

Luftkvalitet i hamnstråden – sjöfartens bidrag



Michael Norman, Sanna Silvergren,
Billy Sjövall, Peter Strömberg.

Förord

Denna utredning är genomförd av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. SLB-analys är operatör för Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbunds system för övervakning och utvärdering av luftkvalitet i regionen. Uppdragsgivare för utredningen är LVF.

Rapporten har granskats av:
Malin Täftefur och Christer Johansson.

Uppdragsnummer:	2013057
Daterad:	2014-04-08
Handläggare:	Michael Norman, 08-508 28 933
Status:	Granskad



Miljöförvaltningen i Stockholm
Box 8136
104 20 Stockholm
www.slb.nu

Innehållsförteckning

Förord	2
Innehållsförteckning	3
Sammanfattning	4
Bakgrund	6
Syfte	6
Metoder	7
Aktiva mätningar	7
Passiva mätningar	11
Shipair	11
Osäkerheter i beräkningarna	13
Miljökvalitetsnormer och mål	14
Resultat mätningar	15
Nynäshamn	15
Gävle	20
Emissioner	26
Sjöfartens bidrag i förhållande till övriga emissioner	29
Emissioner vid hamnar	31
Spridningsberäkningar	39
Mätningar jämfört med modelleringar	39
Sjöfartens bidrag till årsmedelhalter	42
Referenser	54

Sammanfattning

Syftet med studien var att sammanställa sjöfartens bidrag till halterna av luftföroreningar i hamnområden samt de totala utsläppen från sjöfarten i de olika kommunerna inom Stockholm och Uppsala läns Luftvårdsförbunds samverkansområde; Stockholms, Uppsala samt Gävleborg län. Mätningar av kväveoxider (NO_x och NO_2), svaveldioxid (SO_2), partikelantal samt sot gjordes under två månaders tid i Nynäshamn samt lika lång tid i Gävle hamn. Detaljerade utsläppsberäkningar av NO_x och SO_2 år 2012 har gjorts för Nynäshamn, Gävle hamn, Kapellskär, Södertälje samt Stockholm. De totala utsläppen av NO_x och SO_2 från sjöfarten under 2012 har även sammanställts för samtliga kommuner inom Luftvårdsförbundets samverkansområde. Beräkningar av bidraget från sjöfarten till de totala koncentrationerna av NO_2 och SO_2 har gjorts i Nynäshamn, Gävle, Södertälje samt Stockholm.

Mätningarna i Nynäshamn visar på i genomsnitt låga halter och att det inte föreligger någon risk för några överskridanden av varken miljö kvalitetsnorm eller miljömål för NO_2 , NO_x eller SO_2 . Invid närliggande bostäder kunde i genomsnitt ingen tydlig påverkan på utsläppen från hamnen konstateras. När vindriktningen blåste från hamnen mot den mer närliggande mätstationen och fartyg samtidigt låg i hamn blev luftföroreningshalterna tydligt påverkade av fartygen. Detta visar att fartygen har en påverkan på luftföroreningshalterna i Nynäshamn, men endast närmast hamnen. Ingen tydlig påverkan på halterna i hamnen från utsläpp i tätorten eller trafiken på Nynäsvägen kunde konstateras.

Mätningarna i Gävle hamn visade också på i genomsnitt låga halter och att det inte föreligger någon större risk för några överskridanden av varken miljö kvalitetsnorm eller miljömål för NO_2 , NO_x eller SO_2 . Invid närliggande bostäder kunde ingen påverkan på utsläppen från hamnen konstateras. Fartyg i hamnen gav tidvis upphov till förhöjda halter i närområdet, men övrig hamnverksamhet bidrog också.

Mätningarna i båda hamnarna visade på tydlig samvariation mellan NO_x , antal partiklar och sot samt till viss del även SO_2 under perioder med influens från fartygplymer. Det visade att fartygen var en tydlig källa till samtliga dessa föroreningar.

Detaljerade utsläppsberäkningar visar att de största utsläppen sker vid kaj i samtliga hamnar. Detta trots att utsläppen per tidsenhet är mindre vid kaj än vid framfart vilket förklaras av att fartygen ligger vid kaj en relativt lång tid. De största utsläppen från sjöfarten sker i Norrtälje, Värmdö och Haninge kommuner. För dessa kommuner sker utsläppen till allra största del ute till havs av passerande fartygstrafik och inte i närheten av land. För Norrtälje, Nynäshamn, Vaxholm och Östhammars kommun så är sjötrafiken den största utsläppskällan för NO_x i kommunen. För SO_2 så är sjötrafiken den dominerande utsläppskällan i ännu fler kommuner.

Spridningsberäkningar i hamnområden visar att de högsta haltbidraget från sjöfart till de totala halterna finns i anslutning till kajerna. Det mesta av utsläppen i områdets hamnar sprids ut till havs med vindarna. Haltbidraget från sjöfarten utanför hamnområden uppgår till maximalt $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 i Nynäshamn och Gävle och överstiger inte $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Södertälje som årsmedelvärde under 2012. Sjötrafiken i centrala Stockholm ger enligt beräkningarna upphov till maximalt $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 i anslutning till kajerna vid Stadgårdskajen, Strömkajen, Blasieholmen och Frihamnen. För SO_2 överstiger inte haltbidraget från sjöfarten $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utanför hamnområdet i varken Nynäshamn, Gävle, Södertälje eller Stockholm.

De relativt stora utsläppen från passerande fartyg ute till havs ger endast upphov till mycket låga halter av både NO_x och SO_2 ($> 1\mu\text{g}/\text{m}^3$) i de närmsta kustområden. Ingen beräkning visar att sjöfarten bidrar till risk för överskridande av varken miljö kvalitetsnorm eller miljömål i anslutning till de studerade hamnarna.

Bakgrund

Sjöfarten utsläpp och bidrag till luftföroreningar diskuteras livligt runt om i Europa. Sjöfarten har identifierats som en stor utsläppskälla av t.ex. sot och svaveldioxid. Sjöfartens utsläpp är även på väg att regleras och där ligger Östersjön främst bland de områden som ska regleras.

Stockholm och Uppsala läns luftvårdsförbund omfattar tre län, Stockholm (AB), Uppsala (C) samt Gävleborg (X). Inom området finns ett flertal större hamnar men kunskapen om luftföroreningshalter av olika ämnen i hamnområden är relativt begränsad. Haltberäkningar har utförts men det har fram till i dag varit svårt att få bra uppgifter om fartygens utsläpp. Nu har däremot SMHI tillsammans med Sjöfartsverket byggt upp en databas (Shipair) som i realtid genererar utsläpp från sjöfarten i hela Östersjön. Mot den bakgrunden finns det i dagsläget bättre förutsättningar i att göra en fördjupad utredning om halter i hamnområden och sjöfartstrafikens haltbidrag. Bostadsbebyggelsen tenderar även komma allt närmare hamnområden vilket även gör det angeläget att öka kunskapen.

Gävle Hamn är en av Sveriges 9 största hamnar och den största container hamnen på ostkusten och tredje största i Sverige. 5 miljoner ton gods passerar Gävle hamn årligen. Allt flygbränsle till Arlanda går t ex via Gävle hamn. Hamnen förväntas även fortsätta utöka sin verksamhet.

Nynäshamn är en modern passagerar- och ro-ro-hamn. Hamnen trafikeras av Destinations Gotlands färjor och destinationerna Gdansk och Ventpils. Nynäshamn tar även emot större internationella kryssningsfartyg som inte har möjlighet eller inte vill ta sig in till Stockholms skärgård.

Kapellskärs hamn ligger i norra ytterskärgården i Norrtälje kommun. Den är en av ostkustens största passagerare och ro-rohamnar som trafikeras både av godstrafik och passagerarfärjor.

Hamnområden i Stockholms kommun såsom Värtahamnen, Frihamnen, Stadsgårdshamnen, Skeppsbron och Hammarbyhamnen ligger alla nära bebyggelse och fraktar exempelvis passagerare till och från skärgården och andra länder inom Östersjön samt tar emot godstrafik.

Södertälje hamn har expanderat kraftigt de senaste åren och är den största containerhamnen i Mälarenregionen. Främst importgods och konsumentprodukter som bilar fraktas till Södertälje.

Syfte

Syftet med studien är att klargöra sjöfartens bidrag till halterna av luftföroreningar i hamnområdena samt de totala utsläppen i de olika kommunerna inom Luftvårdsförbundets samverkansområde.

Metoder

Nynäshamn och Gävle hamn har studerats särskilt med både mätningar och modelleringar. Utöver detta har ett flertal andra hamnar inom Luftvårdsförbundets samverkansområde studerats med utsläpps- och spridningsmodellen Shipair.

Aktiva mätningar

Mätupställningen har varit densamma i både Nynäshamn och Gävle, i Tabell 1 listas använda instrument och deras mätmetoder. Mätplatserna i respektive hamn finns markerade i Figur 1 och Figur 3. Kväveoxider (NO_x), svaveldioxid (SO_2), sot, antal partiklar samt meteorologi har uppmätts i hamnarna. Mätningarna av kväveoxider innefattar såväl kväveoxid, NO samt kvävedioxid NO_2 . Både NO_2 , NO_x samt SO_2 har gällande miljö kvalitetsnormer och miljömål Tabell 4 och Tabell 5) och är viktigt att studera hur fartygstrafiken på verkar. Framförallt för SO_2 som uppmätts i låga halter i tätorter (Burman och Norman, 2013), men där sjöfarten står för en stor del av utsläppen (Ekman, 2013) Sot och antal partiklar mäts trots att det saknas gällande gränsvärden. Båda parametrarna har tydlig negativ hälsopåverkan samt att sjöfarten har konstaterats ge upphov till stora utsläpp (EPA 2012; WHO 2012).

De använda instrumenten och deras mätprincip presenteras i Tabell 1 nedan. De aktiva mätningarna i Nynäshamn placerades in anslutning till en pumpstation och var placerad relativt nära anöringsplatserna för Lettlandsfärjan och Polenfärjorna, se Figur 1 och Figur 2. Se även Tabell 2. I Gävle hamn placerades de aktiva mätningarna på en pir i norra delen av hamnbassängen i hamnen och vilket visas i Figur 4 samt i Figur 5. Se även Tabell 3.

Tabell 1. Mätinstrument som använts i studien och deras användningsprincip.

Mätparametrar	Instrument	Mätprincip
NO_x och NO_2	Environnement S.A, AC31M-LCD	Kemiluminescensmetoden utnyttjar den snabba reaktionen mellan NO och ozon (O_3) som sker under kemiluminescens. Ljusb mängden är proportionell mot NO-halten och mycket exakt.
SO_2	Ecotech, EC 9850	Pulserande UV-ljus absorberas av SO_2 -molekylerna och når ett högre energitillstånd. Kort efteråt återgår molekylen till normaltillståndet och avger då UV-ljus i en annan våglängd som uppmätts, vilket ger koncentrationen.
Black carbon, sot	PSAP, specialbyggd vid Stockholms Universitet	En Particle Soot Absorption Photometer (PSAP) samlar in partiklar på ett filter och mäter förändringen i ljusgenomsläpp relativt ett referensfilter. Från detta härleds en sotkoncentration.
Antal partiklar	TSI, CPC 3022	Condensation particle counter CPC. Använder butanol som får kondensera på partiklarna så att de växer i storlek. De kan sedan räknas med en laser.



Figur 1. Mätplatser i Nynäshamn. a) visar placeringen för mätvagn med de aktiva mätningarna. b-e) visar placeringen för de passiva provtagarna och m) visar placeringen av de meteorologiska mätningarna. G visar tilläggningsplats för Gotlandsfärjorna, P för Polenfärjorna samt L för Lettlandsfärjan.



Figur 2. Placeringen av mätvagnen intill pumpstationen i förhållande till Polenfärjan.

Tabell 2. Mätplatser för passiva provtagare i Nynäshamn.

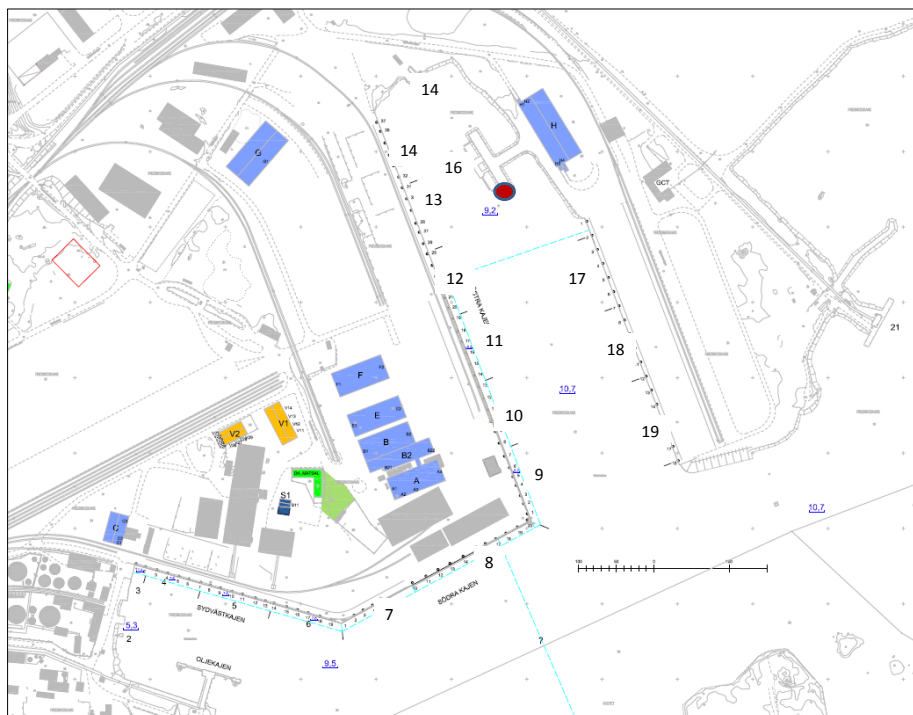
Mätplats i Nynäshamn	Beskrivning	Mätparametrar
a)	Mätvagn, intill pumpstation	NO _x , NO ₂ och SO ₂
b)	Infart Hamnkontor	NO _x , NO ₂ och SO ₂
c)	Skeppargatan, intill bostadshus	NO _x , NO ₂ och SO ₂
d)	Parkeringsplats sid slutet av Skeppargatan	NO _x , NO ₂ och SO ₂
e)	Parkeringsplats vid infarten till Gotlandsfärjorna	NO _x och NO ₂



Figur 3. Mätplatser i Gävle. a) visar placeringen för skåp med de aktiva mätningarna, samt meteorologiska mätningar. b-g) visar placeringen för de passiva provtagarna.



Figur 4. Placeringen av mätstationen i Gävle hamn mitt i hamnbassängen. Den meteorologiska masten är placerad på skåpet.



Figur 5. Detaljerad karta över Gävle hamn. Placeringen av mätstationen för de aktiva mätningarna är markerad med rött. Kajplatsernas benämning anges med siffror.

Tabell 3. Mätplatser för passiva provtagare i Gävle.

