpp från landbaserade utsläpp i Sverige. Om EU-länderna kommer överens om ett gemensamt system för handel med koldioxidutsläppsrätter, skulle man få ett gemensamt kalkylvärde för CO₂ baserat på utsläppsrätternas marknadspris.

Beträffande svaveldioxid och kväveoxider kan man ifrågasätta det rimliga i att använda samma regionala kalkylvärden för utsläpp från fartyg och landbaserad utsläppskällor. En del av emissionerna kommer i båda fallen att deponera på havsytan, vilket oskadliggör svavelutsläppet och gör kväveoxidemissionen mindre vådlig än vad den skulle ha varit om depositionen skett på land. Kväve som deponerar på havsytan bidrar dock till att göda havet. Övergödningen av Östersjön och delar av Nordsjön orsakas främst av ett överskott av kväve.

Av studier av emissioner, spridningsförhållanden och deposition utförda av EMEP (2000) framgår att 40-50 procent av svavelutsläppen från fartyg på Nordsjön och Östersjön deponerar på land. För kväveoxider är andelen 50-60 procent. För fartyg på Skagerack och Kattegat deponerar förmodligen en lika hög andel av utsläppen på land som från fartyg på Östersjön. Som framgår av tabell 3 är skillnaden liten vid jämförelse med landbaserade utsläpp från Sverige och Danmark. Detta gäller särskilt kväveoxiderna. För svavel kan det dock vid en monetär värdering vara rimligt att ta hänsyn till skillnaden. Det skulle i så fall innebära att varje kilo svaveldioxid som emitteras från fartyg på Östersjön

och den östra delen av Nordsjön värderas till 75 procent av motsvarande utsläpp från landbaserade källor i Sverige, alltså SEK 15 per kilo. För kväveoxider är det rimligt att tillämpa samma värdering oavsett om utsläppet sker från fartyg eller landbaserade källor. Skillnaden i depositionsmonster är liten och den del som deponerar på havsytan bidrar till övergödningen av de kustnära haven.

Tabell 3. Andel av utsläppen av svavel och kväveoxider som deponerar på land. Procent.

Emissionsområde	Svavel	Kväveoxider
Nordsjön	39	51
Östersjön	49	61
Sverige	67	69
Danmark	57	61

Källa: EMEP (2000)

För en noggrann bedömning av handelssjöfartens utsläpp borde hänsyn tas till var utsläppen äger rum. Effekterna av emissioner från fartyg i de inre delarna av Stockholms skärgård och Mälaren skiljer sig knappast motsvarande utsläpp från landbaserade källor. De regionala effekterna från fartyg på öppna delar av Östersjön bör vara ungefär desamma som från utsläpp från landbaserade källor på Gotland. När det gäller emissioner från landbaserade fordon gör de svenska trafikmyndigheterna ingen skillnad på om utsläppen äger rum i södra Sverige eller i Norrlands inland trots att den regionala skadekostnaden troligen är väsentligt större i söder än i norr.

Fortsättningsvis används de svenska trafikmyndigheternas kalkylvärden för regionala skador på utsläpp från fartygstrafiken oavsett var emissionerna äger rum. För svaveldioxid används dock SEK 15 per kilo. För utsläpp i hamnar tillkommer kalkylvärdena för lokala hälsoeffekter.

Värderade på detta sätt ger emissionerna från fartygstrafiken på Östersjön och Nordsjön upphov till skador i storleksordningen SEK 150 miljarder (ε 18 mdr) per år. Därtill kommer effekterna av koldioxidutsläppen.

Emissioner från handelsfartyg

De flesta handelsfartyg använder tjockolja som bunker. Fartyg i kustnära trafik använder dock ofta diesel eller andra destillat. Raffinaderteknikens utveckling mot mera krackade produkter har förstärkt fartygsbunkeroljornas karaktär av restprodukt. De tyngre och mera trögflytande oljorna ger liksom hårdkrackade oljor upphov till högre emissioner av kväveoxider. Inblandning av spilloljor tillför problem som varierar med oljornas kemiska innehåll. Annex VI till MARPOL, som ännu inte ratificerats och trätt i kraft, förbjuder användning av spilloljor inom sjöfarten. Annex VI gör vidare Östersjön och Nordsjön till "special areas" där svavelhalten i bunkeroljan inte får överstiga 1.5 procent. Om och när annexet träder i kraft, kommer det att medföra en förbättring av situationen. För närvarande används bunkeroljor med 2.2-3 procent svavel.

De miljödifferentierade svenska farleds- och hamnavgifterna har tillsammans med kundkrav medfört att över 1400 fartyg som regelbundet angör svenska hamnar under de senaste åren övergått till bunkeroljor med mindre än 0.5 procent för färjor och 1.0 procent för lastfartyg. För fartyg i kustsjöfart som använder marin dieselolja och andra destillat gäller från 1 juli 2000 att svavelhalten inte får överstiga 0.2 viktsprocent. 2008 sänks den högsta tillåtna svavelhalten i sådana bränslen till 0.1 viktsprocent. I Sverige använder de flesta mindre fartyg av distributionstekniska skäl dieselolja med en svavelhalt på högst 0.005 procent svavel (svensk miljöklass 2).

