



VÄSTRA
GÖTALANDSREGIONEN
MILJÖMEDICINSKT CENTRUM

Hälsoeffekter i Västra Götaland och Sverige till följd av luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön

Sektionen för Arbets- och Miljömedicin

Alicia Ekström
Läkarstudent

Peter Molnár
Miljöfysiker

Lars Barregård
Seniorprofessor

Leo Stockfelt
ST-läkare

Göteborg den 10 juni 2019

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| <i>Sammanfattning</i> | 3 |
| <i>Bakgrund</i> | 4 |
| EnviSuM | 4 |
| Sjöfart i Östersjön | 4 |
| SECA och regler kring svavel i bränsle | 4 |
| Luftföroreningar..... | 5 |
| Hälsa och luftföroreningar | 5 |
| Luftföroreningar och hjärtkärlsjuklighet..... | 5 |
| Luftföroreningar och lungfunktion | 6 |
| Syftet med studien..... | 6 |
| <i>Frågeställningar</i> | 6 |
| <i>Material och metoder</i> | 7 |
| Den undersökta populationen..... | 7 |
| Beräkning av exponering | 8 |
| Exponering-responsfunktion och beräkning av dödlighet | 8 |
| Beräkning av förlorade levnadsår | 8 |
| Beräkning av sjuklighet | 9 |
| <i>Resultat</i> | 10 |
| Bakgrundsinformation och exponering..... | 10 |
| Dödlighet i Sverige | 11 |
| Förlorade levnadsår..... | 12 |
| Sjuklighet | 14 |
| Sverige | 14 |
| Västra Götaland och Halland..... | 14 |
| Stockholm | 14 |
| <i>Diskussion</i> | 15 |
| Exponeringsnivåer | 15 |
| Toxicitet | 16 |
| Dödlighet..... | 16 |
| Förlorade levnadsår..... | 16 |
| Sjuklighet | 16 |
| Begränsningar i studien..... | 17 |
| Framtiden | 18 |
| <i>Slutsatser</i> | 19 |
| <i>Referenser</i> | 20 |

Sammanfattning

Denna studie är en del av det EU-finansierade projektet EnviSuM (Environmental Impact of Low Emission Shipping) som undersöker effekterna av minskade utsläpp från sjöfarten i Östersjön. Som en del av detta vill man också undersöka hälsoeffekterna hos invånarna i länderna kring Östersjön till följd av luftföroreningar från sjöfarten.

I denna studie har vi undersökt hur dödligheten och sjukligheten i Sveriges påverkades av den nya restriktionen kring svavelinnehåll i bränsle för fartyg i Östersjön som infördes år 2015. Före 2015 var 1 % svavelinnehåll i bränslet tillåtet, efter den nya förordningen endast 0,1 %. Att minska på svavelinnehållet har stor betydelse för bildning av luftburna partiklar (particulate matter; PM) då svaveldioxid som är ett förstadium till PM. Luftburet PM har i många studier visat sig ha hälsoskadliga effekter.

Luftburna partiklar med en diameter under 2,5 μm benämns $\text{PM}_{2.5}$ och anses vara den mest hälsoskadliga delen av luftföroreningar. $\text{PM}_{2.5}$ uppstår framför allt vid förbränningsprocesser t.ex. i bilar, flygplan eller fartyg. Luftföroreningar kan öka risken för hjärt-kärl- och lungsjukdomar så som stroke, hjärtinfarkt, kronisk obstruktiv lungsjukdom (KOL), astma och lungcancer. Det är därför viktigt att försöka hålla nivåerna av dessa typer av luftföroreningar så låga som möjligt.

I den här studien uppskattades det att nästan två hundra personer i Sverige dog en för tidig död på grund av $\text{PM}_{2.5}$ luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön år 2014 varav 29 i Västra Götaland och 8 i Halland. Sjukligheten som undersöktes var icke-dödligt förstagångsinsjuknande i hjärtinfarkt, stroke samt barn- och ungdomsastma. I den här studien minskade antalet insjuknanden för alla sjukdomsutfall efter den nya restriktionen; det beräknades inträffa 7 färre fall av hjärtinfarkt, 12 färre fall av stroke, och 20 färre fall av barn- och ungdomsastma orsakade av luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön i Västra Götaland efter den nya svavelrestriktionen. I Halland beräknades minskningen ha varit 3 färre fall av förstagångsinsjuknanden i hjärtinfarkt samt stroke, och 12 färre fall av barn- och ungdomsastma per år.

I denna studie användes relativa risker för dödlighet från litteratursammanställningen HRAPIE, om relativa risker från den Europeiska ESCAPE-studien istället använts hade den beräknade dödligheten blivit cirka dubbelt så stor.

En slutsats man kan dra av studien är att hårdare lagar kring utsläpp från sjöfart har effekt på dödlighet och sjuklighet i Sverige, framför allt i de södra delarna av landet. Fortsatta minskningar av utsläpp av luftföroreningar har dessutom potential att minska dödlighet och sjuklighet i hjärtkärlsjukdomar ytterligare. Det är därför viktigt att se över även andra källor till luftföroreningar för att hålla nivåerna av luftföroreningar så låg som möjligt för invånarna i regionen.

Bakgrund

EnviSuM

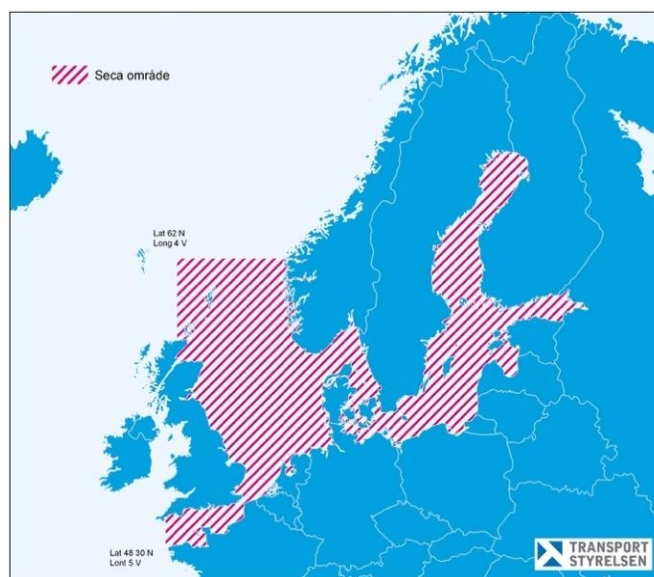
EnviSuM (Environmental Impact of Low Emission Shipping) är ett projekt som finansieras av Europeiska Unionen och koordineras av University of Turku (Finland). Syftet med projektet är att undersöka effekten av minskade utsläpp från sjöfart i Östersjön. Som en del av projektet undersöker man hur luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön påverkar hälsan hos invånarna i länderna kring Östersjön.