Mätplats i Gävle	Beskrivning	Mätparametrar
a)	Mätskåp, på pir mitt i hamnbassängen	SO ₂
b)	Infart Hamnen	NO _x , NO ₂ och SO ₂
c)	Jontorpsvägen, intill bostadshus	NO _x , NO ₂ och SO ₂
d)	Brännerigatan, intill bostadshus	NO _x , NO ₂ och SO ₂
e)	Maskinistgatan, intill bostadshus	SO ₂
f)	Åkerstigen, intill bostadshus	NO _x , NO ₂ och SO ₂
g)	Nygårdsvägen, intill bostadshus	NO _x , NO ₂ och SO ₂

Passiva mätningar

Passiva provtagare användes även för att få en geografisk fördelning av halterna. Mätmetoden för passiva provtagare för NO₂ och NO_x var diffusionsprovtagning med Ogawa-provtagare. Provtagnarna exponerades under ca fyra veckor och analyserades vid enheten Yrkes- och Miljömedicin vid Umeå universitet.

För passiva provtagare för SO₂ användes diffusionsprovtagare som levererades och analyserades av Svenska miljöinstitutet IVL (www.ivl.se). Även dessa exponerades under ca 4 veckor.

Passiva provtagare användes på fem olika platser i Nynäshamn vilka visas i Figur 1. och sju platser i Gävle hamn, se Figur 3.

Shipair

SMHI och Sjöfartsverket har tillsammans utvecklat ett beräkningssystem för att med hjälp av AIS (Automatic Identification System) beräkna emissioner till luft från sjöfarten (Segersson, 2010 och 2011). Sjöfartsverket har tagit fram metoder för att bestämma emissionsfaktorer för enskilda fartyg som identifieras via AIS. SMHI har dessutom utvecklat funktionalitet inom ett befintligt luftvårdssystem (Airviro) för att löpande bestämma fartygs position, hastighet, effektuttag, och emissioner utifrån AIS-data. Användningen av Shipair ger även fördelar för kartläggningen av förbifarande internationell trafik (Jalkanen et al, 2011).

Dels kan Shipair användas för att kartlägga emissionerna från sjöfart. Med hjälp av dispersionsmodulen kan även den rumsliga fördelningen för koncentrationen av luftföroreningar från sjöfarten beräknas.

Beräkningarna utförs parallellt i två moment där det ena är emissionsberäkningar. För varje timme utvärderas fartygens positioner med 5 minuters upplösning. Punktkällor, som beskriver fartygens färdväg, skapas med ungefär 50 meters mellanrum. Emissionsfaktorerna för fartygen som har legat till grund för punktkällorna hämtas från Sjöfartsverkets databaser. Dessa faktorer har klassats utifrån fartygskategori och storlek och ger därmed en emission. Storleken och den installerade effekten på huvudmotorn är två av de viktigaste parametrarna. Designhastigheten, det vill säga hastigheten som motorn är designad för påverkar även resultaten. Med hjälp av den tidsupplösta positioneringsdatan räknas Shipair ut effektuttag av motorerna, vilket påverkar emissionerna. Hjälpmotorerna och deras användning skiljer sig oftast inte mycket mellan fartygen och är i regel proportionerliga mot storleken och fartyg och huvudmotorn. Emissionerna och

motoranvändningen varierar beroende på fartygets körsätt samt om det manövrerar eller ligger vid kaj vilket tas hänsyn för vid beräkningarna.

I den andra delen av beräkningen används emissionerna som skapats enligt ovan. För varje punktemission görs spridningsberäkningar med en gaussmodell som SMHI har utvecklat och som ingår i Shipair. Gaussmodellen använder meteorologi och topografi vid det aktuella beräkningsområdet för att beräkna spridningen av utsläppen. Halten i resultaten anges vid 2 meters höjd över marken. Gridstorleken på både emissionsberäkningarna samt spridningsberäkningarna varierades beroende på beräkningsområdet och syftet. Det varierades mellan 25×25 m och 2000×2000 m.

Osäkerheter i beräkningarna

Sjöfartsverkets specifikation av parametrar gällande fartygen är ungefärliga schabloner som är anpassade efter större fartyg, vilka är de som bidrar till den större delen av utsläppen. Exempelvis är användandet av hjälpmotorer vid kaj samma för alla fartyg i systemet. Motoreffekten är däremot mer precist specificerat i systemet. En del fartyg, framförallt mindre fartyg, hade orimligt höga emissioner och dessa har korrigerats utifrån utsläpp från liknade fartyg.

Fartygens skorstenhöjder påverkar inte emissionsberäkningarna, men är av stor vikt vid spridningsberäkningarna. Där brister har upptäckts har skorstenhöjden korrigerats utifrån tillgänglig information om fartygen på internet.

Katalysatorer brukar i regel medföra cirka 90 % lägre utsläpp av kväveoxider för fartyg. Fartyg som rapporterar in att de använder katalysatorer till Sjöfartsverket får lägre farledsavgifter (www.sjofartsverket.se). De fartyg som vid beräkningstillfället fanns inrapporterade i Sjöfartsverkets databas har justerats för att ta hänsyn till de lägre utsläpp som katalysatorn medför. Sjöfartsverket har även en rabatterad svavelavgift för fartyg som enbart använder bunkerolja med låg svavelhalt. Detta har inte tagits hänsyn till vid beräkningarna och svaveldioxidutsläppen kan vara något överskattade.

I Stockholms hamnar förekommer ett stort antal mindre passagerarfartyg som främst färdas mellan innerstaden och skärgårdsöar. Dessa fartyg ligger inne vid innerstadskajer under nätter och vinterförvaras även där. Då AIS-mottagaren är påslagen innebär det att fartyget behandlas som om det hade hjälpmotorerna igång vilket medför felaktiga, höga emissioner. I denna utredning har vi därför valt att skala ner emissionerna för dessa fartyg vid stillastående i hamn med 90 %. Anledningen till detta är att en bedömning har gjorts att fartygen i genomsnitt har maskinerna igång under 10 % av tiden de ligger vid kaj.

Miljö kvalitetsnormer och mål

Av de luftföroreningar som mättes i denna studie omfattas kväveoxider och svaveldioxid av miljö kvalitetsnormer. Gällande normvärden presenteras i Tabell 4 och Tabell 5.

Tabell 4. Miljö kvalitetsnormer och miljömål för kvävedioxid, NO_2 och NO_x .

NO_2	Period	Anmärkning	Koncentration, $\mu g/m^3$
Miljö kvalitetsnorm	år	Får ej överskridas	40
Miljö kvalitetsnorm	dygn	Värdet får inte överskridas mer än 7 dygn	60
Miljö kvalitetsnorm	timme	Värdet får inte överskridas mer än 175 timmar	90
Miljö kvalitetsmål	år	Får ej överskridas	20
Miljö kvalitetsmål	timme	Värdet får inte överskridas mer än 175 timmar	60
NO_x			
Miljö kvalitetsnorm	år	Får ej överskridas*	30

*Miljö kvalitetsnorm till skydd för växtlighet. Gäller i områden minst 20 km från närmsta storstad eller 5km från annat tätbebyggt område, industriell anläggning eller motorväg.

Tabell 5. Miljö kvalitetsnormer för kvävedioxid, SO_2 .

SO_2	Period	Anmärkning	Koncentration, $\mu g/m^3$
Miljö kvalitetsnorm	år	Får ej överskridas*	20
Miljö kvalitetsnorm	Vintermedelvärde (31 okt – 31 mar)	Får ej överskridas*	10
Miljö kvalitetsnorm	dygn	Värdet får inte överskridas mer än 7 dygn	200
Miljö kvalitetsnorm	timme	Värdet får inte överskridas mer än 175 timmar	100

*Miljö kvalitetsnorm till skydd för växtlighet. Gäller i områden minst 20 km från närmsta storstad eller 5km från annat tätbebyggt område, industriell anläggning eller motorväg.

Resultat mätningar

Nynäshamn

Resultaten från de passiva provtagarna i Nynäshamn visas i Tabell 6. Som jämförelse visas även de aktiva mätningarna vid mätvagnen under samma perioder. Samtliga halter hamnar långt under gällande miljö kvalitetsnormer och miljömål enligt Tabell 4 och Tabell 5.

Högsta halterna av NO_x och NO₂ uppmättes vid infarten till hamnkontoret, som är beläget längre från fartygen jämfört med mätvagnen. Den främsta orsaken är troligen närheten till infarten för lastbilar samt parkeringsplats intill vilket visar att vägtrafiken är vägtrafiken den största källan. Bortsett från infarten vid hamnkontoret så är halterna av NO_x och NO₂ tämligen jämt fördelade mellan mätplatserna. De uppmätta halterna är i nivå med genomsnittliga bakgrundshalterna som uppmäts i taknivå i centrala Stockholm i under 2012 (15 µg/m³ NO_x och 12 µg/m³ NO₂). Det finns utifrån mätningarna inga tecken på att halterna av NO_x eller NO₂ skulle vara tydligt högre i området kring hamnen i Nynäshamn jämfört med bakgrundshalterna. Jämförelse vid mätvagnen visar en mycket bra överensstämmelse för NO_x mellan de passiva och aktiva mätningarna (Tabell 6). Däremot stämmer det sämre för NO₂. Det kan bero på de låga halterna då samtliga halter är långt under gränsvärdena.

För SO₂ var samtliga mätvärden låga, men till skillnad från kväveoxiderna så var halterna högre än i taknivå i centrala Stockholm (i medel 0,6 µg/m³ under juni 2013), vilket visar att hamnverksamheten bidrar till halterna av SO₂. Under första mätperioden var SO₂ halterna högst vid infarten till hamnkontoret, men under den andra vid Skeppargatan, men halterna var som sagt låga och osäkerheten relativt stor.

Tabell 6. Resultat från passiva provtagare i Nynäshamn 27 juni – 24 augusti. Som jämförelse finns även resultatet från de aktiva mätningarna vid mätvagnen under samma perioder.

Mätplats i Nynäshamn	Beskrivning	27 juni – 26 juli			26 juli – 24 aug		
		NO _x µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO _x µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³
Aktiv	Mätvagn	14,7	8,4	1,1	13,3	7,0	1,0
a)	Mätvagn	12,4	2,8	1,1	13,6	3,6	2,0
b)	Infart	21,8	6,4	1,9	19,4	3,5	2,1
	Hamnkontor						
c)	Skeppargatan	10,2	3,3	0,9	10,7	2,1	2,2
d)	Kaptensgatan	11,0	4,9	0,7	11,1	4,4	1,5
e)	Infarten till Gotlandsfärjorna	13,6	3,0	-	12,4	2,5	-

En sammanställning av de aktiva mätningarna vid mätvagnen visas i Tabell 7. För NO₂, sot och antal partiklar var de högsta uppmätta halterna ungefär 10 gånger högre än medelhalterna vilket visar att inverkan från loka källor förekommer. De högsta uppmätta NO₂ halterna var 79 µg/m³ under en enskild timma. Endast under denna timma överskreds miljömålet på 60 µg/m³ vilket får överskridas 175 timmar per år (Tabell 4). Det föreligger alltså ingen risk för att varken

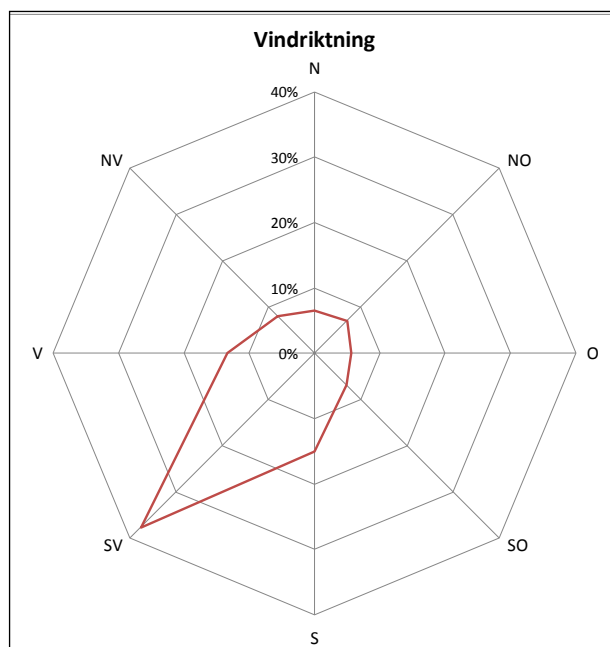
miljökvalitetsnormen eller miljömålen för NO₂ ska överskridas. De uppmätta halterna av SO₂ var låga under hela mätperioden och långt under gällande miljömål och miljökvalitetsnormer (Tabell 5). Under en stor del av perioden var halterna så pass låga att de hamnade under detektionsgränsen för instrumentet. På grund av de låga SO₂ halterna har vi valt att endast presentera medelvärdet samt mätresultat under perioder med tydligt förhöjda halter.

För både antal partiklar och sot var såväl medelhalterna som maxnivåerna i nivå eller under de som uppmättes under 2012 vid den urbana mätstationen i taknivå i centrala Stockholm (Burman och Norman, 2013).

Tabell 7. Resultat från de aktiva mätningarna i Nynäshamn, 26 juni – 16 september 2012.

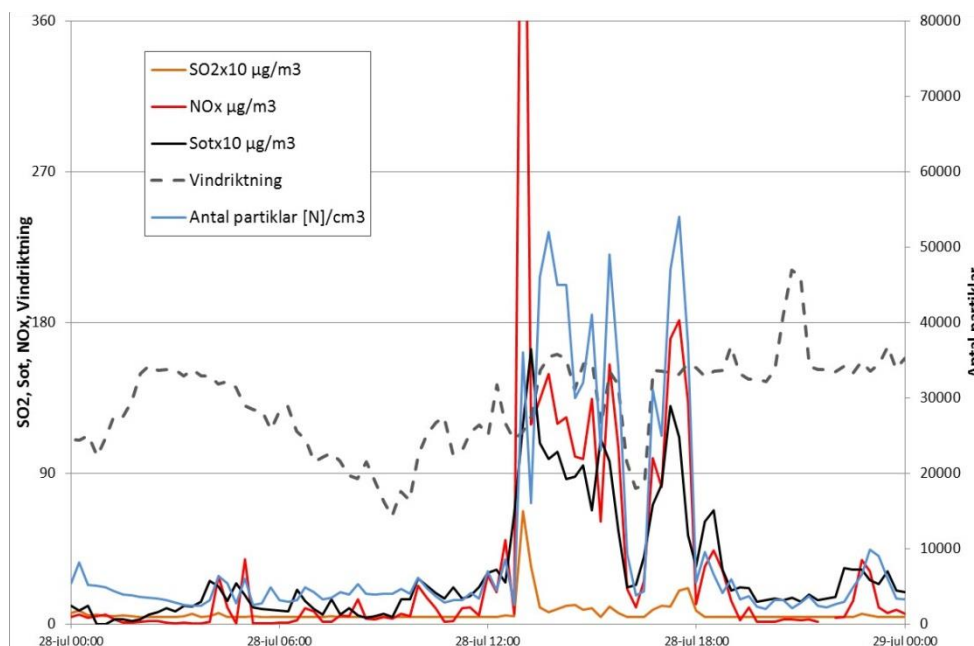
Parameter	Medel	Median	25 percentil	75 percentil	Max (timme)
NO ₂ , µg/m ³	6,8	4,2	1,9	8,4	79
NO _x , µg/m ³	12,3	6,2	1,1	12,5	213
SO ₂ , µg/m ³	1,1	1,0	0,7	1,5	3,6
Sot, µg/m ³	0,7	0,5	0,3	0,9	7,3
Antal partiklar, [N]/cm ³	4000	3000	2100	4700	39800

Huruvida utsläppen från fartygen i hamnen påverkar halterna vid mätvagnen beror på vindriktningen. Fördelningen av vindriktningen under perioden för mätningarna visas i Figur 6. En mycket stor dominans av sydvästliga vindar finns. För att passagerarfärjornas utsläpp ska påverka mätningarna och kringliggande boende så krävs en vindriktning mellan syd och nordost, se Figur 1.