Kväveoxidhalten i rökgasemissionerna bestäms i hög grad av motortyp, belastning och eventuell förekomst av reningsutrustning. Tabell 4 visar en bedömning av de specifika NO_x-utsläppen. De högsta utsläppen per kWh kommer från lågvarviga dieselmotorer, de lägsta från gasturbiner. Gasturbinerna

används emellertid ofta i höghastighetsfartyg med hög bränsleförbrukning. Det innebär att den totala NOx-emissionen kan vara betydande trots att utsläppet per energienhet är litet. Ottomotorer används främst i små fartyg och fritidsbåtar.

Tabell 4. Energieffektivitet och kväveoxidemissioner från utvalda marina motorer.

Motortyp	Verkningsgrad	NOX-emission (g/kWh)
Lågvarvig diesel (60-250 rpm)	48-54	11-21
Medelvarvig diesel (250-1000 rpm)	43-50	8-12
Högvarvig diesel (> 1000 rpm)	40-43	6-8
Gasturbin 10 MW	32-39	0.5-2

Källa: Oftedal m.fl., 1996

Ca 20 handelsfartyg åtnjuter nedsatt svensk farledsavgift och något reducerade hamnavgifter sedan redarna företagit åtgärder i syfte att minska utsläppen av NOx. Det rör sig om tre olika tekniker:

- Vatteninjektion förekommer på två finskregistrerade färjor, Silja Serenade och Silja Sympony. Metoden minskar NOx-emissionen med 20-50 procent men till priset av ökad bränsleförbrukning.
- HAM som står för Humid Air Motor reducerar utsläppen med ca 70 procent. Det sker genom vattenånga tillförs motorns förbränningsluft. Metoden ökar inte bränsleförbrukningen och medför heller ingen höjning av de totala driftkostnaderna. HAM har installerats på Vikings Mariella.
- Flertalet övriga fartyg som åtnjuter sänkt farledsavgift har installerat selektiv katalytisk rening (SCR). Det är en metod för efterbehandling av avgaserna varigenom kväveoxiderna reduceras med 90-95 procent genom reaktion med urea. Förbrukningen av urea utgör viktligt 2-3 procent av bränsleförbrukningen.

Därtill kommer ett mindre antal gasturbindrivna fartyg, vilka kvalificerar sig för reducerad avgift utan att vidta någon extra åtgärd och några äldre fartyg med lägre verkningsgrad och relativt låga NOx-emissioner.

Större handelsfartyg är i allmänhet försedda med 3-4 hjälpmaskinerier som används för att generera elektrisk energi för användning till pumpar, fläktar, belysning, navigationshjälpmedel, kylaggregat m.m.. Dieselgeneratorerna har högre varvtal än huvudmaskinerna och därmed något lägre utsläpp av NOx. Under överresa används ofta bara 1-2 hjälpmotorer. I hamn används full kapacitet bl.a. i samband med lastning/lossning av bilar (större ventilationsbehov) och pumpning av olja från tankfartyg. Även last av frysta varor kräver mycket el. För övriga fartygstyper är behovet väsentligt mindre. Dieselgeneratorerna är sällan föremål för någon form av NOx-reduktion. En del nya fartyg har emellertid under de senaste åren leverats med kväverenade dieselgeneratorer.

De största momentana emissionerna i hamn sker då fartyget manövrerar i hamnen, eftersom både huvudmaskineri och dieselgeneratorerna är i bruk.

Utsläpp från olika typer av fartyg

Handelsfartyg tillverkas inte i de långa serier som gäller för vägfordon och flygplan. I en del fall byggs emellertid fartyg i korta serier om upp till ett tiotal båtar. Flertalet handelsfartyg är dock unika. De saknar identiska systerfartyg. Den stora mångfalden och variationerna gör det svårt att på ett enkelt sätt redovisa sjöfartens emissioner. Eftersom fartygen skrotas först efter 30-40 år finns det också betydande åldersrelaterade skillnader. Av störst intresse i detta sammanhang är kanske att redovisa bränsleförbrukning och emissioner från moderna fartyg med lång återstående användningstid.

Den specifika bränsleförbrukningen hos enskilda fartyg varierar med last, vind- och strömförhållanden samt önskad hastighet. I allmänhet utnyttjar fartygen i genomsnitt 70-80 procent av huvudmaskineriets installerade effekt för att driva propellrarna och ytterligare 10-20 procent används för elgenerering. Alternativt klaras elgenereringen av hjälpmotorer med motsvarande effekt.

Hastigheten har stor betydelse för bränsleförbrukningen. Vid i övrigt oförändrade förhållanden och mindre hastighetsökningar ökar den erforderliga effekten med minst kubiken av hastighetsförändringen. En ökning av ett fartygs hastighet från 10 till 12 knop leder till att bränsleförbrukningen ökar med 73 procent per tidsenhet, men eftersom gångtiden minskar med 17 procent ökar den faktiska bränsleförbrukningen bara med 44 procent.

Tabell 5. Bränsleförbrukning och CO₂-emissioner per dygn från några typfartyg.