Sjöfart i Östersjön

Östersjön och Skagerack är hårt trafikerade. Enligt en rapport från Havsmiljöinstitutet besökte över 10 200 olika fartyg regionen 2013, fiskefartyg exkluderat (1). Trafiken var mest intensiv vid Öresund, Stora Bält, Finska viken samt mitt ute på Östersjön. Alla fartyg i Östersjön använder ett automatiskt identifikationssystem (AIS-tracking) som kontinuerligt läser av fartygens koordinater. Informationen används av kaptenerna men tillåter också marina myndigheter att avläsa vart fartyg befinner sig.

SECA och regler kring svavel i bränsle

Östersjön accepterades 2006 av International Maritime Organization (IMO) som en *Sulphur Emission Control Area* (SECA). Före 2015 var det tillåtet att använda bränsle med 1 % svavelinnehåll (vikt-%). Från och med januari 2015 skärptes reglerna och bränsle får endast innehålla 0,1 % svavel inom alla SECA -områden.



Figur 1. Bilden ovan visar SECA-området vid Östersjöregionen, Nordsjön och engelska kanalen

Minskningen av svavel i bränslet medfört en minskning av utsläpp av små luftburna partiklar (particulate matter; PM) och svaveldioxid, ett förstadium till PM. Utanför SECA områden har utsläppen av svavel från sjöfart fortsatt att öka. Det finns dock ett globalt mål att sjöfartsbränsle ska innehålla som mest 0,5 % år 2020. Idag (2019) är det tillåtet med 3,5 % svavelinnehåll på internationella farvatten (2).

Luftföroreningar

Luftföroreningar består av gaser och små partiklar (PM) som inkluderar damm, smuts, vätskedroppar och rök (3). Partiklar indelas i PM₁₀ (partiklar mindre än 10 mikrometer) och PM_{2.5} (partiklar mindre än 2,5 mikrometer) och mäts i mikrogram per kubikmeter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). PM_{2.5} kallas även fina partiklar och kan tränga ner i de nedre luftvägarna. Förbränningsprocesser från t.ex. bilar, sjöfart, industrier och förbränning av biomassa (t.ex. vedeldning) producerar fina partiklar. De huvudsakliga gaserna i luftföroreningar är kväveoxider (NO_x), kolmonoxid, svaveldioxid och ozon (4). Nivåerna av NO_x har visat sig vara en bra indikator på luftföroreningar från förbränning generellt (t.ex. från bilar, båtar och flygplan) och är också associerade med PM. Dessutom kan NO_x i sig själv påverka risken att utveckla sjukdomar (5).

Hälsa och luftföroreningar

Luftföroreningar är en viktig riskfaktor för både sjuklighet och dödlighet som uppskattas ha orsakat 4,9 miljoner dödsfall globalt under 2017, framför allt i hjärtsjukdomar och lungsjukdomar (6). Det uppskattade antalet extra dödsfall till följd av luftföroreningar är en halv miljon Europa, och cirka femtusen i Sverige (7, 8). Detta gör luftföroreningar till den enskilt största miljöhälsoriskerna sett till dödlighet. Det finns inga belägg för att det finns en säker nivå av luftföroreningar där hälsan inte påverkas. Mer än 80 % av befolkningen i WHO:s europeiska region (EU inkluderat) bor i städer med partikelhalter som överstiger WHO:s riktlinjer för luftkvalitet (10 μg av PM_{2.5} per m^3). Partikulära luftföroreningar förkortar den förväntade levnadslängden med 9 månader i genomsnitt i Europa och leder till ett stort antal insjuknanden i olika sjukdomar (9). De små partiklarna är de som ger de mest negativa hälsoeffekterna (5).

Luftföroreningar och hjärtkärlsjuklighet

Det finns starka belägg för ett samband mellan exponering för luftföroreningar och insjuknande i olika hjärtkärlsjukdomar som ibland leder till döden (10, 11). Detta har man kunnat påvisa i epidemiologiska studier och det finns bevis på i experimentella studier på djur, eller och människor (4, 12-15). En huvudhypotes är att fina partiklar i luftvägarna skapar lokal inflammation, som leder till en frisättning av inflammatoriska signalsubstanser i kroppen. Detta påverkar blodets koagulations-benägenhet vilket gör att risken för blodproppar ökar. På lång sikt ökar exponering för luftföroreningar risken att utveckla åderförkalkning och hjärtkärlsjukdomar.

Luftföroreningar och lungfunktion

Det finns starka epidemiologiska bevis för ett samband mellan luftföroreningar och symptom från luftvägarna, samt förvärring av redan existerande lungsjukdom så som astma och kronisk obstruktiv lungsjukdom (KOL) (5). Dessutom ökar luftföroreningar risken för insjuknande i lungcancer (16). WHO:s organ IARC (International Agency for Research on Cancer) har klassat luftföroreningar utomhus som en grupp 1 cancerogen, liksom flera enskilda beståndsdelar av luftföroreningar. Grupp 1 är den starkaste klassningen som innebär att det finns tillräckligt med bevis för att ämnet är cancerframkallande hos människor.

Syftet med studien

Syftet med denna studie var att uppskatta hur mycket partikulära luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön påverkar dödlighet och sjuklighet i Sveriges 21 län, under 2014 och 2016 före och efter den nya svavelrestriktionen. Kunskap om hälsorisker i omgivningen kan utgöra grund för lagstiftning och annat förebyggande arbete.

Frågeställningar

- *Vilket är det uppskattade antalet extra dödsfall samt förlorade levnadsår i Västra Götaland och Sveriges övriga län år 2014 och 2016?*
- *Hur förändrades dödligheten och sjukligheten till följd av utsläpp från sjöfarten i Västra Götaland och Sverige efter svavelrestriktionen 2015?*

Material och metoder

Den undersökta populationen

Sverige består av 21 län, där majoriteten av befolkningen bor i söder (Figur 2). I den här studien har hela Sveriges befolkning undersökts. Som basal dödlighet i beräkningarna användes de dödsfall som skedde år 2015 i Sverige och respektive län. Alla under 30 år exkluderades för beräkningarna av dödlighet och vissa beräkningar av sjuklighet som orsakas till följd av luftföroreningarna från sjöfarten, då dödligheten är låg under 30 års ålder och det är mindre sannolikt att luftföroreningar orsakar hjärtkärlsjukdomar och död hos unga vuxna. Information om dödlighet och sjuklighet har hämtats från Statistiska Centralbyrån (17). Våldsam död så som självmord, olycksfall och mord uteslöts.



Figur 2. Populationstätheten i Sverige per km² ruta

Beräkning av exponering

Den totala mängden av fina partiklar (PM_{2.5}) och bidraget från sjöfart i Östersjön modellerades i rutor om ca 10 x 10 km för Sverige och andra europeiska länder av Meteorologisk institutt i Oslo. Data från Eurostat användes för att koordinatsätta invånarna i Sverige i 1 x 1 km rutor och därefter kunde den genomsnittliga exponeringen för luftföroreningar från sjöfarten uppskattas för invånarna i varje ruta. Data anpassades till samma meteorologi, vilket gjordes genom att beräkna exponeringen med den genomsnittliga meteorologin för 2014, 2015 och 2016. Då enbart utsläppen från Östersjön studerades inkluderades inte hela SECA-området som ses i figur 1, utsläpp norr om Skagerrak togs ej med i beräkningarna.