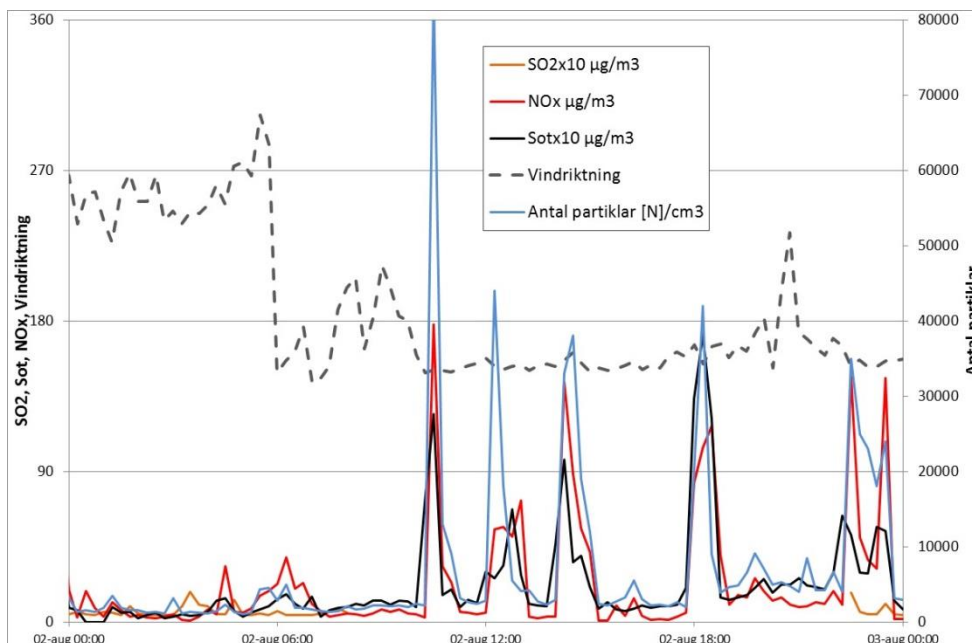


Figur 6. Fördelningen av vindriktningen under mätningarna i Nynäshamn.

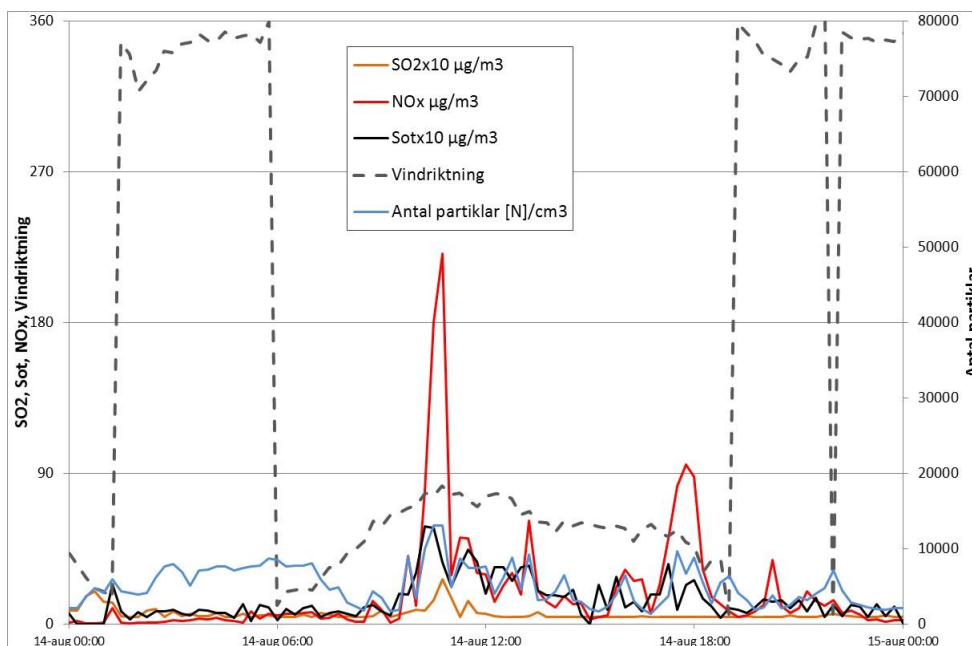
När vindriktningen blåste från hamnen mot mätstationen och fartyg samtidigt låg i hamn blev luftföroreningshalterna tydligt påverkade av fartygen. Ett par exempel av detta visas i Figur 7 för Polenfärjan, Figur 8 för Gotlandsfärjorna samt i Figur 9 för Lettlandsfärjan. Vid samtliga tillfällen ses förhöjda halter som stämmer mycket väl med tidtabellen för färjorna och det är tydligt att föroreningarna i dessa fall kommer från fartygen. Hur höga koncentrationerna blir vid de olika tillfällena beror sedan på mängden utsläpp från fartygen, men även på vindhastighet samt stabilitet i luften varför en direkt jämförelse mellan de olika rederiernas fartyg inte kan göras enbart utifrån dessa figurer. Sambandet mellan halterna och fartygsutsläppen är extra tydligt den 2 augusti (Figur 8) då flera Gotlandsfärjor anlöper Nynäshamn och halterna endast är förhöjda under de perioder då fartygen ligger i hamn. Figurerna visar även på låga SO_2 halter. Under en stor del av tiden visar mätinstrumentet låga värden under detektionsgränsen, men vid ankomst eller avgång av fartygen (se Figur 7 och Figur 9) så ses ofta ett tydligt utslag på SO_2 halterna. Det är vid ankomst och avgång som fartygen huvudmotorer används med ett bränsle som tillåts innehålla 1 % svavel till skillnad från bränslet som används av hjälpmotorerna i hamn vilket får innehålla maximalt 0,1 % svavel för trafik i Östersjön (SFS 2010:743). Det är även vid uppstart av huvudmotorerna som de största utsläppen av sot sker. De högsta uppmätta halterna av sot under en enskild kvart var $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och skedde precis innan avgång av Polenfärjan klockan 18:00 den 6 augusti under en period då vinden blåste mot mätstationen.



Figur 7. Exempel för mätdata i Nynäshamn under en period med ostsydostlig vind. Polenfärjan låg i hamn 13:00 till 18:00 den 28 juli.

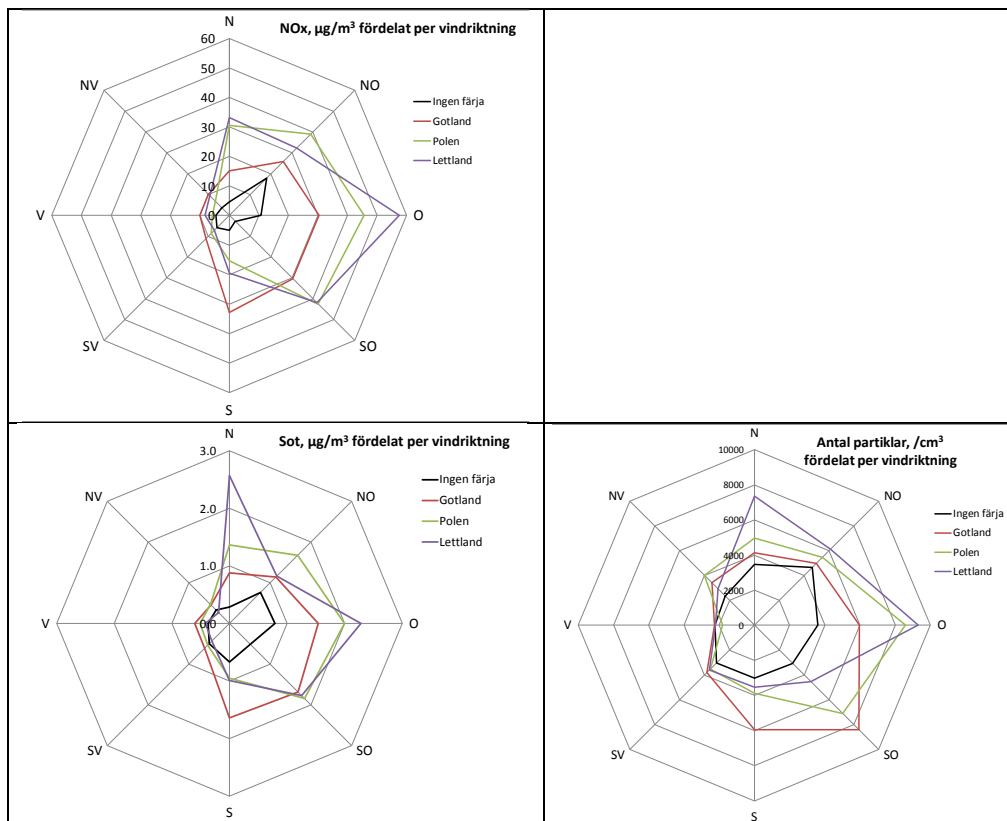


Figur 8. Exempel för mätdata i Nynäshamn under en period med sydsydostlig vind. Gotlandsfärja låg vid kaj under 10:25-10:55, 12:05-12:50, 14:10-15:50, 18:00-18:35 och 22:25-23:30 den 2 augusti.



Figur 9. Exempel för mätdata i Nynäshamn under en period med nordostlig vind. Lettlandfärja låg vid kaj 10:00-22:00 den 14 augusti.

För att ytterligare utreda hur fartygens utsläpp påverkade mätstationen vid olika vindriktningar så sorterades mätdata utifrån de tidtabeller som används av de tre färjerederierna, samt då inget fartyg fanns vid kaj. Efter sorteringen beräknades ett medelvärde per vindriktning (45 graders sektorer) så kallat Breuerdiagram. Detta gjordes för NO_x, antal partiklar, sot och NO_x. På grund av de låga halterna så har inte analysen gjorts för SO₂. Resultaten visas i Figur 10. Om flera fartyg har funnits vid kajen samtidigt så finns dessa tider med i samtliga kategorier som berörs.



Figur 10. Medelvärde av föroreningar vid olika vindriktningar och sorterat på fartygstidtabellerna i Nynäshamn.

För alla föroreningar är halterna lägre i samtliga vindriktningar om inget fartyg ligger i hamn jämför med om fartyg är i hamn. Noterbart är att halterna utan fartyg är högst vid nordostlig vind. Orsaken till det är sannolikt vägtrafiken till och från färjorna, parkeringen för lastbilar inom hamnområdet samt eventuellt oljehamnen. Däremot ses ingen större inverkan på halterna från tätorten eller Nynäsvägen vid vindar mellan sydväst och nordväst.

För vindar mellan nordost och syd är halterna tydligt högre när fartyg har legat vid kaj för samtliga föroreningar. Det är inte förvånande att de högsta halterna uppmättes vid ostliga vindar för Lettlandsfärjan, vid sydvästliga till västliga vindar för Polenfärjan samt sydlig till sydostliga vindar för Gotlandsfärjan, (jämför med Figur 1). Ett undantag är att höga halter av sot uppmättes under en period med nordliga vindar samtidigt som Lettlandsfärjan var i hamn. Då mätstationen var placerad i anslutning till en parkeringsplats finns det risk att någon lastbil funnits intill mätstationen under vissa perioder vilket kan ha föranlett de höga sotvärdena. Även NO_x och antal partiklar är förhöjda samtidigt vilket tyder på att så kan ha varit fallet.

Figur 10 antyder att halter för samtliga föroreningar var högre vid mätstationen när Polenfärjan eller Lettlandsfärjan var i hamn jämfört med om Gotlandsfärjorna låg vid kaj. Angöringen för Gotlandsfärjorna var längst bort från mätstationen vilket är en bidragande orsak till de lägre halterna. Samtidigt visar tillgängliga utsläppssiffror att framförallt Polenfärjorna ger större utsläpp jämfört med Gotlandsfärjorna, t.ex. används katalysatorer i Gotlandsfärjorna till skillnad från Polenfärjorna, enligt Sjöfartsverkets register (www.sjofartsverket.se)

Lettlandsfärjan ”Scottish Viking” är byggd 2009 och är därför relativt nybyggd med modern rening, men har enligt tillgängliga uppgifter inte katalysator.

Sammanfattningsvis visar mätningarna i Nynäshamn att sjöfarten på ett tydligt sätt bidrar till luftföroreningarna i hamnområdet. Samtidigt är samtliga nivåer av luftföroreningarna under samtliga miljökvalitetsnormer och miljömål och i genomsnitt är halterna i nivå med urbana bakgrundhalter i centrala Stockholm.

Gävle

Resultaten från de passiva provtagarna i Gävle hamn visas i Tabell 8. Som jämförelse visas även de aktiva mätningarna vid mätvagnen under samma perioder. Precis som i Nynäshamn hamnar samtliga mätvärden långt under miljökvalitetsnormerna och miljömålen vid samtliga platser. För svaveldioxid uppmättes de högsta halterna vid mätstationen mitt i hamnen vilket visar att sjöfarten är den största utsläppskällan i området, men de var lägre än i Nynäshamn. Högst halter av NO_x uppmättes vid infarten till hamnen och där är fordonstrafiken den överlägset största källan pga. av närheten till vägen. Även vid Nygårdsvägen uppmättes högre halter än i hamnen och där är det även närheten till vägen med transporter ut mot Skutskär som bidragit till kväveoxiderna. I anslutning till bostäderna närmast hamnen uppmättes låga halter (Jontorpsvägen).

Tabell 8. Resultat från passiva provtagare i Gävle.

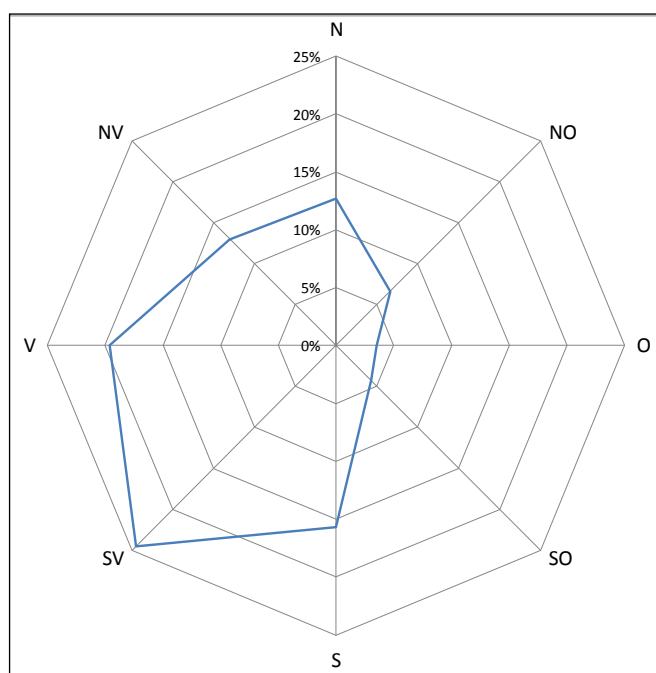
Mätplats i Nynäshamn	Beskrivning	28 sep – 2 nov			2 nov – 17 dec		
		NO _x µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO _x µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³
Aktiva	Mätskåp	14,7	7,5	1,2	25,2	11,7	1,3
a)	Mätskåp	-	-	0,7	-	-	0,7
b)	Infart Hamnen	19,2	8,9	0,3	31,9	14,7	0,5
c)	Jontorpsvägen	8,0	5,6	0,2	16,8	10,7	0,4
d)	Brännerigatan	10,6	7,9	0,3	19,2	11,6	0,4
e)	Maskinistgatan	-	-	0,4	-	-	0,5
f)	Åkerstigen	8,7	6,7	0,3	19,9	13,2	0,4
g)	Nygårdsvägen	15,5	10,0	0,3	26,5	15,7	0,6

En sammanställning av de aktiva mätningarna vid mätskåpet i hamnen visas i Tabell 9. För NO₂, sot och antal partiklar var de högsta uppmätta halterna ungefär 10 gånger högre än medelhalterna vilket visar att inverkan från loka källor förekommer. De högsta uppmätta NO₂ halterna var 76 µg/m³ och sammanlagt uppmättes under 15 timmar NO₂ halter över 60 µg/m³ vilket är miljömålet (Tabell 4). Utifrån denna mätperiod verkar det däremot inte föreligga någon risk för överskridande av miljökvalitetsnormer eller miljömål för NO₂. De uppmätta halterna av SO₂ var låga under hela mätperioden och långt under gällande miljömål och miljökvalitetsnormer (Tabell 5). För både antal partiklar och sot var såväl medelhalterna som maxnivåerna i nivå eller under de som uppmättes under 2012 vid den urbana mätstationen i taknivå i centrala Stockholm (Burman och Norman, 2013).