Fartygstyp	Storlek brt	Installerad effekt kW	Servicefart knop	Bränsleför- brukning
Bil- och passagerarfärjan Silja Serenade	58 377	43 880	22	65 ton/dygn ¹
HSC färjan ² Stena Carisma	8 631	36 600	34	56 ton/dygn ¹
Ro/Ro-fartyget Tor Selandia	24 200	21 600	21.1	73 ton/dygn
Skogsproduktfartyget Ortviken	18 265	9 930	16	34 ton/dygn
Det stora tankfartyget Stena Commerce ³	159 423	25 485	15	88 ton/dygn
Kusttankfartyget Navigo	10 543	4 860	15	17 ton/dygn
Waxholmsbolagets Vaxö ⁴	IU	1 800	max 22	190 l/timme
Waxholmsbolagets Waxholm II ⁵	IU	820	max 13	155 l/timme
Trålaren Ginneton GG 203	845	2 700	varierar	varierar

1. Silja Serenade och Stena Carisma ligger i hamn ungefär halva dygnet.
2. HSC = High Speed Craft.
3. Stena Commerce befraktar normalt sett inte svenska hamnar
4. Modernt passagerarfartyg i skärgårdstrafik
5. Äldre passagerarfartyg i skärgårdstrafik

IU Ingen uppgift men under 400 brt som är gränsen vid vilken skyldighet att erlägga farledsavgift inträder.

Tabell 6. Typfartygens maskiner och specifika utsläpp av kväveoxider.

Fartygstyp	Maskintyp	NOX-rening	NOx g/kWh
Silja Serenade, renad	medelvarv	Vatteninjektion	5.78
Silja Serenade, orenad	medelvarv	Ingen	14.5
Stena Carisma	gasturbin	Ingen	5.9
Tor Selandia	medelvarv	Ingen	12.0
Ortviken, renad	medelvarv	SCR	0.80
Ortviken, orenad	medelvarv	Ingen	15.0
Stena Commerce	lågvarv	Ingen	ca 20.0
Navigo	medelvarv	Ingen	ca 12.0
Vaxö		Ingen	7.1
Waxholm II		Ingen	12.5
Ginneton GG 203		Ingen	12.0

I tabell 7 redovisas typfartygens dygnsemissioner av svaveldioxid och kväveoxider. Beräkningen är baserad på antaganden om att de orenade fartygen använder bunkerolja med 3 procents svavel och att ingen teknik för rening av kväveoxider installerats. Höghastighetsfärjan använder marin dieselolja och

de minsta fartygen använder diesel av svensk miljöklass II. Uppgifterna för Silja Serenade och Ortviken i renad drift överensstämmer med de faktiska omständigheterna. Exempelen med samma fartyg i orena drift är medtagna för att illustrera den samhällsekonomiska skillnaden.

Tabell 7. Typfartygens emissioner av koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider per dygn samt utsläppens samhällsekonomiska kostnad. Ton och kronor. För färjorna, passagerarfartygen och trälaren är hänsyn tagen till genomsnittligt nyttjande per dygn.

Fartygstyp	Koldioxid		Svaveldioxid ¹		Kvävedioxider		Summa
	Utsläpp	Kostnad	Utsläpp	Kostnad	Utsläpp	Kostnad	Kostnad
Silja Serenade, renad	173	129 675	0.66	9 900	2.1	126 000	265 575
Silja Serenade, orenad	173	129 675	3.90	59 400	5.2	312 000	501 075
Stena Carisma	149	111 750	0.11	1 650	1.4	84 000	197 400
Tor Selandia	194	145 635	4.38	65 700	4.9	294 000	505 335
Ortviken, renad	90	67 500	0.43	6 450	0.15	9 000	82 950
Ortviken, orenad	90	67 500	2.58	38 700	2.8	168 000	274 200
Stena Commerce	234	175 500	2.64	39 600	9.8	588 000	803 100
Navigo	45	33 750	1.35	20 250	1.1	66 000	120 000
Vaxö ²	2.2	1 650	0.00	0	0.03	1 800	3 450
Waxholm II ²	1.8	1 350	0.00	0	0.04	2 400	3 750
Ginneton ³	11	8 250	0.00	0	0.25	15 000	23 250

1. Mängden svaveldioxid (SO₂) blir dubbelt så stor som den ingående mängden svavel.
2. Gångtiden antas vara i genomsnitt 5 timmar per dygn (högre sommartid, lägre vintertid)
3. Gångtiden antas vara i genomsnitt 10 timmar/dygn.

Emissionskostnader – några exempel på fartygsrutter

Silja Serenade gör ca 180 tur och returesor Stockholm-Helsingfors per år. Om hon hade använt bunkerolja med normal svavelhalt (3 %) och rederiet inte hade infört NO_x-reduktion genom vattensprutning, skulle den samhällsekonomiska kostnaden för hennes utsläpp av SO₂ och NO_x ha uppgått till SEK 134 miljoner. Hälften av detta – 67 miljoner – kan anses falla på hennes gång i svenska vatten. Med lågsvavlig bunkerolja (max 0.5 %) och kväverening stannar motsvarande årskostnad på 24.5 miljoner. Mellanskillnaden, SEK 42.5 miljoner, är 21 gånger större än den nedsättning i årlig farledsavgift som fartyget åtnjuter. Silja Serenade erlägger f.n. SEK 3.3 miljoner per år i farledsavgift¹ och skulle orenad ha fått betala 5.3 miljoner. Farledsavgiften för färjor är begränsad till 18 anlöp per kalenderår. Om fartyget hade behövt betala för samtliga 180 anlöp till Stockholm, skulle miljödifferenteringen ha lett till att den årliga avgiften reducerats med ca 20 miljoner. Det betyder alltså att Sjöfartsverket i det här fallet implicit värderat betydelsen av minskade utsläpp till knappt hälften av den nivå man skulle ha fått om man baserat reduktionen SIKA:s kalkylvärden.