Exponering-responsfunktion och beräkning av dödlighet

Den valda exponering-respons funktionen (ER-funktion; beskriver hur kroppen svarar på en viss koncentration av något, till exempel läkemedel eller halten av luftföroreningar) är tagen från den stora kunskaps-sammanställningen Health risks of air pollution Europe (HRAPIE) där den procentuella förändringen är 6,2 % ökad risk (95% konfidensintervall 4 – 8%) per 10 µg/m³ ökning av PM_{2.5} (5). De förtida dödsfallen orsakade av fina partiklar från sjöfarten kan ses som de dödsfall som skulle kunna ha undvikits om PM_{2.5} nivåerna från sjöfart minskade till de nivåer som hade funnits utan utsläpp från sjöfart i Östersjön.

Förtida dödlighet beräknades med en linjär ER-funktion enligt följande:

$$Y = \frac{(RR-1)}{RR} \times B \times 0,95$$

Där Y är antalet extra förtida dödsfall, (RR-1)/RR är riskökningen för befolkningen (*population attributable fraction, PAF*) och B är dödligheten (år 2015 i detta fall). Den naturliga dödligheten (d.v.s. utan olyckor, självmord och andra våldsamma orsaker till död) är ca 95 % i Sverige (18).

Beräkning av förlorade levnadsår

Dödlighetstabeller ("life tables") användes vid beräkning av förlorade levnadsår för hela Sverige. Förlorade levnadsår innebär de antal år av liv som totalt går förlorat till följd av att människor dör en förtida död, och ett dödsfall får alltså större vikt ju längre förväntad kvarvarande livstid en person har. Information hämtades från Statistiska Centralbyrån (SCB). Kortfattat så beräknades förlorade levnadsår genom att multiplicera antalet beräknade förtida dödsfall i varje åldersklass (ett år mellan varje klass) med antalet förväntade återstående levnadsår i just den åldersklassen.

Sedan användes följande samband för beräkning av förlorade levnadsår för respektive län:

$$Y_{\text{län}} = \frac{Y * n * e}{N * E}$$

Där Y är förlorade levnadsår för hela Sverige, n är antalet invånare i länet, e är den genomsnittliga exponeringen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) för en person boende i länet för året i fråga, N är Sveriges population och E är den genomsnittliga exponeringen för i Sverige det gällande året.

Information från dödlighetstabeller användes också för att uppskatta minskningen av den förväntade levnadsåldern hos en genomsnittlig 30 åring i Västra Götaland till följd av luftföroreningarna från sjöfarten i Östersjön. Som jämförelse uppskattades detta också i några andra län samt Sverige som helhet.

Beräkning av sjuklighet

För uppskattning av sjuklighet valdes följande utfall: förstagångsinsjuknande i hjärtinfarkt, stroke och barn- och ungdomsastma. Sambandet mellan exponering för fina partiklar, hjärtinfarkt och stroke inhämtades från den stora Europeiska ESCAPE-studien. För hjärtinfarkt var den procentuella riskökningen 13 % per $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av $\text{PM}_{2.5}$ (19). För stroke var den procentuella riskökningen 19 % per $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av $\text{PM}_{2.5}$ (20). Antal fall av hjärtinfarkt och stroke i Sveriges 21 län inhämtades från Socialstyrelsens statistikdatabas (21). De som avlidit efter en förstagångs-hjärtinfarkt eller stroke exkluderades för att undvika dubbel beräkning.

Ökningen av prevalensen (de som har en sjukdom vid ett visst tillfälle) av barn- och ungdomsastma till följd av $\text{PM}_{2.5}$ från sjöfart i Östersjön uppskattades med följande ekvation:

$$E = PAF \times B \times P$$

Där E är antalet personer som fått en astmadiagnos till följd av luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön, B är prevalensen av barnastma i Sverige (i det här fallet 10 % (22)), P är den exponerade populationen och PAF är risken för befolkningen som skrivs $(RR-1)/RR$ där RR är riskökningen, i detta fall 2,5 % per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av $\text{PM}_{2.5}$ (23). Alla barn och unga i åldrarna 0–19 inkluderades. Utöver Västra Götaland uppskattades antalet också för Stockholm, Skåne samt hela Sverige.

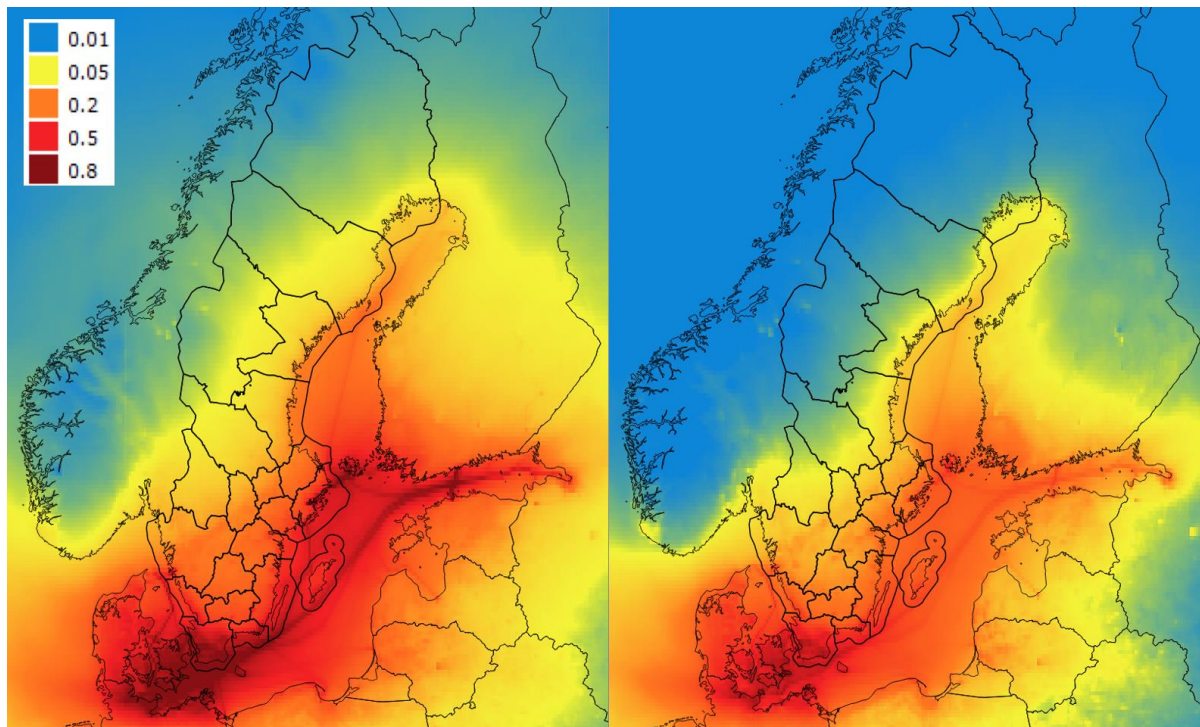
Resultat

Bakgrundsinformation och exponering

Allt som allt var 9 539 393 invånare registrerade i Sveriges 21 län år 2015. I Västra Götaland fanns 1 615 664 invånare (se tabell 1). Populationstätheten varierade mycket i landet, från mer än 260 invånare per km² (Stockholm) till 1 invånare per km² i majoriteten av länen (se figur 2).