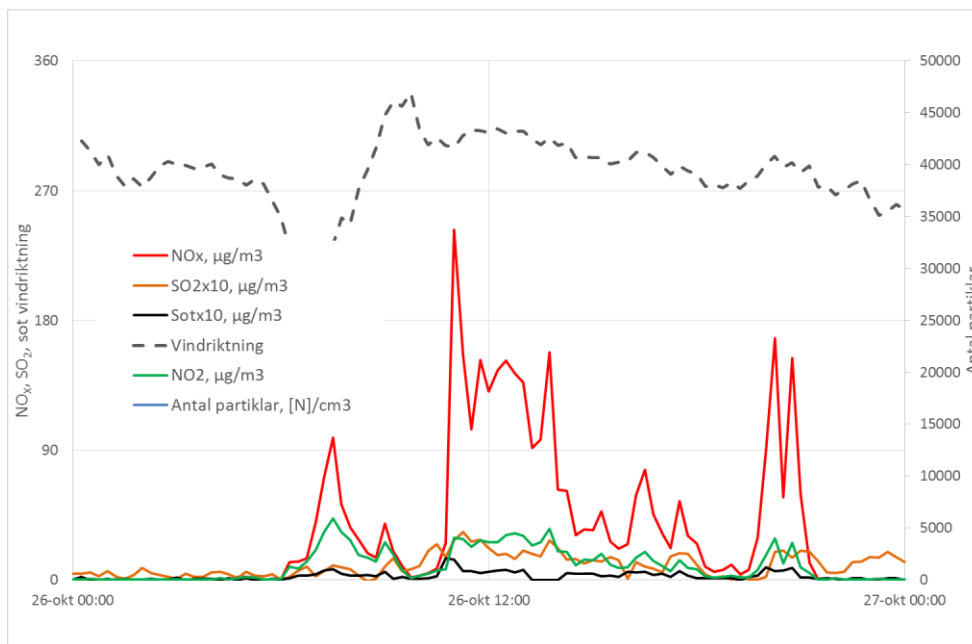
Tabell 9. Resultat från de aktiva mätningarna i Gävle 20 september till 13 december 2012. Antal partiklar mättes endast tom 20 okt.

Parameter	Medel	Median	25-percentil	75-percentil	Max (timme)
NO ₂ , µg/m ³	9,5	4,6	0,9	12,5	76
NO _x , µg/m ³	19,7	6,9	1,2	22,1	356
SO ₂ , µg/m ³	1,3	1,1	0,6	1,7	6,4
Sot, µg/m ³	0,8	0,5	0,3	1,0	12,1
Antal partiklar, [N]/cm ³	4100	3400	2800	4600	28200

Mätningarna i Gävle gjordes nästan mitt i hamnbassängen och utsläpp från fartyg i hamnen i flera olika väderstreck kan påverka halterna vid mätskåpet, men beror på vindriktningen. Fördelningen av vindriktningen under perioden för mätningarna visas i Figur 11. En mycket stor dominans av västliga och sydvästliga vindar finns.

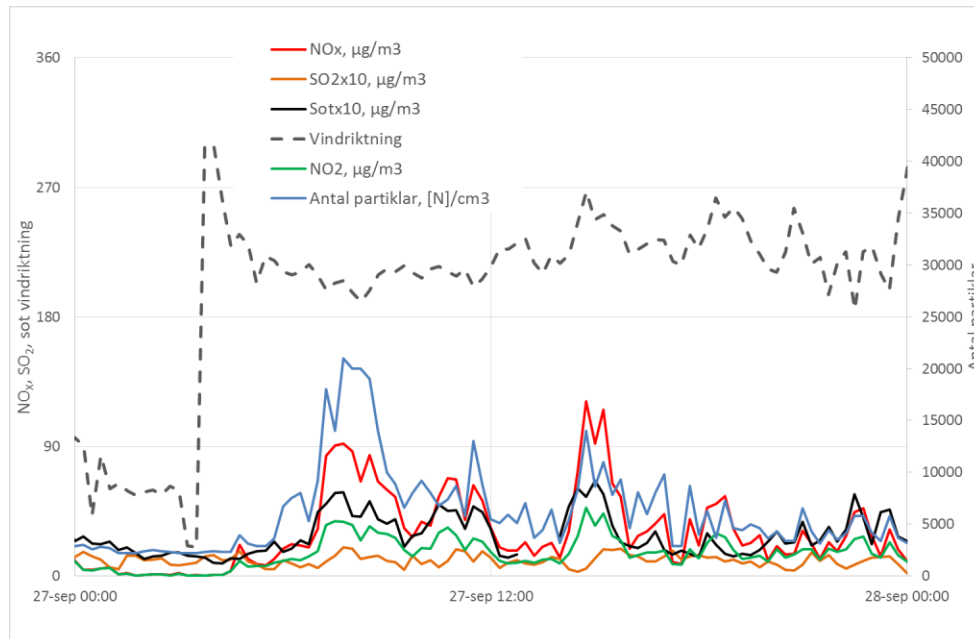
**Figur 11.** Fördelningen av vindriktningen under mätningarna i Gävle.

Exempel på mätdata under period med västlig vind presenteras i Figur 12. Halterna varierar kraftigt från att ha varit låga under inledningen av den 26 oktober, men ökar sedan strax före klockan 12 på dagen. Under den aktuella dagen låg fartyget Snow Star inne vid kajplats 16 (Figur 5) mellan 13:00 och 23:30 enligt Gävle hamns dagbok vilket är på piren som mätstationen var placerad på. De förhöjda halterna stämmer inte exakt med tiderna för fartyget då halterna stiger tidigare. Antingen så anlände fartyget tidigare än angivet eller så är det andra utsläppskällor än fartygen i hamnen som har orsakat de förhöjda halterna under den 26 oktober. I hamnen sker en hel del aktiviteter i form av arbetsfordon av olika typer vilka kan ge stora utsläpp av framför allt NO_x (Ekman, 2013).



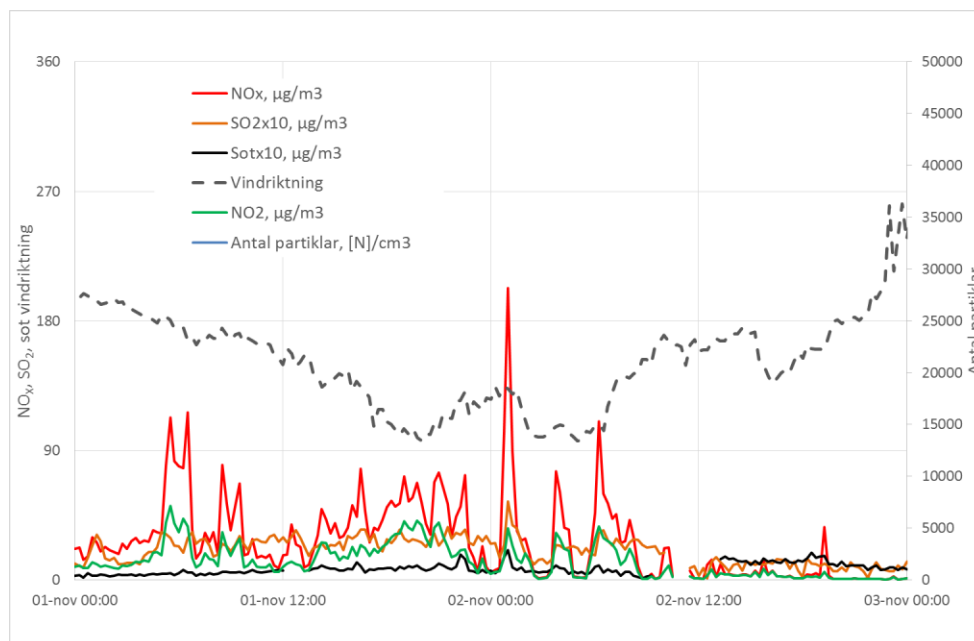
Figur 12. Exempel på mätdata från Gävle hamn med västlig vind. Under perioden 13:00-23:30 26/10 låg fartyg inne vid SK16 som är piren som mätstationen var placerad på.

Ett annat exempel för mätdata med sydvästlig vind visas i Figur 13. Två fartyg var inne i sydvästlig riktning under dagen. Fartyget Isidor anlände till kajplats 12 klockan 08:00 den 26/9 och stannade till 18:00 den 1/10 samt Alina som anlände till kajplats 10 redan den 25/9 och avgick den 28/9. Båda fartygen låg redan på plats under morgonen den 27 september, men ungefär klockan 08:00 så vred vinden till sydvästlig vilket resulterade en tydlig ökning av halterna av såväl NO_x , antal partiklar och sot, men endast mycket lite effekt på SO_2 -halten. Trots det tydliga utslaget på mätdata går det inte helt utesluta att bidrag finns från arbetsmaskiner i hamnen som även kan befinna sig i sydvästlig riktning.



Figur 13. Exempel på mätdata från Gävle hamn under en period med sydvästlig vind. Fartyg låg inne vid sk12 under perioden 08:00 26/9 – 18:00 1/10 samt fartyg vid Sk10 under perioden 20:00 den 25/9 till 15:00 den 28/9.

I Figur 14 visas ett exempel med vindar runt sydost. Tyvärr var inte partikelräknaren i drift under denna period. I sydostlig riktning är chansen mindre att annan verksamhet än fartygen påverkas mätresultaten. Vid kajplatserna 17-19 anlöper containerfartyg vilket i de flesta fall är relativt stora och kan förväntas ge tydliga utsläpp. Tre fartyg låg inne vid de olika kajplatserna 17-19 under de två dyggen 1-2 november. Det var Fenja som låg vid kajplats 17 mellan 12:30 och 22:30 den 1/11, Conmar Bay som låg vid kajplats 17 mellan 01:50 och 09:30 den 2/11 samt Aldebaran J som låg vid kajplats 19 mellan 07:00 och 16:30 den 1/11. Tydliga utslag på mätningarna av NO_x syns i samband med ankomst av Aldebaran på morgonen den 1/11 samt ankomst av Conmar Bay strax efter midnatt till den 2/11 och även innan och i samband med Conmar Bay's avgång den 2/11. Dessa två dagar är intressanta genom det tydliga utslaget på NO_x , men nästan inget utslag på sotmätningarna. En möjlig förklaring är sannolikt att de fartyg som anlöper containerhamnen i Gävle under denna period är så pass moderna att utsläppen av sot är låga. Till exempel är Conmar Bay byggd så sent som 2012 medan Fenja och Aldebaran J är byggda mellan 2004 och 2006.

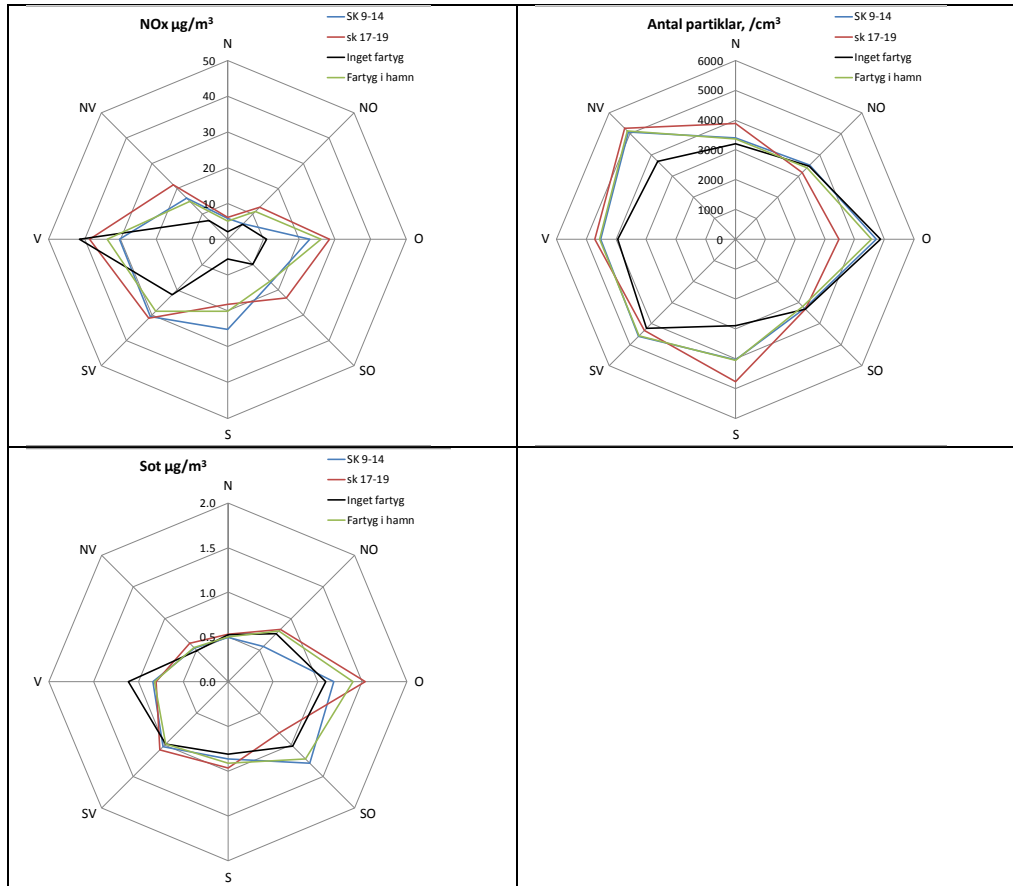


Figur 14. Exempel på mätdata från Gävle under en period med vindar mellan syd och sydost. Fartyg låg inne vid sk19 under perioden 07:00-16:30 den 1/11, samt fartyg vid sk17 12:30 till 22:30 den 1/11, samt vid sk17 01:50-09:30 den 2/11.