Stena Carisma anlöper Göteborg två gånger per dag. Även i hennes fall är dock den svenska farledsavgiften maximerad till 18 anlöp per år. Hon drivs av gasturbiner som utan speciella reningsåtgärder släpper ut 5.9 g NO_x/kWh. Rederiet krediteras med mellanskillnaden mellan 12.0 och 5.9 g. Det ger på årsbasis en reduktion om SEK 149 000. Mätt med trafikverkens kalkylvärden är det samhällsekonomiska värdet av utsläppsreduktionen SEK 30.7 miljoner, varav hälften (SEK 15.4 milj.) faller på färd i svenska vatten. Om den årliga farledsavgiften hade beräknats på samtliga 720 anlöp, skulle nedsättningen av avgiften ha blivit knappt 6 miljoner.

I ett tredje exempel antas att skogsproduktfartyg Ortviken gör 70 tur och retur resor Sundsvall - Kiel per år. Den svenska farledsavgiften är dock begränsad till 12 anlöp av svensk hamn per år. Ortviken

¹ Här tas bara den del av farledsavgiften som utgår från fartygets bruttoregister ton upp. Den del av farledsavgiften som baseras på godsmängden är inte differentierad för skillnader i emissioner.

betalar i dag 548 000 per år och skulle i orenat tillstånd ha fått betala det dubbla. Den samhällsekonomiska kostnaden för utsläppen i svenska farvatten (räknat som 50 % av distansen) uppgår till SEK 1.9 miljoner och skulle i orenat tillstånd ha varit 25.8 miljoner. Mellanskillnaden uppgår till 23.9 miljoner. Om Ortviken hade behövt erlagga farledsavgift för samtliga 70 anlöp, skulle miljödifferenteringen av avgiften ha besparat henne 3.2 miljoner per år. Den svenska farledsavgiften är inte avståndsrelaterad och därför blir skillnaden mellan samhällsekonomisk vinst och faktisk nedsättning större i ett fall med färre anlöp per år (i förhållande till avverkad distans).

Exemplen visar att det från samhällsekonomisk utgångspunkt skulle vara motiverat med en större differentiering av farledsavgiften än den som nu praktiseras. Sjöfartsverket har inte ansett sig kunna göra differentiering större så länge inte motsvarande åtgärd vidtas i grannländerna. Verket har i stället valt att under en övergångstid av fem år utöver nedsatt farledsavgift återbetala den erlagda farledsavgiften för fartyg som installerat SCR eller HAM upp till motsvarande 40 procent av investeringskostnaden.

Man kan också konstatera att installation av teknik för kväveoxidreduktion har hög samhällsekonomisk lönsamhet. Kostnaden för att installera SCR anges nu till SEK 250 000 per MW. För en färja av samma storlek som Silja Serenade innebär det en investering om SEK 11 miljoner. Samhällsekonomiskt är den kostnaden avskrivnen efter en och en halv månad. Därtill kommer dock den ökade drifttidskostnaden. Med den nuvarande differentieringen av den svenska farledsavgiften tar det sju år innan investeringen är betald (räntekostnaderna ej inräknade). Om hänsyn tas till de ökade driftkostnaderna (ca 2 miljoner/år) går dock inte den företagsekonomiska kalkylen ihop, trots att Stockholms Hamn AB i sina hamnavgifter också ger viss kreditering för låga NOx-utsläpp. Om såväl farleds- som hamnavgifterna på båda sidor Östersjön differentierades efter svenskt mönster skulle dock rederiet få kostnadstäckning vid en avskrivningstid på mindre än 10 år.

Det kan också vara intressant att jämföra de avgifter färjorna betalar med den skada deras utsläpp förorsakar. I tabell 8 jämförs Silja Serenade med Stena Carisma. Fartygen har likartade årliga gångsträckor – 95 000 respektive 72 000 sjömil – och exakt samma procentuella nedsättning av farledsavgiften. Stena Carisma håller dock väsentligt högre fart (34 knop mot 22) och har därför höga koldioxidutsläpp. Silja Serenade har mycket större lastkapacitet, men får som framgår av tabell 8 betala en relativt sett mycket högre farledsavgift. Stena Carisma gynnas av att NOx-emissionen vid nedsättning av farledsavgiften beräknas i g/kWh snarare än i gram per ton- och passagerarkilometer. Höghastighetsfärjan gynnas också av frånvaron av skatt på koldioxidutsläppen.