Tabell 1. Sveriges 21 län med antalet invånare

| <i>Län</i> | <i>Invånare (2015)</i> |
|------------------------|------------------------|
| Stockholm | 2 1217 82 |
| Uppsala | 341 298 |
| Södermanland | 274 391 |
| Östergötland | 433 220 |
| Jönköping | 338 794 |
| Kronoberg | 185 656 |
| Kalmar | 233 322 |
| Gotland | 57 163 |
| Blekinge | 152 054 |
| Skåne | 1 259 881 |
| Halland | 304 989 |
| Västra Götaland | 1 615 664 |
| Värmland | 272 762 |
| Örebro | 282 761 |
| Västmanland | 255 707 |
| Dalarna | 276 209 |
| Gävleborg | 276 282 |
| Västernorrland | 241 726 |
| Jämtland | 126 088 |
| Västerbotten | 259 963 |
| Norrbottn | 248 378 |



Figur 3. Jämförelse av $PM_{2.5}$ nivåer från sjöfarten i Östersjön åren 2014 och 2016. Skalan indikerar bidrag av $PM_{2.5}$ i $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Den genomsnittliga exponeringen i Sverige för $PM_{2.5}$ från sjöfart i Östersjön beräknades till $0,354 \mu\text{g}/\text{m}^3$ år 2014 och år 2016 var det $0,228 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Generellt sett var det högst exponering i de södra delarna av Sverige och speciellt i de län som angränsar till Östersjön (Figur 3).

Dödlighet i Sverige

Vi uppskattar att det var 190 förtida dödsfall år 2014 (95 % konfidensintervall 127–254) och 123 stycken år 2016 (95 % konfidensintervall 82–164) i Sverige till följd av luftföroreningarna från sjöfarten i Östersjön. I tabell 2 redovisas det extra antalet dödsfall i varje län. För Västra Götaland var det 29 extra dödsfall år 2014 (95 % konfidensintervall 19–38) och 19 under 2016 (95 % konfidensintervall 12–25). Det motsvarar 2,0 förtida dödsfall per 100 000 invånare i Sverige år 2014 till följd av luftföroreningarna från sjöfarten i Östersjön, jämfört med 1,3 år 2016 (Figur 4). Gotland, Blekinge och Skåne var de län med flest förtida dödsfall per 100 000 invånare.

Dödligheten varierade från 15 160 dödsfall per år (Stockholm) till 617 per år (Gotland). Av den totala dödligheten orsakades 0,21 % av $PM_{2.5}$ från sjöfart i Östersjön år 2014 och år 2016 sjönk andelen till 0,16 %.

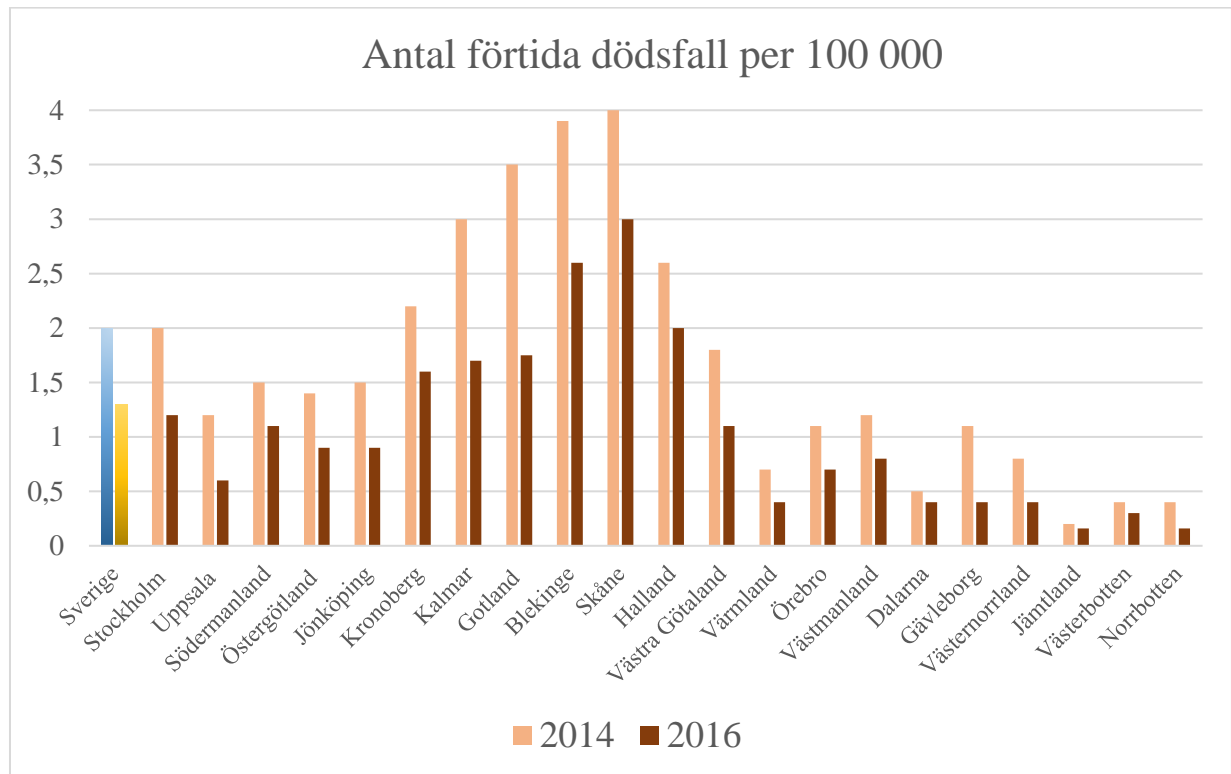
Förlorade levnadsår

År 2014 uppskattades det vara 1812 förlorade levnadsår i Sverige till följd av luftföroreningarna från sjöfarten i Östersjön och år 2016 var det 1167 förlorade levnadsår. Det var stora skillnader inom landet där de mer tätbefolkade länen så som Västra Götaland, Stockholm, och Skåne hade den största förlusten av levnadsår (Tabell 2, Figur 5). Skåne hade till exempel 478 förlorade levnadsår under 2014 och 353 förlorade levnadsår under 2016, medan Jämtland bara hade 2,3 förlorade levnadsår under 2014 och 1,3 förlorade levnadsår under 2016.