Liksom för Nynäshamn beräknas ett medelvärde per vindriktning (45-graderssektorer) i Breuerdiagram. Detta har gjorts för NO_x , antal partiklar och sot. På grund av de låga halterna så har inte analysen gjorts för SO_2 . Data har sorterats utifrån om fartyg fanns i hamnen eller inte. Om flera fartyg har funnits vid kajen samtidigt så finns dessa tider med i samtliga kategorier som berörs. Resultaten visas i Figur 15. Till skillnad från i Nynäshamn så uppträder inga tydliga mönster. För NO_x uppmättes de högsta halterna vid västlig vind samtidigt som inga fartyg fanns i hamnen vilket tydligt visar på tidvis stort påverkan från andra utsläppskällor istället för fartygen. För tider då fartyg fanns i hamnen så uppträder högst halter i östlig och västlig riktning och det gör ingen skillnad om ytterligare sortering görs på de olika kajplatserna. Troligen finns det fartyg på båda sidorna i hamnbassängen vilket gör att halterna är förhöjda åt både öster och väster, men annan verksamhet i hamnen kan även bidra.

För antal partiklar ses ingen större skillnad på mätresultaten beroende på vindriktning eller om fartyg har varit i hamn. De är låga halter i samtliga vindriktningar.

För sot så ses en viss övervikt av högre halter i östliga och sydostliga vindriktningar. Däremot är det ingen större skillnad beroende på om fartyg varit i hamnen eller inte. Det antyder att de förhöjda halterna kanske beror på förhöjda bakgrundhalterna när det blåste från ost eller sydostlig riktning istället för att det är de lokala fartygen som var orsaken till de förhöjda halterna.



Figur 15. Medelvärde av föroreningar vid olika vindriktningar och sorterat på fartygstidtabellerna i Nynäshamn.

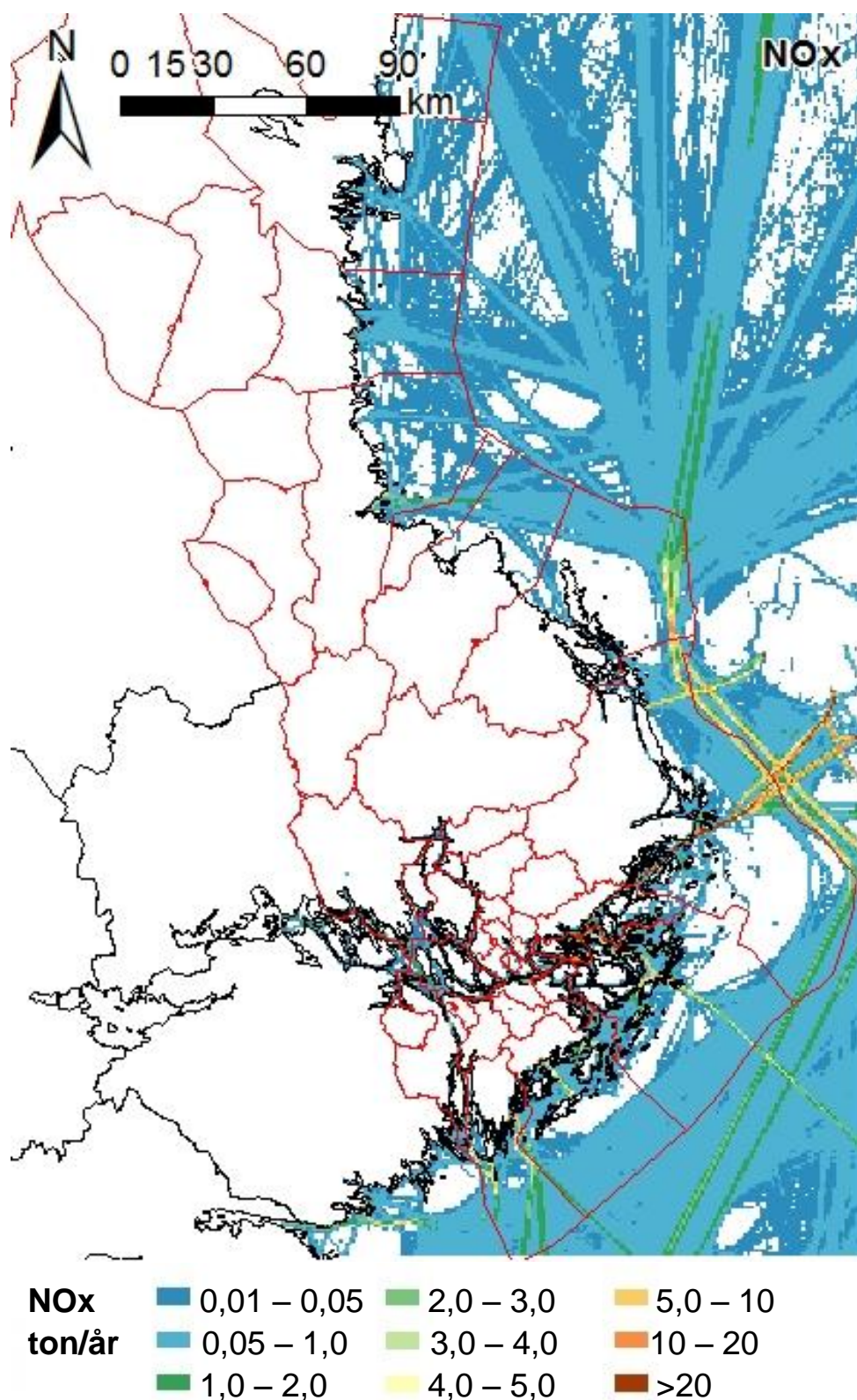
Sammanfattningsvis visar mätningarna i Gävle att nivåerna av luftföroreningarna är under samtliga miljö kvalitetsnormer och miljömål. Mätningarna visade att fartygen i hamnen tidvis kan ha tydliga effekter på luftkvaliteten, men även att den övriga verksamheten i hamnen tydlig bidrar till förhöjda luftföroreningshalter.

Emissioner

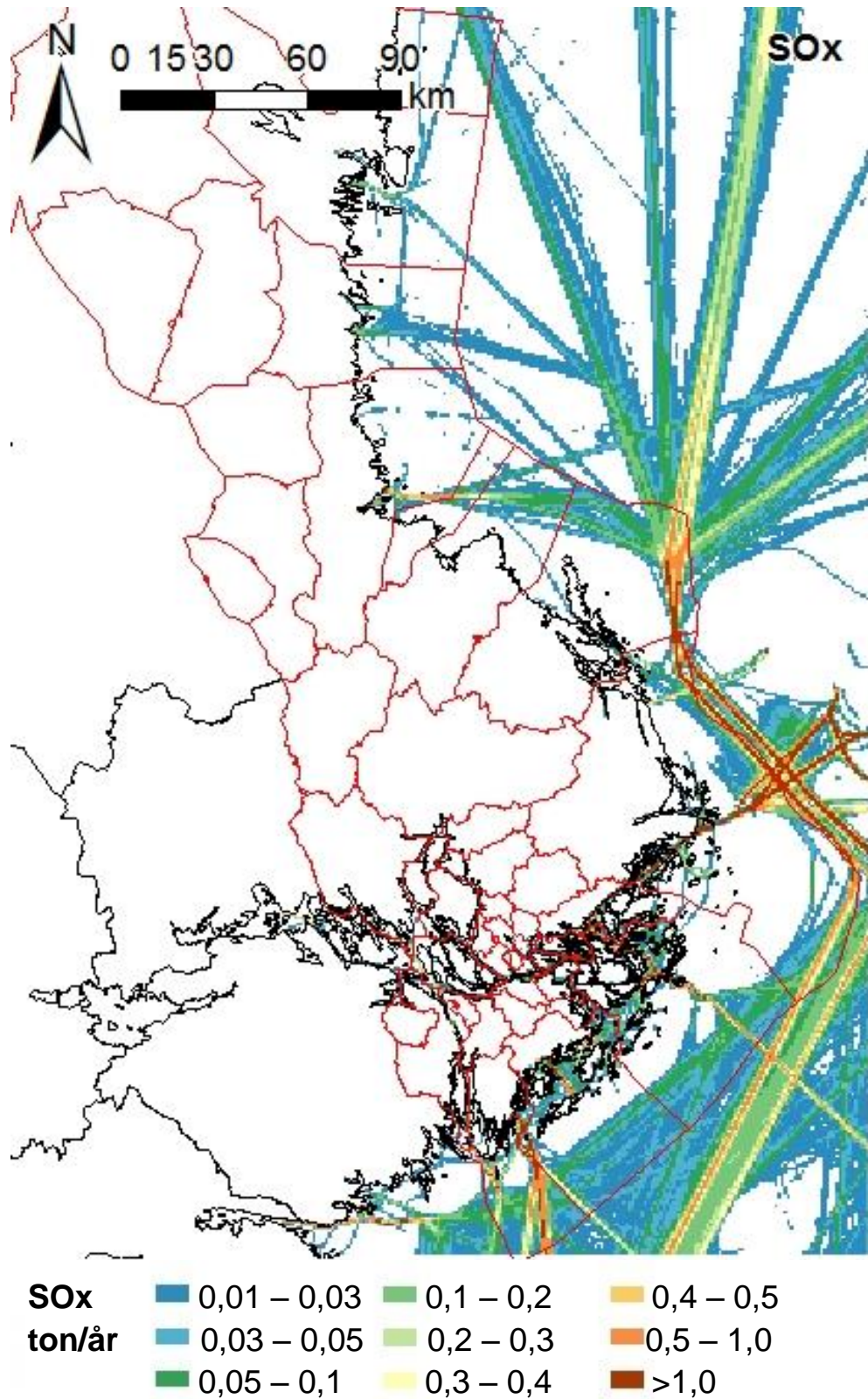
Emissioner av kväveoxider och svaveloxider från sjöfarten har beräknats med hjälp av Shipair i hela luftvårdsförbundets medlemsområde i ABCX-län, det vill säga Stockholms län, Uppsala län och Gävleborgs län. Resultaten illustreras i Figur 16 och Figur 17. Notera att Shipair beräknar svaveloxid-emissioner (SO_x). Dessa är i princip ekvivalenta med mängden svaveldioxid, SO_2 . I en tidigare studie har man uppskattat att mer än 95 % av utsläppen av SO_x består av SO_2 (Benkovitz et al., 1996).

Fartygstrafiken rör sig i huvudfarleder och de främsta utsläppen sker för trafik mellan Mälaren och Åland. Somliga kommuner har inga större hamnar men får ändå ett bidrag från sjötrafik som färdas i farleder som går innanför kommungränsen till havs, men en bit från kustlinjen. Framförallt Östhammar och Norrtälje kommuner har stora utsläpp som sker ute till havs, men även Haninge och Värmdö kommuner. Det är endast vid ett fåtal hamnar som utsläppen sker i anslutning till bebyggda landområden och kan ha negativ inverkan på luftkvaliteten bland befolkningen.

Som ses av figurerna är utsläppen av kväveoxider betydligt större än utsläppen av svaveldioxid. Halterna av svaveldioxid i luften i Luftvårdsområdet har haft en mycket positiv utveckling under de senaste dryga 30 åren (Burman och Norman, 2013) mycket tack vara minskad svavelhalt i bränslen såsom olja.



Figur 16. Kvävedioxidemissioner från sjöfart i hela beräkningsområdet år 2012 angivet i ton/år, km². Kommungränser visas i röda linjer.



Figur 17. Svaveloxider-emissioner (SO_x) från sjöfart i hela beräkningsområdet år 2012 angivet i ton/år, km^2 . Kommungränser visas i röda linjer.

Sjöfartens bidrag i förhållande till övriga emissioner

I den här rapporten har utsläppsdata från sjöfarten sammanställts utifrån resultaten i Shipair. Med hjälp av SLB-analys senaste sammanställning av emissioner kan det fastställas hur stor del av de totala utsläppen som sjöfarten bidrar till i Uppsala, Gävleborg och Stockholms län och deras respektive kommuner (Ekman, 2013). Notera att utsläppen från sjöfarten är utvärderade med Shipair för år 2012 och att övriga utsläpp är för 2011, vilka sammanställdes till den nuvarande emissionsdatabasen (EDB). I angivna totalutsläpp har fartygsutsläppen från Shipair ersatt de tidigare sjöfartsemissionerna som finns i utsläppsdata-basen. De sjöfartsemissioner som finns rapporterade och som ligger i förbundets EDB konstaterades vara osäkra. Emissionerna i EDB'n är uppskattade innanför den inre territorialgränsen, inte innanför kommungränsen som i Shipair. Därför förväntas denna kartläggning visa på högre emissioner i kustkommuner och bör heller inte jämföras med de tidigare uppskattningarna.

Av de totala årsutsläppen i länen står sjöfarten för 21 % av all NO_x och 27 % av all SO_x . Ser man på varje kommun för sig varierar sjöfartens bidrag starkt mellan inlandskommuner och kustkommuner, vilket kan förväntas. I Tabell 10 anges de totala sjöfartsutsläppen för varje kommun samt den procentuella andelen som sjöfarten bidrar till de totala utsläppen. De angivna värdena är de som beräknats i Shipair, och har inte avrundats för att återspegla osäkerheterna i metoden. De största utsläppen sker i Norrtälje och Värmdö kommuner, men som framgår av Figur 16 och Figur 17 så sker en övervägande majoritet av utsläppen i båda kommunerna ute i farleden, som ligger en bra bit från land. Även i Stockholm sker stora utsläpp, men som framgår av Tabell 10 så är andra utsläppskällor såsom vägtrafik klart dominerande över sjöfarten. För flera kommuner är sjöfarten den överlägset största utsläppskällan, framförallt för svavel. Det gäller t.ex. för Haninge, Norrtälje, Ekerö, Vaxholm, Värmdö, Österåker samt Östhammar. Intressanta skillnader finns även mellan andelen av utsläppen av NO_x och SO_x . För de kommuner där sjöfarten oftast bara passerar förbi och inte lägger till vid land, som Haninge och Norrtälje, dominerar sjöfarten utsläppen av SO_x . För de kommuner som har större hamnar så är ofta en mindre del av SO_x utsläppen från sjöfarten, t.ex. Nynäshamn. Detta ha troligen att göra med svaveldirektivet (SFS 2010:743) som fastställer att endast lågsvavligt bränsle får användas i hamnarna, men bränsle med mer svavel används ute till havs. Intressant är också att det i Gävle finns relativt stora utsläpp från sjöfarten av både NO_x och SO_x , men trots det bidrar sjöfarten till en mycket liten del av de totala utsläppen i kommunen.