Tabell 8. Jämförelse mellan konventionell färja och höghastighetsfärja. Miljoner kronor.

Fartyg	Brt	Passagerare	Bilar	Bussar och /lastbilar	Återstående miljökostnad	Årlig farledsavgift	Kvot mellan avgift och kostnad
Silja Serenade	58 376	2 852	360 ¹	-	95.7	3.300	0.034
Stena Carisma	8 631	900	151	10	71.1	0.488	0.007

1. Alternativt 50 lastbilstrailers och färre personbilar

Återstående externaliteter

Differentieringen av den svenska farledsavgiften är ett styrmedel och innebär inte att de återstående miljökostnaderna internaliserats. I tabell 9 har kostnaderna i tabell 7 omräknats till årskostnader. Kostnaderna avser fartygens hela gångtid, alltså även den halva som inte bör beaktas vid jämförelse med de svenska farledsavgifterna. Det bör också noteras att utsläppen av svavel och NOx från Stena Commerce till stor del äger rum i andra delar av världen där den ekonomiska skadan av emissionerna kan vara lägre än i Nordeuropa.

Tabell 9. Typfartygens externa kostnader. Miljoner SEK per år.

Fartyg	Koldioxid	Svavel-dioxid	Kväve-oxider	Summa
Silja Serenade, renad ¹	46.7	3.6	45.4	95.7
Stena Carisma ¹	40.2	0.7	30.2	70.1
Tor Selandia ²	36.4	16.4	73.5	126.3
Ortviken, renad ²	16.9	1.6	2.3	20.8
Stena Commerce ³	51.2	11.6	171.5	234.3
Navigo ²	8.4	5.1	16.5	30.0
Vaxö ⁴	0.6	0.0	0.7	1.3
Waxholm I ⁴	0.5	0.0	0.9	1.4
Ginneton ⁵	3.0	0.0	5.4	8.4

1. Räknat enligt ordinarie tidtabell.
2. Räknat på 6 000 timmar gångtid per år.
3. Räknat på 7 000 timmar gångtid per år.
4. Gångtiden antas vara i genomsnitt 5 timmar per dygn.
5. Gångtiden antas vara i genomsnitt 10 timmar/dygn.

Handelsjöfartens avgiftsrelevanta marginalkostnader

Sjöfartens avgiftsrelevanta kortsiktiga samhällsekonomiska marginalkostnad domineras helt av kostnaderna för utsläppen till luft. Sjöfartsverkets kostnader för lederna påverkas inte av att vattenvägarna utnyttjas av ytterligare fartyg utom i de fåtal fall där leden periodiskt kan behöva bli föremål för muddring. Lotsning och isbrytning har däremot betydande inslag av rörliga kostnader. På kort sikt är emellertid även en stor del av dessa kostnader fasta.

I tabell 10 redovisas den avgiftsrelevanta kortsiktiga samhällsekonomiska marginalkostnaden för några fartygsrörelser i svenska vatten. För fartyg som delvis färdas på internationellt vatten eller på annat lands territorialvatten antas därvid att det är rimligt att låta halva emissionskostnaden utgöra underlag för svenska avgifter. Det innebär att hela kostnaden för färd mot svensk hamn betalas i Sverige, medan kostnaden för gång från svensk till utländsk hamn borde erläggas till destinationslandets myndighet. Det bör noteras att färjorna har behörighet att anlöpa Stockholm och Göteborg utan lots. Troligen gäller detta också för Ortviken vid angröring av hamn i Sundsvallområdet. Anlöpen till Sundsvall och Västerås antas ske under sådana isförhållanden att assistans av isbrytare är nödvändig. Under större delen av året bortfaller dock denna kostnad. Den totala kostnaden för dessa exempel på rutter bör alltså ses som den maximala kortsiktiga marginalkostnaden.

Tabell 10. Avgiftsrelevanta kortsiktiga samhällsekonomiska marginalkostnader för några fartygsrutter. SEK per anlop.

Fartyg	Rutt	Distans, n.m.	Emissionskostnad	Kostnad för lots ¹	Kostnad för isbrytning ¹	Total avgiftsrelevant kostnad
Silja Serenade ²	Helsingfors-Stockholm	265	265 575	0	0	265 575
Stena Carisma	Fredrikshavn-Göteborg	50	49 350	0	0	49 350
Ortviken ²	Kiel-Sundsvall	685	147 971	0	20 000	167 971
Navigo	Brofjorden-Västerås	610	203 333	1 780	5 000	210 113

1. Ungefärlig marginalkostnad enligt Sjöfartsverket.
2. Med NOx-rening och låg svavelhalt

Tabell 10 innehåller inget exempel på transocean sjöfart. I ett eventuellt framtida EU-system för internalisering av sjöfartens externa kostnader skulle det vara rationellt att avgiftsbelägga utsläppen från sådana fartyg i den del av deras gång som avser de inre europeiska vattnen, t.ex. öst om en linje Bretagne-Irlands västkust och öster om Gibraltar.