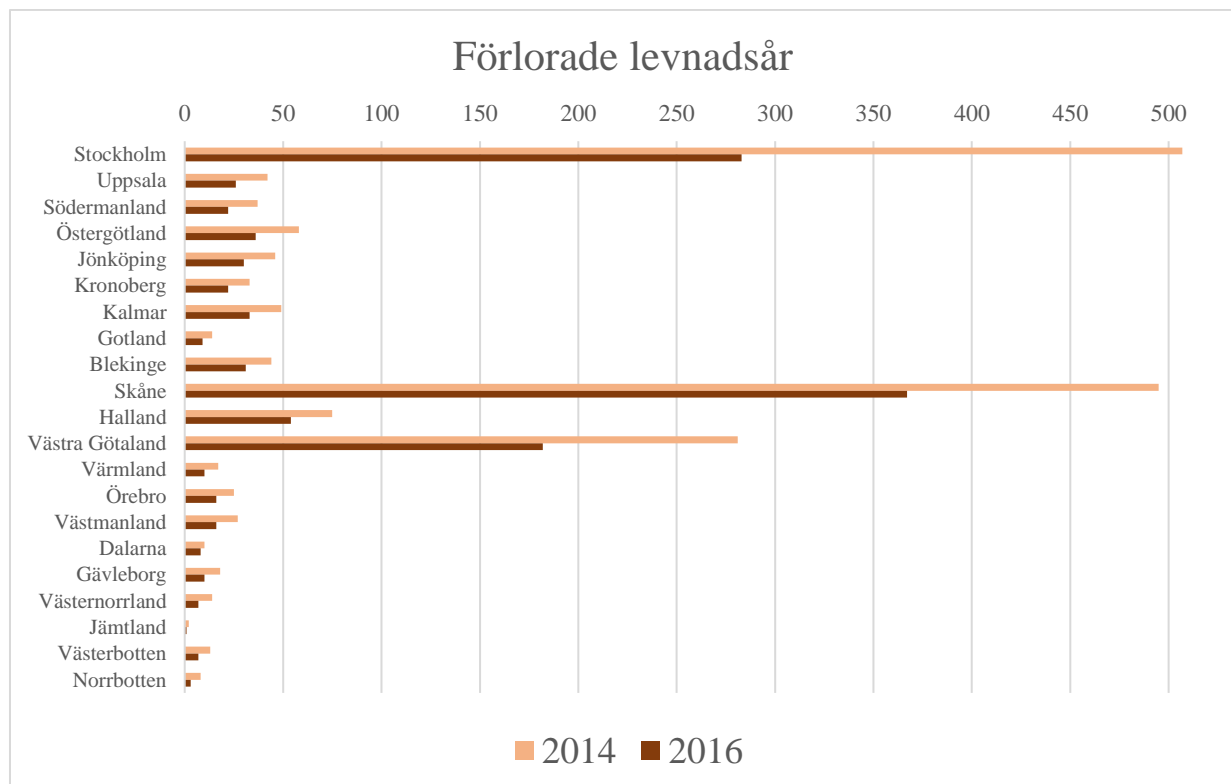
En genomsnittlig 30-åring i Sverige beräknades avlida 7 dagar tidigare än förväntat 2014 till följd av luftföroreningarna från sjöfarten. 2016 uppskattades det vara 5 dagar tidigare. Som jämförelse beräknades en 30-åring i Skåne (där det var högst exponering i Sverige) avlida 14 dagar tidigare än förväntat år 2014 och 10 dagar tidigare år 2016.

Tabell 2. Förtida dödsfall till följd av PM_{2.5} från sjöfarten i Östersjön, exponeringsnivåer och förlorade levnadsår före och efter de nya svavelrestriktionerna för varje län i Sverige.

| | Antal förtida dödsfall | | Genomsnittlig PM _{2.5} exponering (µg/m ³) | | Förlorade levnadsår | |
|-----------------|------------------------|------|---|------|---------------------|------|
| | 2014 | 2016 | 2014 | 2016 | 2014 | 2016 |
| Stockholm | 40 | 25 | 0,44 | 0,25 | 507 | 283 |
| Uppsala | 4 | 2 | 0,23 | 0,14 | 42 | 26 |
| Södermanland | 4 | 3 | 0,25 | 0,15 | 37 | 22 |
| Östergötland | 6 | 4 | 0,25 | 0,16 | 58 | 36 |
| Jönköping | 5 | 3 | 0,25 | 0,16 | 46 | 30 |
| Kronoberg | 4 | 3 | 0,33 | 0,22 | 33 | 22 |
| Kalmar | 7 | 4 | 0,39 | 0,26 | 49 | 33 |
| Gotland | 2 | 1 | 0,47 | 0,28 | 14 | 9 |
| Blekinge | 6 | 4 | 0,54 | 0,38 | 44 | 31 |
| Skåne | 50 | 37 | 0,73 | 0,54 | 495 | 367 |
| Halland | 8 | 6 | 0,46 | 0,33 | 75 | 54 |
| Västra Götaland | 29 | 18 | 0,32 | 0,21 | 281 | 182 |
| Värmland | 2 | 1 | 0,12 | 0,07 | 17 | 10 |
| Örebro | 3 | 2 | 0,17 | 0,10 | 25 | 16 |
| Västmanland | 3 | 2 | 0,19 | 0,12 | 27 | 16 |
| Dalarna | 1 | 1 | 0,07 | 0,06 | 10 | 8 |
| Gävleborg | 3 | 1 | 0,12 | 0,07 | 18 | 10 |
| Västernorrland | 2 | 1 | 0,11 | 0,06 | 14 | 7 |
| Jämtland | 0,3 | 0,2 | 0,04 | 0,02 | 2 | 1 |
| Västerbotten | 1 | 0,8 | 0,09 | 0,05 | 13 | 7 |
| Norrbottn | 1 | 0,4 | 0,06 | 0,03 | 8 | 3 |



Figur 4. Uppskattat antal förtida dödsfall per 100 000 invånare i Sverige och dess län, orsakade av luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön för åren 2014 och 2016.



Figur 5. Uppskattade antal förlorade levnadsår i Sveriges 21 län till följd av sjöfarten i Östersjön för åren 2014 och 2016.

Sjuklighet

Sverige

Vi uppskattade att 232 icke-dödliga förstagångsinsjuknanden i stroke i Sverige år 2014 och 150 år 2016 var orsakade av luftföroeningarna från sjöfarten i Östersjön. När det kommer till antal extra fall av icke-dödliga förstagångsinsjuknande i hjärtinfarkt så var det 126 fall år 2014 och 81 fall år 2016. När det gäller barn- och ungdomsastma, uppskattades totalt 223 961 individer i Sverige i åldrarna 0–19 år ha en astmadiagnos år 2015. Under 2014, före de striktare reglerna av svavelinnehåll i bränsle, uppskattades det vara 196 stycken barn och ungdomar ha astma som en följd av exponeringen av PM_{2.5} från sjöfart i Östersjön. År 2016 sjönk antalet till 126.