Tabell 10. *Utsläppen av kväveoxider och svaveloxider från sjöfart (Shipair) i varje kommun i Stockholm och Uppsala läns luftvårdsförbund år 2012 samt andelen av totalhalterna som bidras genom sjöfart. I totalutsläppen har fartygsutsläppen från Shipair ersatt de tidigare sjöfartsemissionerna som finns i utsläppsdaten.*

Kommun	NO _x [ton]	NO _x [%]	SO _x [ton]	SO _x [%]
Bollnäs	0	0	0	0
Botkyrka	2	0	0	2
Danderyd	2	1	0	2
Ekerö	59	21	8	60
Enköping	32	4	7	32
Gävle	251	10	35	5
Haninge	562	48	119	97
Hofors	0	0	0	0
Huddinge	0	0	0	0
Hudiksvall	94	8	14	5
Håbo	1	0	0	0
Järfälla	0	0	0	0
Knivsta	0	0	0	0
Lidingö	30	16	5	21
Ljusdal	0	0	0	0
Nacka	45	9	4	15
Nordanstig	42	16	10	72
Norrtälje	3903	84	837	80
Nykvarn	0	0	0	0
Nynäshamn	711	73	186	43
Ockelbo	0	0	0	0
Ovanåker	0	0	0	0
Salem	3	2	1	35
Sandviken	0	0	0	0
Sigtuna	0	0	0	0
Sollentuna	0	0	0	0
Solna	0	0	0	0
Stockholm	426	11	74	22
Sundbyberg	0	0	0	0
Söderhamn	125	14	14	3
Södertälje	92	5	13	10
Tierp	83	13	21	26
Tyresö	7	5	1	7
Täby	1	0	0	0
Upplands Bro	1	0	0	1
Upplands Väsby	1	0	0	1
Uppsala	0	0	0	0
Vallentuna	0	0	0	0
Vaxholm	406	85	87	100
Värmdö	1207	77	204	91
Älvkarleby	34	4	7	1
Österåker	674	73	130	100
Östhammar	877	80	223	97
Totalt	12095		2776	

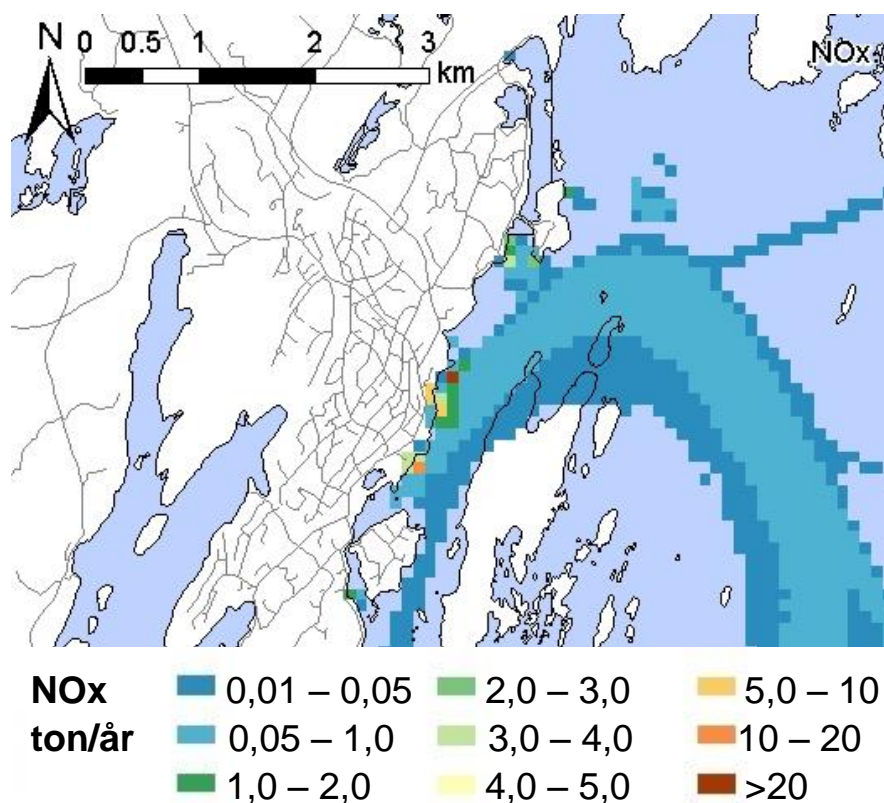
Emissioner vid hamnar

Utsläppen av kväveoxider och svaveloxider har studerats separat vid utvalda, vältrafikerade hamnar inom länen; Nynäshamn, Gävle hamn, Stockholms hamnar, Kapellskär samt Södertälje hamn. Resultaten visas i nedanstående Figurer 18-27. Alla emissioner som understiger 0,01 ton per år och beräkningsruta har exkluderats för att tydliggöra var de huvudsakliga utsläppen sker. Generellt är emissionerna som störst precis intill hamnarna, detta trots att fartygen släpper ut mindre per tidsenhet stillastående vid kaj än då de rör sig. Detta beror på att tiden som fartygen ligger vid hamn normalt är förhållandevis lång jämfört med tiden då de rör sig in och ut från kajen.

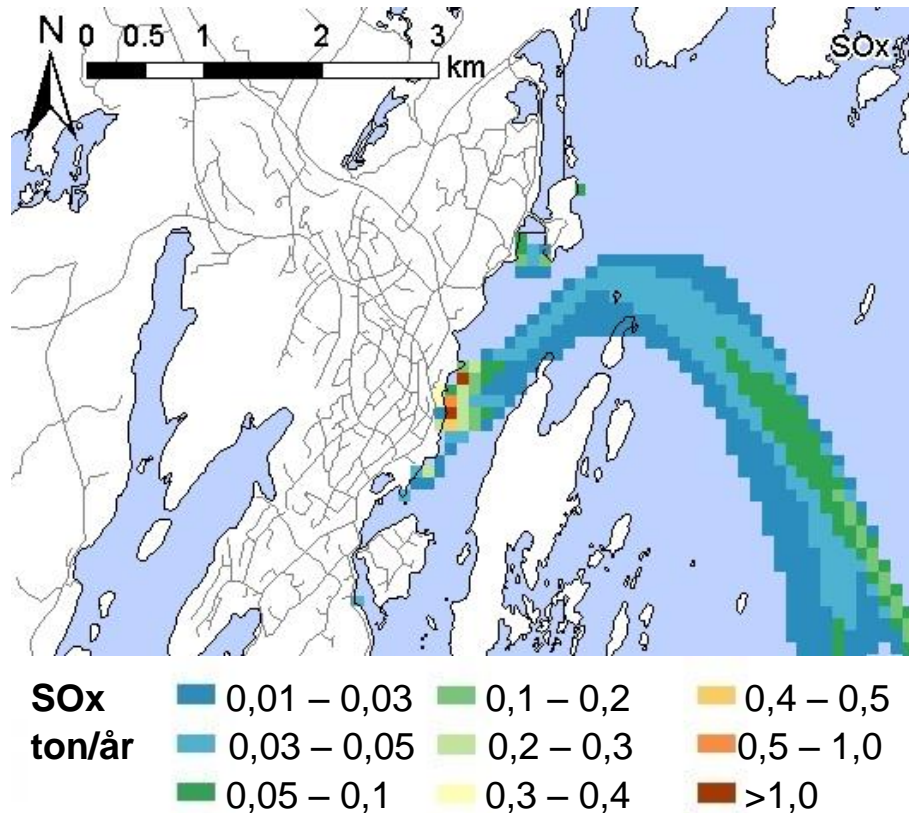
Nynäshamn

De största utsläppen sker vid kajen där färjorna till Gotland, Polen och Lettland lägger till trots omfattande trafik till och från hamnen, vilket visas i Figur 18 och

Figur 19. Dessa fartyg kör i regelbunden och relativt tät trafik. Dessutom är de passagerarfartyg vilket innebär att förhållandevis mycket el från hjälpmotorer används vid stillastående jämfört med ett fraktfartyg exempelvis. Den maximala emissionen vid Nynäshamn uppgår till 21 ton NO_x per år i ett 100x100 meter stort område (en beräkningsruta). För SO_x är emissionen maximalt strax under 3 ton. Observera att värdet ska multipliceras med 100 vid direktjämförelse med emissioner som visas i Figur 16 och Figur 17, där beräkningsrutorna är kilometerstora.



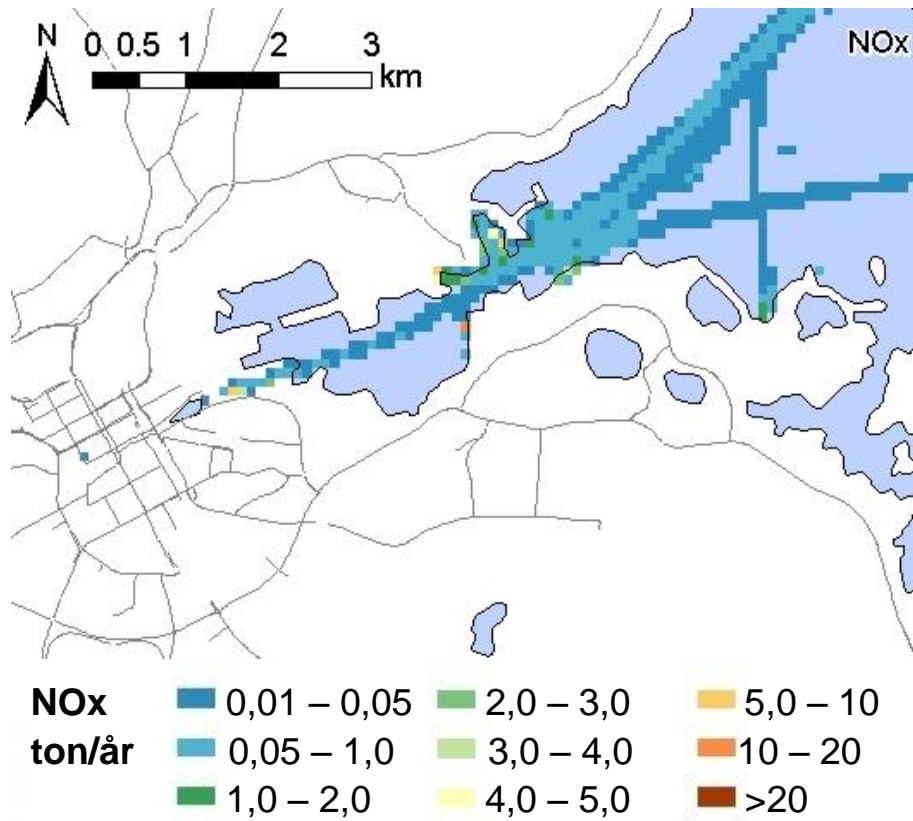
Figur 18. Kväveoxidemissioner (NO_x) från sjöfart i Nynäshamn år 2012 angivet i ton/år, 0.01 km².



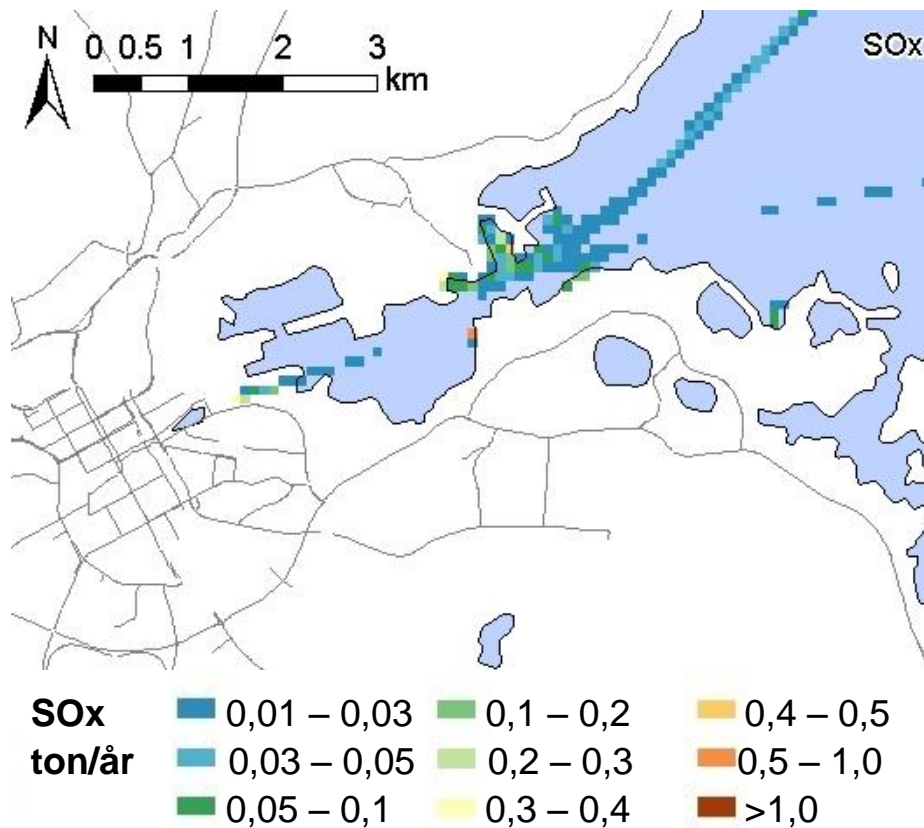
Figur 19. Svaveloxidemissioner (SO_x) från sjöfart i Nynäshamn år 2012 angivet i ton/år, $0,01 \text{ km}^2$.

Gävle hamn

Även för Gävle är det tydligt att de största utsläppen enligt emissionsdatabasen sker i de positioner där fartygen ligger vid kaj, vilket ses i Figur 20 och Figur 21. Trots att farleden är smal och samtliga fartyg till och från de olika hamnarna i Gävle använder samma farled så är emissionerna större vid kajplatserna beroende på att fartygen är förtöjda under relativt långa perioder. Den maximala emissionen vid uppgår till 13 ton NO_x per år i ett 100×100 meter stort område (en beräkningsruta). För SO_x är emissionen maximalt drygt 0,5 ton.



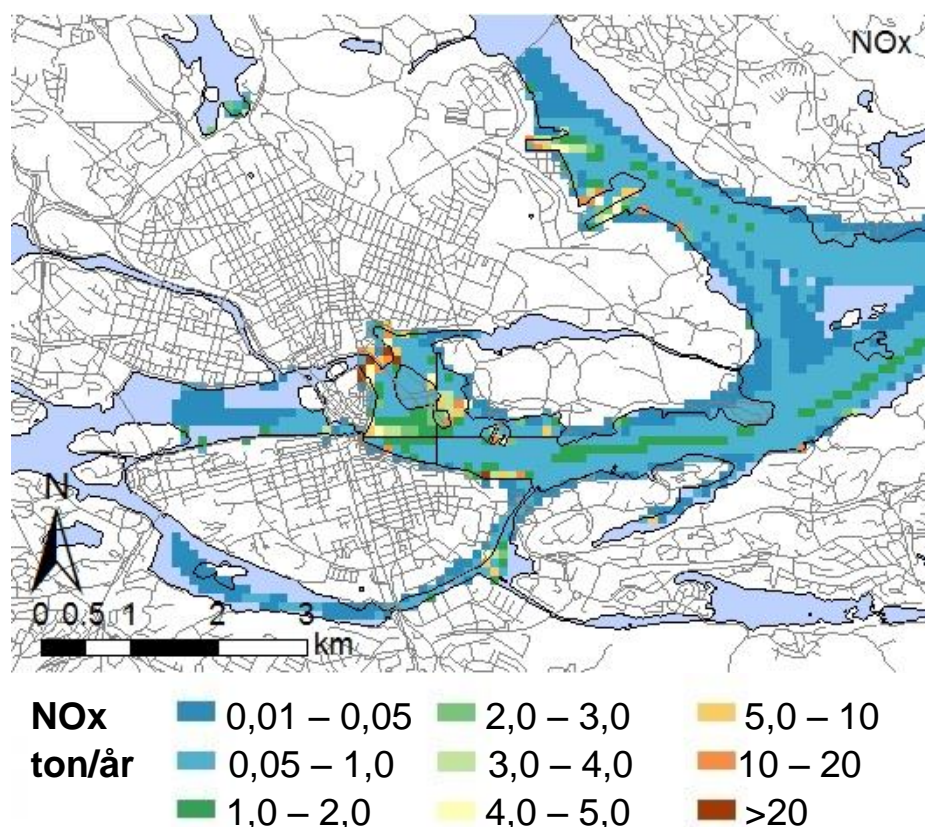
Figur 20. Kväveoxidemissioner (NO_x) från sjöfart i Gävle hamn år 2012 angivet i ton/år, 0.01 km^2 .