Av tabellen framgår att de kostnader som avser Sjöfartsverkets tjänster som mest uppgår till ca 12 procent av den totala kortsiktiga avgiftsrelevanta kostnaden. I de flesta fall ligger andelen mellan 0 och 5 procent. De nuvarande farledsavgifterna utgör heller inget försök från Sjöfartsverkets sida att återspegla fartygens kortsiktiga marginalkostnader. Avgifterna är tillkomna för att ge Sjöfartsverket full kostnadstäckning för alla kostnader för farlederna och isbrytningen. De uppgår för närvarande till ca 1.3 miljarder kronor. Enligt riksdagens beslut ska dessas kostnader även fortsättningsvis täckas av avgifter på sjöfarten.

Ett sätt att öka marginalkostnadsinslaget i Sjöfartsverkets avgifter skulle kunna vara att så långt möjligt differentiera dem mot fartygens utsläpp av luftföroreningar och koldioxid. För att erhålla bästa möjliga bränsleeffektiviseringsincitament vore det dock bättre om EU-länderna och kandidatländerna i stället för att i denna del differentiera farledsavgifterna kom överens om att införa koldioxidskatt på marina oljor som bunkras i europeiska hamnar.

Möjligheterna att ytterligare differentiera farledsavgifterna för skillnader i svavel- och NO_x-utsläpp hämmas av risken för att fartyg med höga utsläppskostnader undviker svenska hamnar och i stället angör hamnar i grannländerna. En möjlighet kan dock vara att öka den nuvarande differentieringen av den bruttoregister-tonbaserade delen av farledsavgiften och att därutöver utnyttja möjligheten att också differentiera den varurelaterade delen av avgiften för skillnader i emissioner. Den senare delen av avgiften tas ut på alla anlop och återspeglar därför marginalkostnaderna bättre än den del som baseras på fartygens dräktighet. En ytterligare fördel är att en sådan differentiering sänder en tydligare signal till varuägarna vilka får större anledning än idag att vid val av rederi överväga fartygens miljöegenskaper.

Emissioner från mindre arbetsfartyg

Det finns omkring 2 900 registrerade arbetsfartyg i Sverige. Gruppen omfattar bl.a. mindre passagerarfartyg i kusttrafik, Vägverkets färjor, Sjöfartsverkets och kustbevakningens fartyg och bogserbåtar. Sjöfartsverket (1994) skattar utsläppen från mindre arbetsfartyg (>300 brt) till 6 600 ton NO_x, och ca 110 ton SO₂. Verket uppskattar arbetsfartygens utsläpp av CO₂ till 303 000 ton. Med utgångspunkt från SIKAs kalkylvärden för regionala och globala effekter är den samhällsekonomiska kostnaden för utsläppen av SO₂ och NO_x från arbetsfartygen SEK 2 respektive 396 miljoner. Kostnaden för CO₂-utsläppen uppgår till SEK 227 miljoner om emissionen värderas till SEK 0.75/kg. Totalt blir detta SEK 625 miljoner per år. Därtill kommer kostnaden för hälsoeffekter till följd av utsläpp i hamnar och hamninlopp.

Eftersom de mindre fartygen inte erlägger någon farledsavgift har de inget incitament att minska utsläppen av NO_x. Svavelutsläppen är redan låga, eftersom de flesta av dessa fartyg använder diesel av svensk miljöklass II (max 0.005 viktsprocent S).

Exempel på emissioner från mindre passagerarfartyg i skärgårdstrafik har redovisats ovan i tabellerna 5-7.

Fiskefartyg

I Sverige finns ca 5 760 registrerade fiskefartyg och fiskebåtar. Omkring 80 procent av dem har motorer under 100 hk. En större trålare förbrukar omkring 400 000 liter diesel per år, medan ostkustfiskarens mindre båtar sällan förbrukar mer än 10 000 liter (Sjöfartsverket och Naturvårdsverket, 1992). Båtarna använder i allmänhet svensk miljödiesel. Totalt förbrukar fiskeflottan drygt 51 000 m³ bränsle per år (Sjöfartsverket, 1994).

Bara ca 150 fartyg är större än 150 brt. (Sjöfartsverket, 1994). Ett sådant fartyg är representerat i tabellerna 5-7 ovan.

Sjöfartsverket (1994) uppskattar de totala utsläppen av NO_x från fiskefartyg 1990 till 2 900 ton. Därtill kommer ca 135 000 ton CO₂. Mätt med de officiella kalkylvärdena (för CO₂ dock SEK 0.75/kg) förorsakar fiskefartygens utsläpp en samhällsekonomisk kostnad om ca SEK 275 miljoner.

Fiskefartyg över 400 brt är undantagna från farledsavgifter. Fiskefartyg i yrkesmässig användning är oavsett storlek undantagna från skatt på dieselbränslet.

Fritidsbåtar

I Sverige finns över 1 miljoner fritidsbåtar. Omkring 70 procent av dem är utrustad med motor. Mindre än 1 procent av hela beståndet består av båtar med skrovlängd över 10 meter. Fritidsbåtarna ger upphov till avgasemissioner, bränslespill, buller och utsläpp av toalettavfall. I skärgårdsområdena är de den helt dominerande bullerkällan. För närvarande saknas europeiska normer för avgaser och buller från fritidsbåtar, men ett fritidsbåtsdirektiv med förslag om sådana bestämmelser är under utarbetande inom EU.