Västra Götaland och Halland

Västra Götaland uppskattades ha 18 extra fall av förstagångsinsjuknande i hjärtinfarkt år 2014 och 11 stycken år 2016. Länet uppskattades också ha haft 36 extra fall av stroke under år 2014 och 24 extra fall under år 2016. PM_{2.5} från sjöfarten uppskattas ha orsakat 30 fall av barn- och ungdomsastma år 2014 och 19 fall år 2016. I Halland beräknades det ha inträffat 9 extra fall av förstagångsinsjuknande i hjärtinfarkt år 2014, och 6 extra fall år 2016. Det beräknades också ha inträffat 10 extra fall av förstagångsinsjuknande i stroke år 2014, och 7 extra fall år 2016. För barn- och ungdomsastma uppskattades det ha inträffat 8 extra fall år 2014 och 6 extra fall år 2016.

Stockholm

I jämförelse med Västra Götaland hade Stockholm 26 extra fall av hjärtinfarkt år 2014 och 15 extra fall år 2016. Vad gäller stroke uppskattades det inträffa 51 extra fall år 2014 och 29 extra fall år 2016. I Stockholm uppskattas det ha varit 58 fall av barn- och ungdomsastma orsakade av PM_{2.5} från sjöfarten i Östersjön år 2014 och 33 stycken år 2016.

Skåne

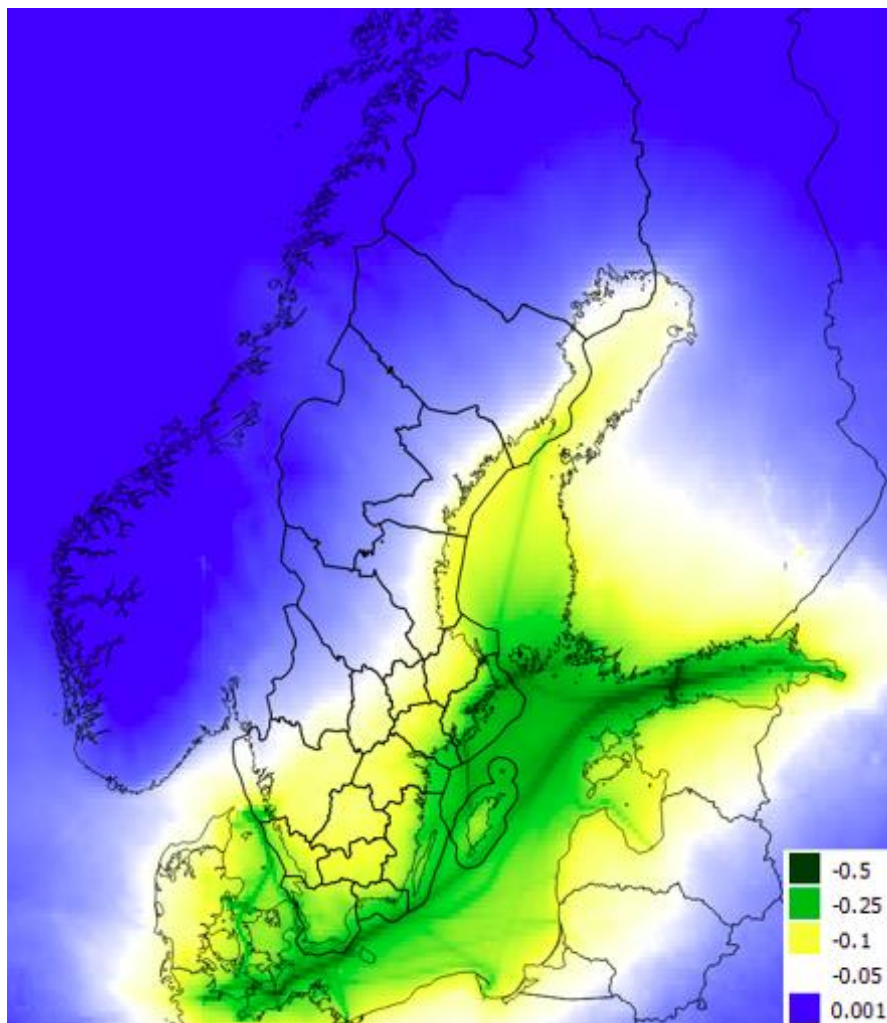
Skåne som var det län med högst exponering av PM_{2.5}, uppskattas ha haft 36 extra fall av hjärtinfarkt år 2014 och 26 extra fall år 2016. För stroke uppskattas det ha inträffat 64 extra fall år 2014 och 47 extra fall år 2016. Det inträffade också 54 fall av barn- och ungdomsastma orsakade av PM_{2.5} från sjöfart år 2014 jämfört med 40 fall år 2016.

Diskussion

Exponeringsnivåer

De genomsnittliga nivåerna av $PM_{2.5}$ från sjöfarten i Östersjön för åren 2014 och 2016 beräknades till $0,354 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respektive $0,228 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Sverige, alltså en minskning med 36 % efter de nya svavelrestriktionerna 2015 (Figur 6). Detta indikerar att den nya restriktionen vad gäller svavelinnehåll i bränsle har lett till en kraftig minskning av halterna av fina partiklar.

Västra Götaland var ett av de länen med högst exponering för fina partiklar både 2014 och 2016, och en av de regioner som förbättrades mest med den nya restriktionen. Skåne var det län som hade högst exponeringsnivåer för $PM_{2.5}$ både 2014 och 2016 (Figur 3). Det är en hög befolkningstäthet i både Västra Götaland, Skåne och Stockholm, och här kommer därför också ett relativt stort antal människor att exponeras för de högre nivåerna av $PM_{2.5}$ från sjöfarten.



Figur 6. Genomsnittliga minskningen av $PM_{2.5}$ från sjöfarten i Östersjön i $\mu\text{g}/\text{m}^3$, efter den nya svavelrestriktionen 2015

Toxicitet

Partiklar kan variera i skadlighetsgrad beroende på storlek och beståndsdelar. Fina partiklar från förbränning, speciellt primära sot-partiklar anses mest toxiska medan fina partiklar från små sandkorn anses mindre giftiga för hälsan (24). Ursprunget för PM_{2.5} från sjöfart är förbränning. Det är dock inte sot-partiklar utan till största delen sekundära partiklar (huvudsakligen sulfater) formade från svavelemissioner. PM_{2.5} i utomhus-miljöer i Sverige är generellt en mix av primära partiklar (till exempel från avgasrör eller vedeldning) och sekundära partiklar (till exempel nitrater formade från kväveoxider). Ett troligt antagande är att PM_{2.5} från sjöfart har samma toxicitet som den generella mixen av PM_{2.5} i Sverige har.