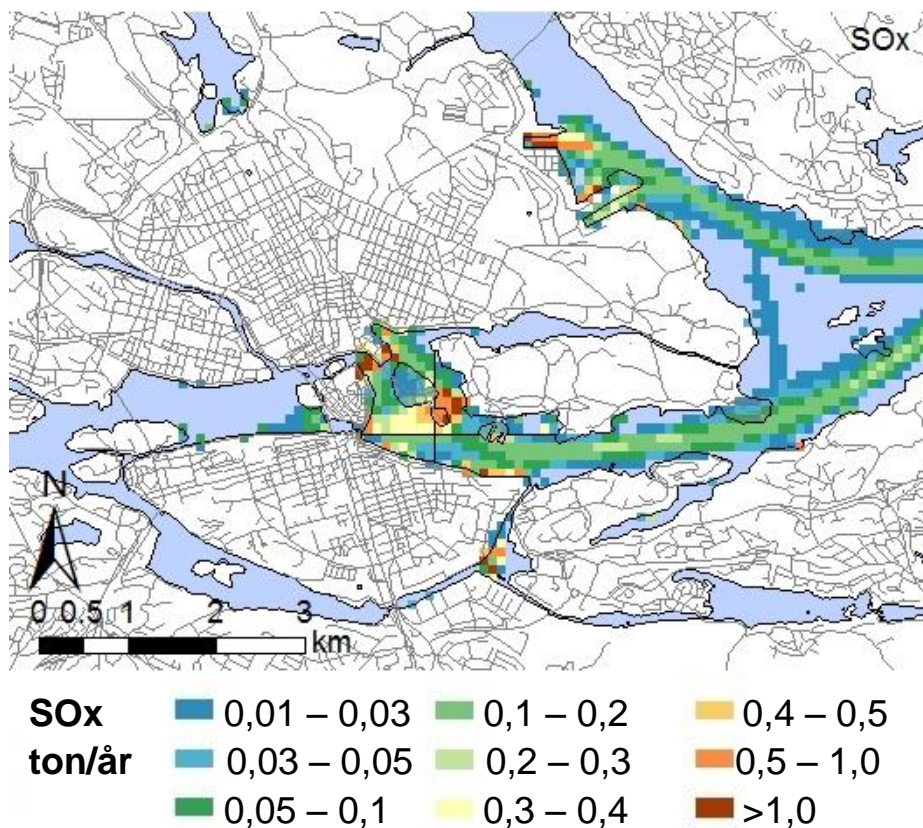
Figur 21. Svaveloxidemissioner (SO_x) från sjöfart i Gävle hamn år 2012 angivet i ton/år, 0.01 km^2 .

Stockholms hamnar

Den maximala emissionen vid Stockholms hamnar uppgår enligt beräkningarna till 70 ton NO_x per år i ett 100x100 meter stort område, (en beräkningsruta), se Figur 22. För SO_x (Figur 23) är emissionen maximalt drygt 3 ton. All fartygstrafik till och från Stockholm använder farleden sydost om Lidingö. Därför blir utsläppen relativt stora i det området. Men störst utsläpp sker enligt databasen vid de kajer där skärgårdsbåtarna är förtöjda t.ex. Strömkajen och i Nybroviken samt även vid kajerna för Finlands och Baltikumfärjorna vid Stadsgårdskajen och Värtahamnen/Frihamnen.



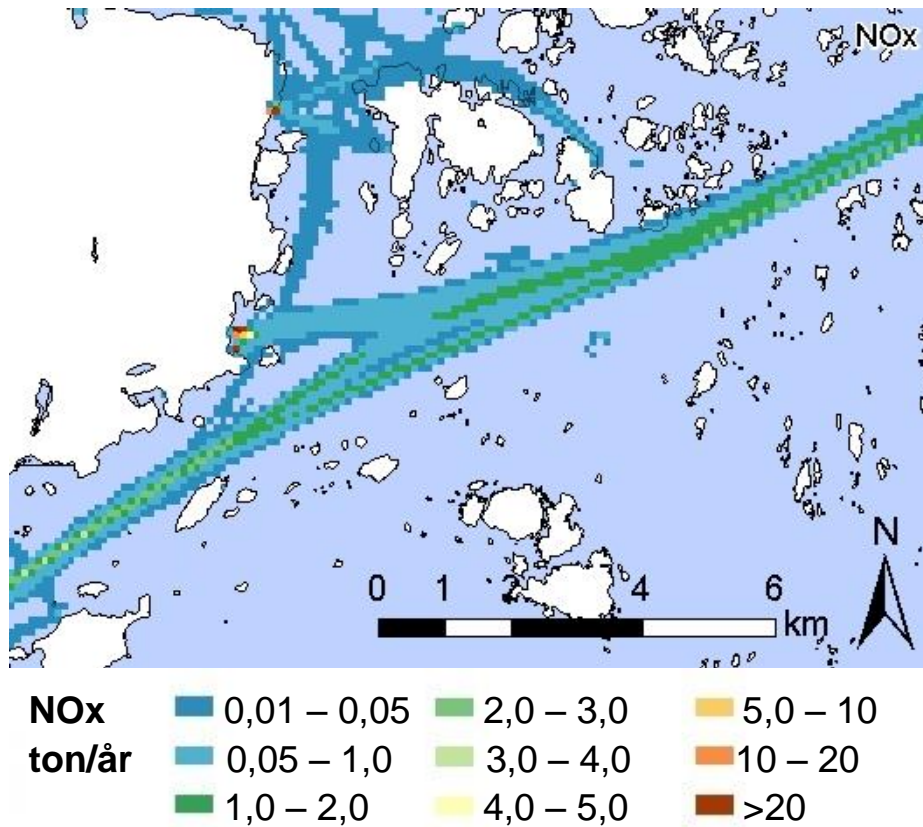
Figur 22. Kväveoxidemissioner (NO_x) från sjöfart i Stockholms hamnar år 2012 angivet i ton/år, 0.01 km².



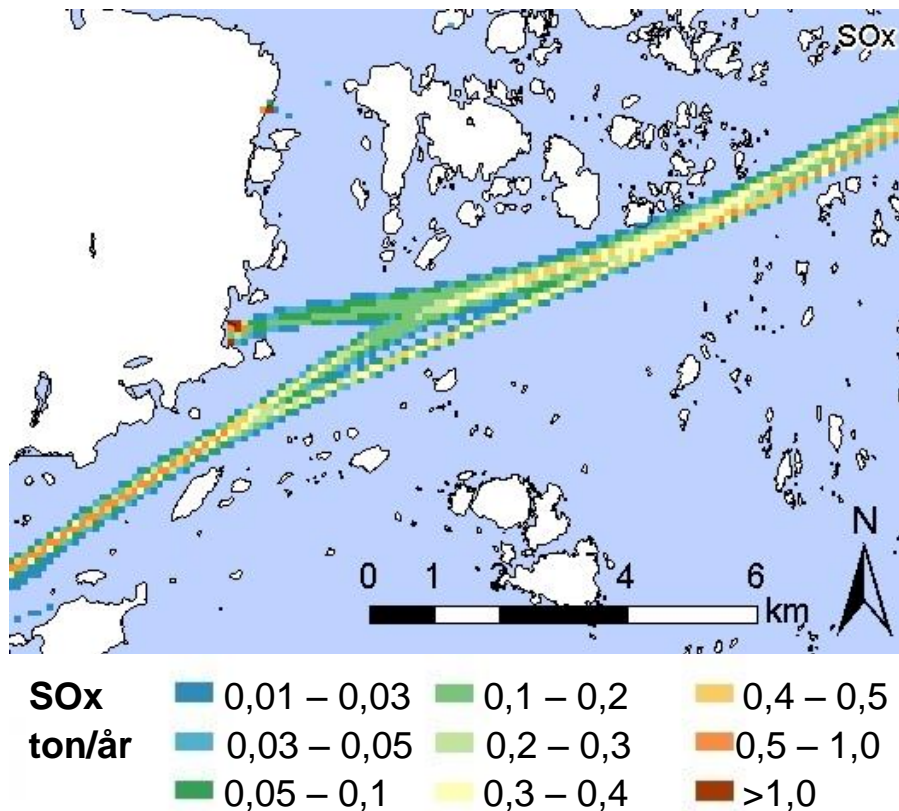
Figur 23. Svaveloxidemissioner (SO_x) från sjöfart i Stockholms hamnar år 2012 angivet i ton/år, 0.01 km^2 .

Kapellskär

De maximala utsläppen vid Kapellskär uppgår till 47 ton NO_x per år i ett 100×100 meter stort område, (en beräkningsruta) inne vid kajen, Figur 24. För SO_x , Figur 25, är emissionen maximalt drygt 2 ton. En stor mängd fartyg passerar Kapellskär i den stora farleden till och från Ålands hav. Det sker stora utsläpp vid kajen i Kapellskär men även den intensiva trafiken i farleden utanför hamnen är en viktig utsläppskälla i området. Utsläppen från farleden i närheten av Kapellskär är större än för farleden till och från Stockholm (jmf Figur 23).



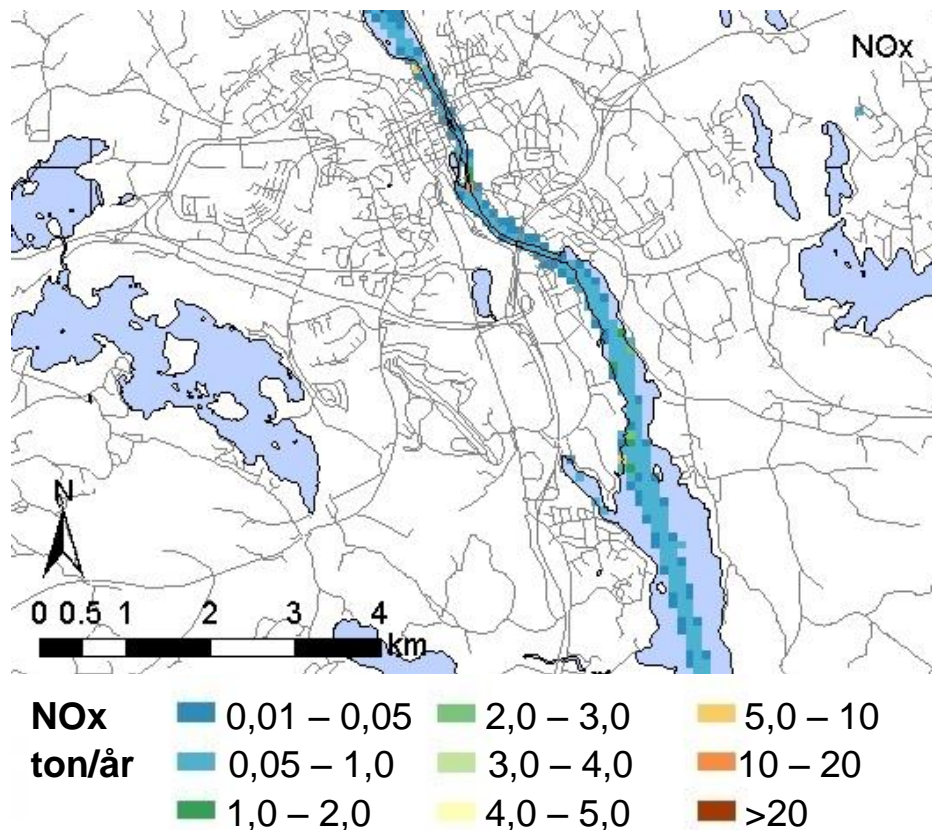
Figur 24. Kväveoxidemissioner (NO_x) från sjöfart i Kapellskärs hamn år 2012 angivet i ton/år, 0.01 km^2 .



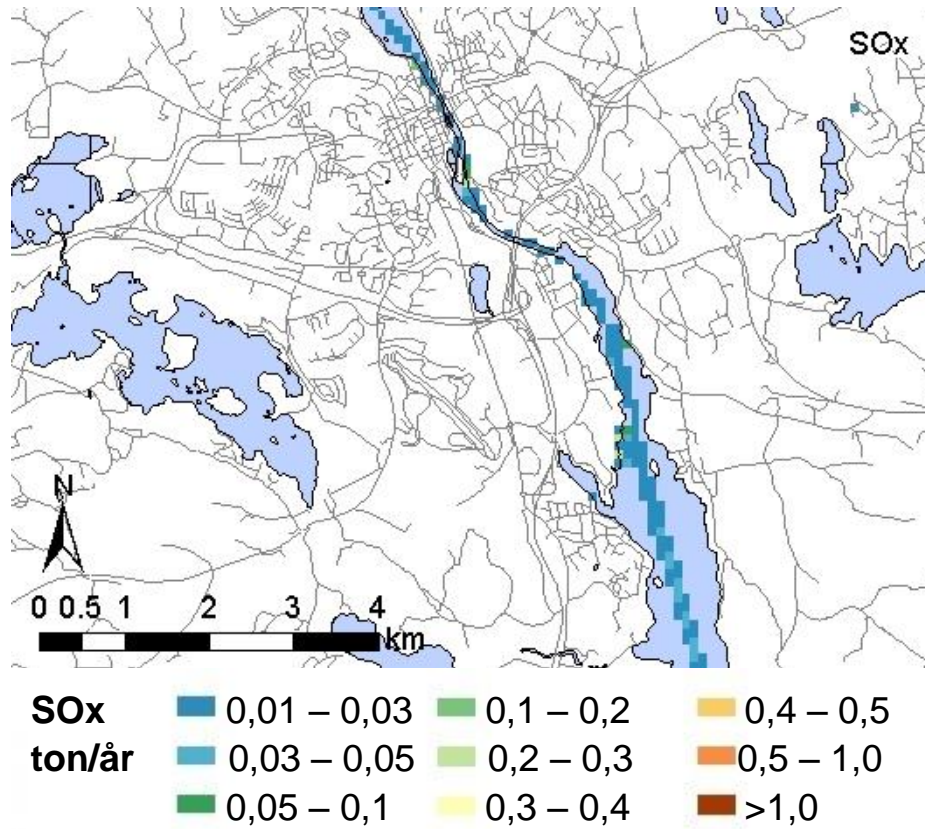
Figur 25. Svaveloxidemissioner (SO_x) från sjöfart i Kapellskärs hamn år 2012 angivet i ton/år, 0.01 km^2 .

Södertälje

De största uppsläppen vid Södertälje uppgår till ungefär 12 ton NO_x per år i ett 100×100 meter stort område, (en beräkningsruta), och sker inne vid kajen, Figur 26. För SO_x , Figur 27 är emissionen maximalt drygt 0,5 ton. Södertälje är en blandning av hamn och en genomfartsled. Det syns även på emissionerna som är relativt jämt fördelade över hela Södertälje kanal bortsett från de platser där fartyg ligger vid kaj under längre perioder samt slussningsområdet. Utsläppen för både NO_x och SO_x är dessutom klart lägre i Södertälje än för de andra studerade hamnarna.



Figur 26. Kväveoxidemissioner (NO_x) från sjöfart i Södertälje hamn år 2012 angivet i ton/år, $0,01 \text{ km}^2$.



Figur 27. Svaveloxidemissioner (SO_x) från sjöfart i Södertälje hamn år 2012 angivet i ton/år, 0.01 km^2 .