Utombordsmotorer släpper i allmänhet ut avgaserna i vattnet. Inombordsmotorer släpper däremot oftast ut avgaserna ovan vattnet. Effekterna av kolväteutsläppen (t.ex. PAH) på vattenlevande organismer och människors föda (via matfisk) täcks inte av skadestadsberäkningarna bakom trafikverkens kalkylvärden.

Sjöfartsverket (1994) uppskattade de totala utsläppen av avgasemissioner från fritidsbåtstrafiken 1990 till 1 000 ton NO_x, 14 400 ton HC och 600 ton partiklar. CO₂-emissionen angavs till 219 000 ton. Det motsvarar en försäljning av ca 90 000 m³ bensin och diesel. Svenska Petroleuminstitutet anger idag efterfrågan till ca 50 000 m³ bensin och 10 000 m³ diesel (Sören Olsson, 2000-09-25).

Användning av alkylatbensin kan minska HC-utsläppen med 30-50 procent och minska det toxiska innehållet i avgaserna betydligt mer. Biologiskt nedbrytbara tvåtaktsoljor kan också bidra till att minska utsläppen av persistenta organiska föreningar.

Fritidsbåtarna erlägger skatt vid köp av bensin och diesel. Om årskonsumtionen antas vara 65 miljoner liter bensin och 15 miljoner liter diesel, uppgår skatteintäkten till ca SEK 336 miljoner. Den samhällsekonomiska kostnaden regionala och globala effekter av 1990 års emissioner uppgår till SEK 637 miljoner. Underskottet skulle i så fall uppgå till ca SEK 300 miljoner. Därtill kommer lokala hälsoeffekter av utsläpp i tätorter samt fritidsbåtarnas andel av farledskostnaderna, sjöräddningen och samhällets kostnader för hämtning av latrin och sopor.

Utsläpp i hamn

Det finns bara grova skattningar av emissioner från fartygstrafik och hjälpmaskinerier i hamnar och hamninlopp. ADC Support AB (1997) gjorde emellertid för några år sedan ett försök att bedöma emissionssituationen i Stockholms hamnar. Rapporten bygger på anlop och emissionsdata från 1995 för handelssjöfarten. Skattningarna är baserade på 469 fartygs individuella egenskaper samt deras rörelser i hamnområdena. Små passagerarfartyg svarade för 93 procent av yrkestrafikens 74 775 avgångar, medan storfärjornas andel uppgick till drygt 5 procent.

Av yrkessjöfartens emissioner av NO_x svarade de stora färjorna 1995 för 55 procent² medan de mindre passagerarfartygens andel uppgick till 17 procent och tankfartygens till 12 procent. Gästande kryssningsfartyg svarade för 12 procent och torrlastfartygen för 4 procent. Den totala NO_x-emissionen från yrkessjöfarten skattades till 387 ton.

² Två år senare hade storfärjornas andel sjunkit till 43 procent till följd av åtgärder på fartygens hjälpmotorer.

Svavelutsläppen i hamnområdet dominerades av storfärjorna trots att dessa redan vid denna tidpunkt använde lågsvavlig bunkerolja. De svarade för 39 procent av ett totalt utsläpp om ca 140 ton SO₂. Tankfartygen svarade för 26 procent och besöksfartygen för 24 procent, medan torrlastfartygens andel uppgick till 9 procent.

Mätt med trafikverkens kalkylvärden för Stockholms innerstad (där flertalet av hamnarna ligger) uppgick den samhällsekonomiska kostnaden för handelsjöfartens utsläpp av NO_x och SO₂ till SEK 66.1 miljoner (32.5 + 33.6). ADC Support anger sjöfartens andel av NO_x-emissionerna i Stockholms stad till ca 4 procent. Andelen blir självfallet avsevärt högre i de hamnnära områdena. Hur stor del av de totala utsläppen av SO₂ som kommer från fartygen anges inte, men miljöförvaltningen i Stockholm anger det totala utsläppet av svaveldioxid till 1500 ton 1998. Sjöfartens andel skulle då uppgå till ca 9 procent.

Flera av de färjerederier som anlöper Stockholm har sedan 1995 investerat i kväverening på en del av sina fartyg och därvid även genomfört åtgärder på hjälpmotorerna. Hamnen ser detta som ett bättre alternativ än att minska utsläppen genom landförsörjning med el. Anledningen är att reningen minskar utsläppen i såväl Stockholm som i de finska hamnarna samt under gång (Gun Rudeberg, Stockholms Hamn AB, 2000-09-28). Reningen avser dock bara NO_x. Partikelutsläppet påverkas inte.

Göteborgs hamn lät för några år sedan Ecotraffic Norge AS (1997) utreda emissionerna i stadens hamnar. Fartygens rörelser och användning av hjälpmotorer i hamn gav då upphov till utsläpp av 1 116 ton SO₂, 2 820 ton NO_x och 249 ton partiklar. Svavel- och NO_x-emissionerna uppgick till 45 respektive 15 procent av de totala utsläppen i Göteborgs stad. Sedan dess har möjligheterna till landförsörjning med el förbättrats avsevärt, bland annat genom anslutning till högre spänning än tidigare. Det är emellertid fortfarande relativt få färjor och lastfartyg som har anslutningsmöjligheter ombord (Alf Olofsson, Göteborgs Hamn, 2000-09-28).