Dödlighet

Skåne var det län med flest antal förtida dödsfall och också det län där flest liv kunde räddas från en för tidig död i och med den nya svavelrestriktionen (15 liv per år) i Sverige. Västra Götaland å andra sidan var det län med den största procentuella minskningen av förtida dödsfall (38 %), tätt följt av Stockholm (37,5 %). Dödligheten till följd av luftföroreningarna från sjöfarten i Östersjön minskade i alla län efter 2015 (Figur 4).

Förlorade levnadsår

I Sverige uppskattas fina partiklar från sjöfart i Östersjön ha lett till 1812 förlorade levnadsår under 2014 och 1167 förlorade levnadsår under 2016. Alltså en minskning med 645 levnadsår mellan åren. Västra Götaland, Stockholm och Skåne var de län med flest förlorade levnadsår eftersom de är de län som har högst population samt några av de högsta exponeringsnivåerna av PM_{2.5} från sjöfart i Sverige.

I den här analysen fann vi att en 30-årig genomsnittlig svensk dog 7 dagar tidigare än förväntat år 2014 och 5 dagar tidigare år 2016 till följd av PM_{2.5} luftföroreningar från sjöfart i Östersjön. Att förlora cirka en vecka av ens liv kan inte anses som en stor förlust av liv, men människor är olika känsliga. För de med hjärtsjukdom eller lungsjukdom kan den bli betydligt mer. I denna studie exkluderades personer under 30 år i de flesta uppskattningarna. Trots att barn och unga är en grupp som är extra känsliga för luftföroreningar är risken för dem att dö eller insjukna i hjärtinfarkt eller stroke till följd av luftföroreningar mycket låg i Sverige (25). Vi uppskattade också effekten på barn- och ungdomsastma. Om man utsätts för luftföroreningar från en ung ålder ökar risken för att utveckla astma och också olika former av cancer.

Sjuklighet

Vi valde förstagsångsinsjuknande i hjärtinfarkt, stroke och barn- och ungdomsastma som utfall för att undersöka sjuklighet i den här studien eftersom fina partiklar huvudsakligen påverkar hjärtkärl- och lung-sjukdomar. Vi uteslut de fall av hjärtinfarkt och stroke som ledde till döden eftersom vi redan hade gjort beräkningar för dödlighet. Det är dock värt att komma ihåg att luftföroreningar också kan öka risken för andra sjukdomar som vi inte har tagit med i bedömningen.

Vi fann att det årligen inträffar 82 färre icke dödliga förstagångs fall av stroke i Sverige efter den nya svavelrestriktionen 2015, och 45 färre fall av förstagångs hjärtinfarkt, utöver de extra dödsfallen. Det är en liten andel av den totala sjukdomsördan i Sverige, men varje fall av stroke och hjärtinfarkt är en allvarlig sjukdom med stora följdverkningar för individen och kostnader för samhället.

Utfallen för barn- och ungdomsastma var till skillnad från hjärtinfarkt och stroke baserat på korttidsstudier. Det är enbart en mycket liten del av de totala antal astma-diagnoser hos barn och unga som orsakades av luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön, men det är ett område där förebyggande arbete kan förhindra att barn insjuknar.

Hjärtinfarkt och stroke är sjukdomar som bygger på processer som tar många år att utveckla. Man kan då fråga sig hur vi i denna studie har kunnat uppskatta minskningen av antalet insjuknanden till följd av luftföroreningar från sjöfart mellan 2014 och 2016. I de flesta långtidsstudier som undersöker sjuklighet och dödlighet kopplade till luftföroreningar finns ett starkt samband mellan föregående års nivåer av luftföroreningar och de 10 föregående årens nivåer (4). Därav blir det ytterst små skillnader vid uppskattningarna av sjuklighet om man använder sig av nivåerna av luftföroreningar för de senaste 10 åren eller nivåerna från det föregående året. Denna typ av samband har man också kunnat påvisa i Göteborg (26).

Begränsningar i studien

Samma population för Sverige användes för beräkningarna för både 2014 och 2016 och den har inte anpassats efter befolkningsökningen. Ökningen är dock så förhållandevis liten att påverkan på resultatet enbart hade blivit marginell.

Man kan också fråga sig till vilken grad den nya svavelrestriktionen efterföljs. Preliminära resultat från en studie vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg visar att den nya restriktionen efterföljs mycket väl. Till exempel efterföljs restriktionen till 87 % mitt ute på Östersjön och vid Öresundsbron efterföljdes den till 99% (27). Det är dock viktigt att poängtera att de cirka 13 % som inte efterföljer SECAs restriktion på Östersjön släpper ut upp till 10 gånger mer svavel än de som följer restriktionen, och denna grupp står alltså för en stor del av utsläppen.

Slutligen är den viktigaste svagheten att det finns en osäkerhet i den valda exponering-respons funktionen. Den stora europeiska ESCAPE-studien från 2014 (28) som vi använde för att uppskatta hjärtinfarkt och stroke använde för dödlighet fann en procentuell riskökning på 7 % per 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ökning av $\text{PM}_{2.5}$, vilket är dubbla relativa risken av vad som använts i den här studien. Om den relativa risken från ESCAPE istället använts hade det alltså resulterat i att det uppskattade antalet dödsfall i denna studie hade varit dubbelt så hög som de siffror vi nu redovisar. I den amerikanska så kallade ACS-studien fann man dock en exponering-responsfunktion på 6 % ökning per 10 g/m^3 ökning av $\text{PM}_{2.5}$ vilket är väldigt nära den risk som använts i denna studie (29).

Framtiden

Det har diskuterats att den senaste svavelrestriktionen i Östersjön inte är kostnadseffektiv. Enligt en studie förväntas den årliga kostnaden bli omkring 465 miljoner euro (30). Totalt beräknas 2200 funktionsjusterade levnadsår (disability adjusted life years; DALY) räddas vilket motsvarar 105 miljoner euro per år. Detta skulle medföra att den nya svavelrestriktionen skulle ge en årlig förlust på 360 miljoner euro per år (30). Dessa resultat stämmer dock inte överens med de från denna studie där det enbart i Sverige sparades 600 förlorade levnadsår (vilket motsvarar ca 600 DALY). Därav bör uppskattningen om att 2200 DALY sparas vara en underskattning. Länder så som Tyskland med en hög populationstäthet och hårt trafikerade hamnar kommer med största sannolikhet vara de länder som vinner mest på den nya svavelrestriktionen under de kommande åren.

Det har uppskattats att renare marina bränslen kommer att minska den förtida dödligheten och sjukligheten orsakad av luftföroreningar med 34 respektive 54 % år 2020. Trots dessa minskningar i svavelinnehåll uppskattas det ändå att utsläpp från sjöfart kommer stå för 250 000 dödsfall årligen (31). En annan studie fann att om det maximala svavelinnehållet i bränsle för fartyg skulle sänkas till 0,5 % globalt skulle det årliga antalet dödsfall minska med 41 200 (32). Nya internationella restriktioner är dessutom på gång, från och med år 2020 kommer maximalt 0,5 % svavelinnehåll i bränsle vara tillåtet på internationella farvatten (33).