Sjöfartens partikelutsläpp

Varken hamnarna, rederierna eller myndigheterna tycks ha funderat över utsläppen av partiklar (PM) från fartyg i hamnar och andra tätortsnära farvatten. Miljözonsbestämmelserna i Stockholm, Göteborg och Malmö begränsar möjligheterna att använda tunga vägfordon med höga partikelutsläpp i de centrala stadsdelarna. Några motsvarande bestämmelser för fartyg finns inte.

Sjöfartsverket (1994) anger partikelemissionen från högvarviga dieselmotorer till 1.5 g /kg. För Tor Selandia uppger rederiet 1.2 g/per kg bränsle på både huvud- och hjälpmaskineriet. Waxholmsbolaget anger partikelemissionen för Waxholm II till 0.4 g/kWh för Vaxö till 0.067 g/kWh. På basis av dessa uppgifter och beräkningarna från Göteborgs hamn kan man anta att den totala partikelemissionen från fartygen i Stockholms hamn och hamninlopp uppgår till 4-8 procent av den totala NO_x-emissionen. Det innebär totalt ca 16 till 32 ton till en samhällsekonomisk kostnad av SEK 122-244 miljoner.

Kostnaden är så pass hög att det bör vara samhällsekonomiskt lönsamt att förse en del av de mindre passagerarbåtar som trafikerar de inre delarna av Stockholm med partikelfilter. Efter installation av sådana filter är det också möjligt att förse deras dieselmotorerna med EGR (Exhaust Gas Recirculation), vilket halverar NO_x-emissionen.

De samhällsekonomiska förutsättningarna för kombinerad partikel- och NO_x-reduktion kan illustreras av ett exempel baserat på de faktiska gångtiderna för Waxholm II enligt Hösttidtabell II och ett antagande om att 50 procent av emissionen äger rum på ren landsbygd, 40 procent i tätortsnära miljö där kostnaden kan skattas till SEK 2 000 per kg och 10 procent i tätortsmiljö där kostnaden är SEK 6 000 per kg. Årskostnaden för partikelemissionen blir då SEK 645 120. Därtill kommer SEK 900 000 för fartygets NO_x-utsläpp, alltså sammanlagt drygt 1.5 miljoner. Efter montering av partikelfilter och EGR minskar den sammanlagda emissionskostnaden med ca 1 miljon, vilket sannolikt räcker för att skriva av hela investeringen på ett år.

För Vaxö, som har betydligt lägre utsläpp, blir kalkylen under antagande om samma gångtider inte fullt lika gynnsam. Fartygets partikelemission kostar SEK 135 000 per år och NO_x-emissionen 700 000. Efter installation av partikelfilter och EGR minskar den sammanlagda årskostnaden med SEK 470 000. Även i detta fall är installationen samhällsekonomiskt lönsam, men det positiva utfallet beror till övervägande del på det minskade utsläppet av NO_x.

De stora fartygens partikelemissioner minskar väsentligt om de övergår från tung olja till dieselloolja.

Referenser

ADC Support AB (1997), "Avgasemissioner från sjötrafik i Stockholm", på uppdrag av Stockholms Hamn AB.

Ecotraffic Norge AS (1997), "Miljørapport Göteborg Hamn AB – utslipp til luft og støy, karlegging, tiltak och virkemidler".

EMEP (2000), "Transboundary Acidification and Eutrophication in Europe – EMEP Summary Report 2000", EMEP Report 1/2000.

Flexmek-utredningen (2000), "Handla för att uppnå klimatmål, Kostnadseffektiva lösningar med flexibla mekanismer inom klimatområdet", Slutbetänkande av Utredningen om möjligheterna att utnyttja Kyotoprotokollets flexibla mekanismer i Sverige", SOU 2000:45.

Kram m.fl. (1997), "Cost and equity evaluation of different approaches for CO₂ reduction." ETSAP report, ECN, Nederländerna.

Kågeson, P. (1999), "Economic instruments for reducing emissions from sea transport", The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, European Federation for Transport and Environment (T&E) and European Environmental Bureau (EEB).

Leksell, I. (1988), "Ekonomisk värdering av luftföroeningar från flyg-, fartygs- och järnvägstrafik" Bilaga 1.4 till regeringens proposition 1987/88:50.

Oftedal, S., Martens, O., Ellingsen, H. and Ågren, C. (1996), "Air Pollution from Sea Vessels. The need and potential for reductions", T&E 96/9, European Federation for Transport and Environment, Brussels.

SIKA (1999) "Översyn av samhällsekonomiska kalkylprinciper och kalkylvärden på transportområdet", redovisning av regeringsuppdrag, SIKA Rapport 1999:6.

Sjöfartsverket (1994), Åtgärder – luftföroeningar från den marina sektorn", Rapport 1994-04-30 enligt regeringsuppdrag.

Sjöfartsverket och Naturvårdsverket (1992). "Miljöpåverkan från fritidsbåtar, fiske- och arbetsfartyg", Naturvårdsverket Rapport 3993.