En slutsats man kan dra av den här studien är att hårdare lagar kring utsläpp har en mycket positiv effekt på dödlighet och sjuklighet i regionen och resten av Sverige. Resultaten i studien visar dessutom på att det finns ytterligare förbättringspotential vad gäller sjöfarten i Östersjön då all minskning av luftföroreningar ger hälsovinster.

Slutsatser

Vi uppskattade i den här studien att nästan två hundra personer i Sverige dog en för tidig död på grund av PM_{2.5} luftföroreningar från sjöfarten i Östersjön år 2014, varav 29 i Västra Götaland och 8 i Halland. Efter svavelrestriktionen 2015 uppskattades dödligheten minska med 67 fall per år i Sverige, 11 i Västra Götaland och med 2 per år i Halland. Antalet som insjuknade till följd av PM_{2.5} från sjöfarten i Östersjön minskade också med cirka en tredjedel efter svavelrestriktionerna vilket innebär 7 färre fall av hjärtinfarkt, 12 färre fall av stroke, och 11 färre fall av barn- och ungdomsastma i Västra Götaland. Motsvarande siffror för Halland var 3 fall av hjärtinfarkt, 3 fall av stroke och 2 fall av barn- och ungdomsastma.

I den här studien kan vi alltså se tydliga hälsovinster av införda restriktioner som lett till en minskning av luftföroreningar. Då det inte finns några säkra miniminivåer av luftföroreningar kommer alla minskningar av luftföroreningar leda till hälsovinster för befolkningen. Det är därför viktigt att också se över andra källor till luftföroreningar för att hålla de totala luftföroreningshalterna på en så låg nivå som möjligt för befolkningen i regionen.

Referenser

1. Environment SiftM. Mapping shipping intensity and routes in the Baltic Sea Swedish Institute for the Marine Environment; 2014 [Available from: http://havsmiljoinstitutet.se/digitalAssets/1506/1506887_sime_ais_report_2014_5.pdf].
2. Jonson JE, Jalkanen JP, Johansson L, Gauss M, van der Gon HACD. Model calculations of the effects of present and future emissions of air pollutants from shipping in the Baltic Sea and the North Sea. *Atmos Chem Phys*. 2015;15(2):783-98.
3. Uzoigwe JC, Prum T, Bresnahan E, Garelnabi M. The emerging role of outdoor and indoor air pollution in cardiovascular disease. *N Am J Med Sci*. 2013;5(8):445-53.
4. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121(21):2331-78.
5. Heroux ME, Braubach M, Korol N, Krzyzanowski M, Paunovic E, Zastenskaya I. [The main conclusions about the medical aspects of air pollution: the projects REVIHAAP and HRAPIE WHO/EC]. *Gig Sanit*. 2013(6):9-14.
6. Collaborators GBDRF. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018;392(10159):1923-94.
7. EEA. Air quality in Europe - 2017 report No 13/2017 2017 [Available from: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>].
8. WHO. Burden of disease from household air pollution for 2012 2012 [Available from: https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24M_arch2014.pdf].
9. Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP Project: Technical Report. Copenhagen2013.
10. Langrish JP, Bosson J, Unosson J, Muala A, Newby DE, Mills NL, et al. Cardiovascular effects of particulate air pollution exposure: time course and underlying mechanisms. *J Intern Med*. 2012;272(3):224-39.
11. Martinelli N, Olivieri O, Girelli D. Air particulate matter and cardiovascular disease: a narrative review. *Eur J Intern Med*. 2013;24(4):295-302.
12. Brook RD. Cardiovascular effects of air pollution. *Clin Sci (Lond)*. 2008;115(6):175-87.

13. Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, et al. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004;109(21):2655-71.
14. Mills NL, Donaldson K, Hadoke PW, Boon NA, MacNee W, Cassee FR, et al. Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2009;6(1):36- 44.
15. Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, Baccarelli AA, Brook RD, Donaldson K, et al. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2015;36(2):83- 93b.
16. Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, Samoli E, Stafoggia M, Weinmayr G, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncol*. 2013;14(9):813-22.
17. SCB. [Available from: <https://www.scb.se/en/>].
18. The National board of Health and Welfare (Socialstyrelsen). Statistics on causes of deaths 2016 2017 [Available from: <http://www.socialstyrelsen.se/publikationer2017/2017- 9-10>].
19. Cesaroni G, Forastiere F, Stafoggia M, Andersen ZJ, Badaloni C, Beelen R, et al. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ*. 2014;348:f7412.
20. Stafoggia M, Cesaroni G, Peters A, Andersen ZJ, Badaloni C, Beelen R, et al. Long- term exposure to ambient air pollution and incidence of cerebrovascular events: results from 11 European cohorts within the ESCAPE project. *Environ Health Perspect*. 2014;122(9):919- 25.
21. Welfare NboHa. Statistics database [Available from: <https://www.socialstyrelsen.se/statistik/statistikdatabas>].
22. Network GA. The Global Asthma Report 2018. Auckland, New Zealand; 2018.
23. Zheng XY, Ding H, Jiang LN, Chen SW, Zheng JP, Qiu M, et al. Association between Air Pollutants and Asthma Emergency Room Visits and Hospital Admissions in Time Series Studies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*. 2015;10(9):e0138146.
24. Peixoto MS, de Oliveira Galvao MF, Batistuzzo de Medeiros SR. Cell death pathways of particulate matter toxicity. *Chemosphere*. 2017;188:32-48.
25. WHO. Air pollution and child health: prescribing clean air 2018;WHO/CED/PHE/18.01.

26. Stockfelt L, Andersson EM, Molnar P, Rosengren A, Wilhelmsen L, Sallsten G, et al. Long term effects of residential NO(x) exposure on total and cause-specific mortality and incidence of myocardial infarction in a Swedish cohort. *Environ Res.* 2015;142:197-206.
27. Johan Mellqvist VC. Remote ship emission measurement, Tri-city campaign preliminary results [Presentation]. In press 2018.
28. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, Andersen ZJ, Weinmayr G, Hoffmann B, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet.* 2014;383(9919):785-95.
29. Pope CA, 3rd, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA.* 2002;287(9):1132-41.
30. Antturi J, Hanninen O, Jalkanen JP, Johansson L, Prank M, Sofiev M, et al. Costs and benefits of low-sulphur fuel standard for Baltic Sea shipping. *J Environ Manage.* 2016;184(Pt 2):431-40.
31. Sofiev M, Winebrake JJ, Johansson L, Carr EW, Prank M, Soares J, et al. Cleaner fuels for ships provide public health benefits with climate tradeoffs. *Nat Commun.* 2018;9(1):406.
32. Winebrake JJ, Corbett JJ, Green EH, Lauer A, Eyring V. Mitigating the health impacts of pollution from oceangoing shipping: an assessment of low-sulfur fuel mandates. *Environ Sci Technol.* 2009;43(13):4776-82.
33. Organisation IM. 2019 [Available from: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>].