Spridningsberäkningar

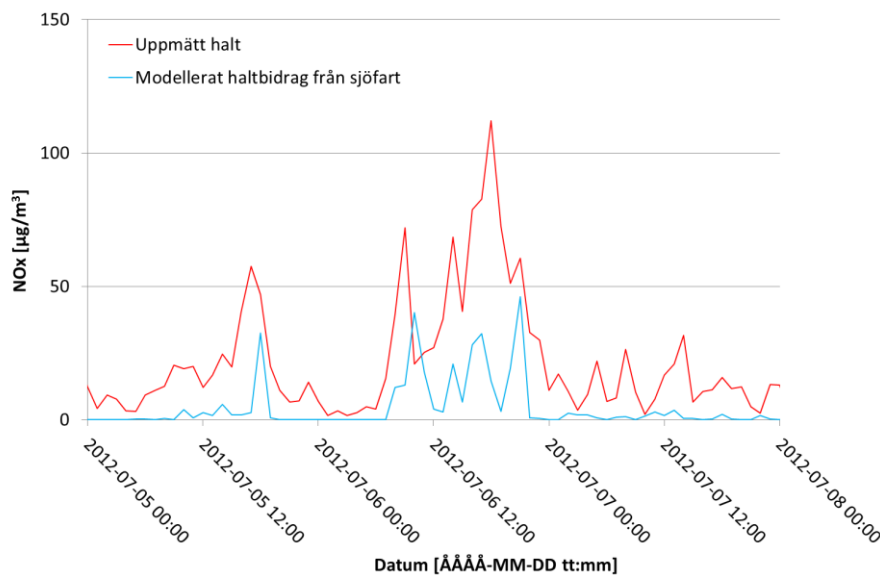
Högupplösta (25×25 m beräkningsrutor) spridningsberäkningar av NO_x och SO_x har utförts för Nynäshamn, Gävle hamn och Stockholms hamnar då fartygstrafiken är stor där samt att det finns boende i området vid hamnarna som lider risk att påverkas av luftföroreningar från sjöfarten. Det är även värdefullt att jämföra beräkningsresultaten med mätningarna, ett sätt att validera beräkningsmodellen. Utöver hamnberäkningarna har spridningsberäkningar även gjorts i 2×2 km upplösning för hela området för att få en generell överblick.

Mätningar jämfört med modelleringar

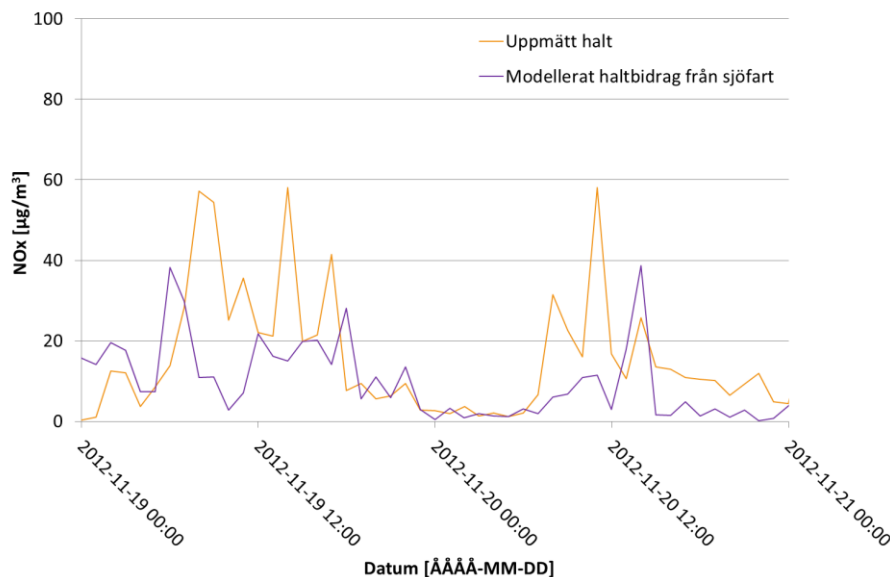
Spridningsberäkningar av fartygsutsläppen har gjorts med 25×25 meters upplösning i hamnområdet för Nynäshamn och Gävle hamn förutom för SO₂ i Gävle hamn där beräkningsrutorna var 100×100 meter då jämförelsen gjordes för de passiva provtagarna. Modellresultatet för den beräkningsrutan som mätstationen befanns i har tagit ut och kan därmed jämföras med tidsserier av mätresultat. Observera att spridningsberäkningarna ger en uppfattning om haltbidraget från sjöfarten medan mätningarna ger den totala halten.

I Figur 28 och Figur 29 visas exempel på uppmätta halter av kväveoxider samt modellerade koncentrationer för Nynäshamn respektive Gävle hamn. Det är framförallt perioder med höga halter från fartygsutsläpp (då modellen ger en hög halt) som bör korrelera med de uppmätta värdena. Med korrelera menas att modellen reagerar med en haltökning. Däremot är inte modellen byggd för att jämföras med exakta totalhalter då den är en gaussmodell och är gjord för att ta fram medelhalter ifrån längre tidsserier.

Generellt är mätvärdena något högre än beräknade halter, vilket kan förväntas eftersom kväveoxider även finns i bakgrundsluft och släpps ut i exempelvis bilavgaser och från arbetsmaskiner etc. I slutet av mätperioden i Gävle uppmättes höga kväveoxidhalter medan beräkningarna visade inget eller ett mycket litet bidrag från sjöfarten. Detta indikerar att andra källor i har ett dominerande bidrag, vilket även konstateras kunde vara fallet i det tidigare avsnittet ”Resultat mätningar”. I de få perioder då modellen ger en högre halt än de faktiska mätningarna kan orsaken både ligga i de schabloniserade emissionsfaktorerna som båtarna har men också beror på själva spridningsberäkningen som passar bäst för att beräkna medelhalter över perioder.



Figur 28. Uppmätta totalhalter av kväveoxider (NO_x) i Nynäshamn jämfört med modellerat haltbidrag från sjöfart 5-7 juli 2012, angivet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 29. Uppmätta totalhalter av kväveoxider (NO_x) i Gävle hamn jämfört med modellerat haltbidrag från sjöfart 19-20 november 2012, angivet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Även resultaten från de passiva och aktiva mätningarna och beräknat haltbidrag från sjöfart under samma period kan jämföras. Det kan utifrån Tabell 11 och Tabell 13 kan konstateras att sjöfarten endast bidrar med en liten del av de totala NO_x -halten. Inte ens vid mätpunkterna närmast fartygen är fartygen den dominerande källan enligt jämförelsen. Vägtrafiken är däremot en viktig källa, vilket ses på högre uppmätta halter för mätpunkterna nära fordonstrafik. Svaveloxidutsläppen från sjöfarten har däremot en viktig påverkan på de totala SO_2 -halterna i hamnområdena, vilket ses i Tabell 12 samt Tabell 14 genom att vara en större del av de uppmätta halterna, framförallt i Nynäshamn. Närliggande industrier och energianläggningar påverkar troligen också svavelhalterna istället för vägtrafiken som är fallet för NO_x . Gävle är sjöfartens bidrag till SO_2 -halten mindre tydlig än Nynäshamn vilket kan förklaras av att Gävle har högre utsläpp av SO_2 i kommunen och en pappersmassafabrik i närheten av hamnen.

Tabell 11. Resultat från passiva provtagare och den aktiva mätningen i Nynäshamn jämfört med beräknade bidrag av NO_x från sjöfarten.

Mätplats i Nynäshamn	Beskrivning	27 juni – 26 juli		26 juli – 24 aug	
		NO _x mät µg/m ³	NO _x ber µg/m ³	NO _x mät µg/m ³	NO _x ber µg/m ³
a)	Mätvagn	14,4	1,5	13,6	2,6
b)	Infart hamnkontor	21,8	1,6	19,4	2,7
c)	Skeppargatan	10,2	1,3	10,7	2,5
d)	Kaptensgatan	11,0	1,8	11,1	2,7
e)	Infarten till Gotlandsfärjorna	13,6	2	12,4	3,3

Tabell 12. Resultat från passiva provtagare och den aktiva mätningen i Nynäshamn jämfört med beräknade bidrag av SO_x från sjöfarten.

Mätplats i Nynäshamn	Beskrivning	27 juni – 26 juli		26 juli – 24 aug	
		SO ₂ mät µg/m ³	SO _x ber µg/m ³	SO ₂ mät µg/m ³	SO _x ber µg/m ³
a)	Mätvagn	1,1	0,5	1,0	0,7
b)	Infart hamnkontor	1,9	0,4	2,1	0,6
c)	Skeppargatan	0,9	0,5	2,2	0,6
d)	Kaptensgatan	0,7	0,5	1,5	0,4
e)	Infarten till Gotlandsfärjorna	-	0,7	-	0,4

Tabell 13. Resultat från passiva provtagare och den aktiva mätningen i Gävle hamn jämfört med beräknade bidrag av NO_x från sjöfarten.

Mätplats i Nynäshamn	Beskrivning	28 sep – 2 nov		2 nov – 17 dec	
		NO _x mät µg/m ³	NO _x ber µg/m ³	NO _x mät µg/m ³	NO _x ber µg/m ³
a)	Mätskåp	14,6	4,5	25,2	3,1
b)	Infart Hamnen	19,2	0,6	31,9	0,6
c)	Jontorpsvägen	8,0	0,12	16,8	0,05
d)	Brännerigatan	10,6	0,09	19,2	0,02
e)	Maskinistgatan	-	0,2	-	0,5
f)	Åkerstigen	8,7	0,4	19,9	0,5
g)	Nygårdsvägen	15,5	1,2	26,5	1,5

Tabell 14. Resultat från passiva provtagare och den aktiva mätningen i Gävle hamn jämfört med beräknade bidrag av SO_x från sjöfarten.

Mätplats i Nynäshamn	Beskrivning	28 sep – 2 nov		2 nov – 17 dec	
		SO ₂ mät µg/m ³	SO _x ber µg/m ³	SO ₂ mät µg/m ³	SO _x ber µg/m ³
a)	Mätskåp	1,2	0,3	1,3	0,2
b)	Infart Hamnen	0,3	0,05	0,5	0,03
c)	Jontorpsvägen	0,2	0,01	0,4	0,01
d)	Brännerigatan	0,3	0,01	0,4	0
e)	Maskinistgatan	0,4	0,01	0,5	0,03
f)	Åkerstigen	0,3	0,03	0,4	0,03
g)	Nygårdsvägen	0,3	0,07	0,6	0,08

Sjöfartens bidrag till årsmedelhalter

Med hjälp av spridningsberäkningar för hela året kan sjöfartens bidrag till årsmedelhalten av olika luftföroreningar uppskattas i hamnarnas närområde. Beräkningar har utförts för SO_x och NO_x med 100×100 m upplösning för hamnområdena och 2×2 km för hela beräkningsområdet, dvs. ABCX-län samt omgivande vatten. Bidraget till NO₂-halten som är reglerad mot miljökvalitetsnorm kan härledas från spridningsberäkningarna med hjälp av ett känt samband mellan NO_x och NO₂-halter som SLB-analys härlett från tidigare mätningar. All SO_x antas bestå av SO₂.

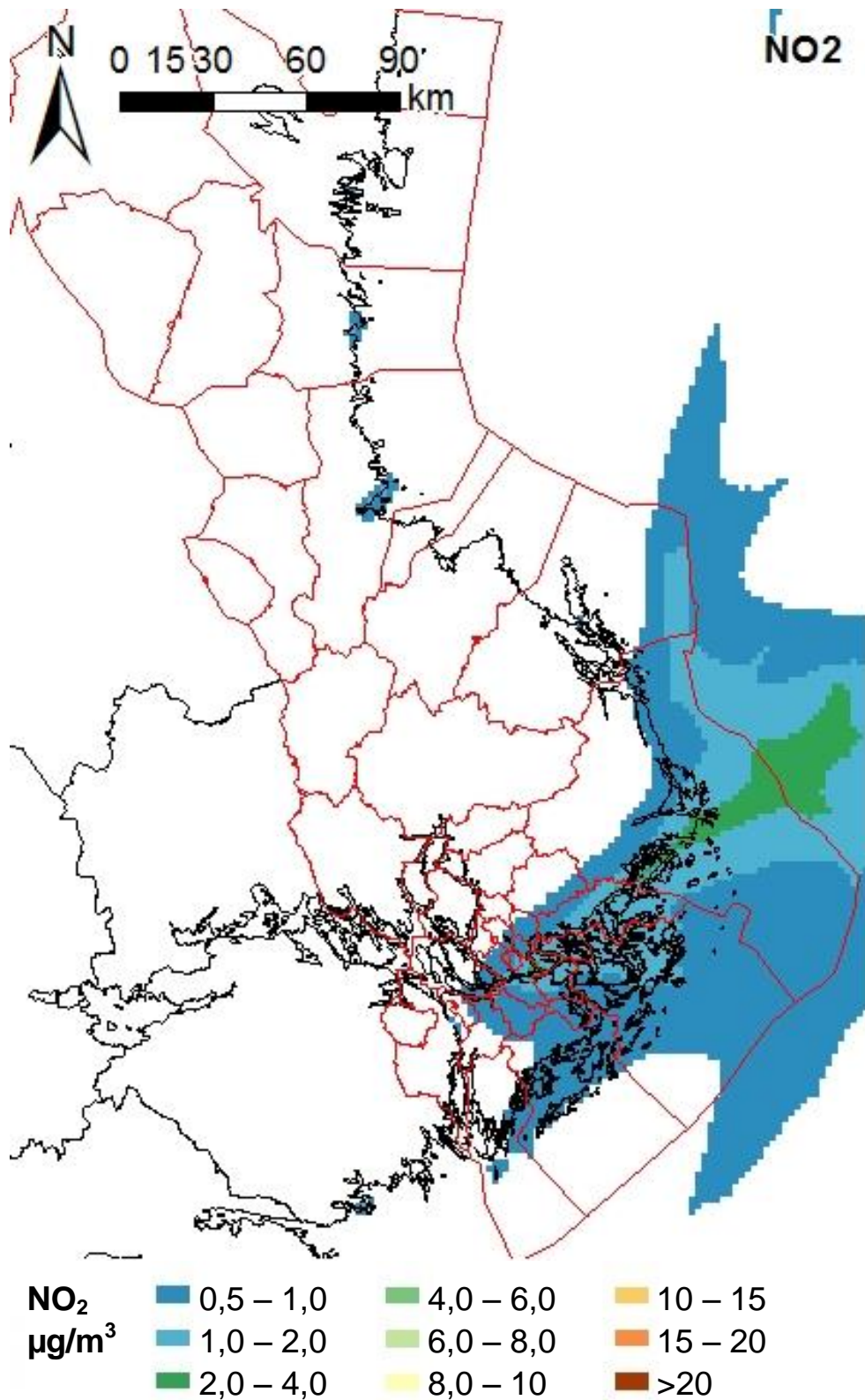
Haltbidraget av svaveldioxid som redovisas nedan för hela beräkningsområdet samt i mer detalj för separata hamnar är relaterad mot normvärdet till skydd för växtlighet som är 20 µg/m³, år. Halten kvävedioxid kan jämföras mot normvärdet som är 40 µg/m³ och år och målvärdet som är 20 µg/m³ och år, se även tidigare avsnitt ”Miljökvalitetsnormer och mål”. För att få en uppfattning om hur stort bidraget av kvävedioxid från sjöfarten är jämfört med övriga källor redovisas även årsmedelhalten av NO₂ från SLB-analys senaste kartläggning. För beräkningarna har Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbunds länstäckande emissionsdatabas för år 2009 använts. Där finns detaljerade beskrivningar av utsläpp från bl.a. vägtrafiken, energisektorn, industrin men även sjöfarten. Dessa sjöfartsutsläpp är dock bristfälligt kartlagda.

Hela beräkningsområdet

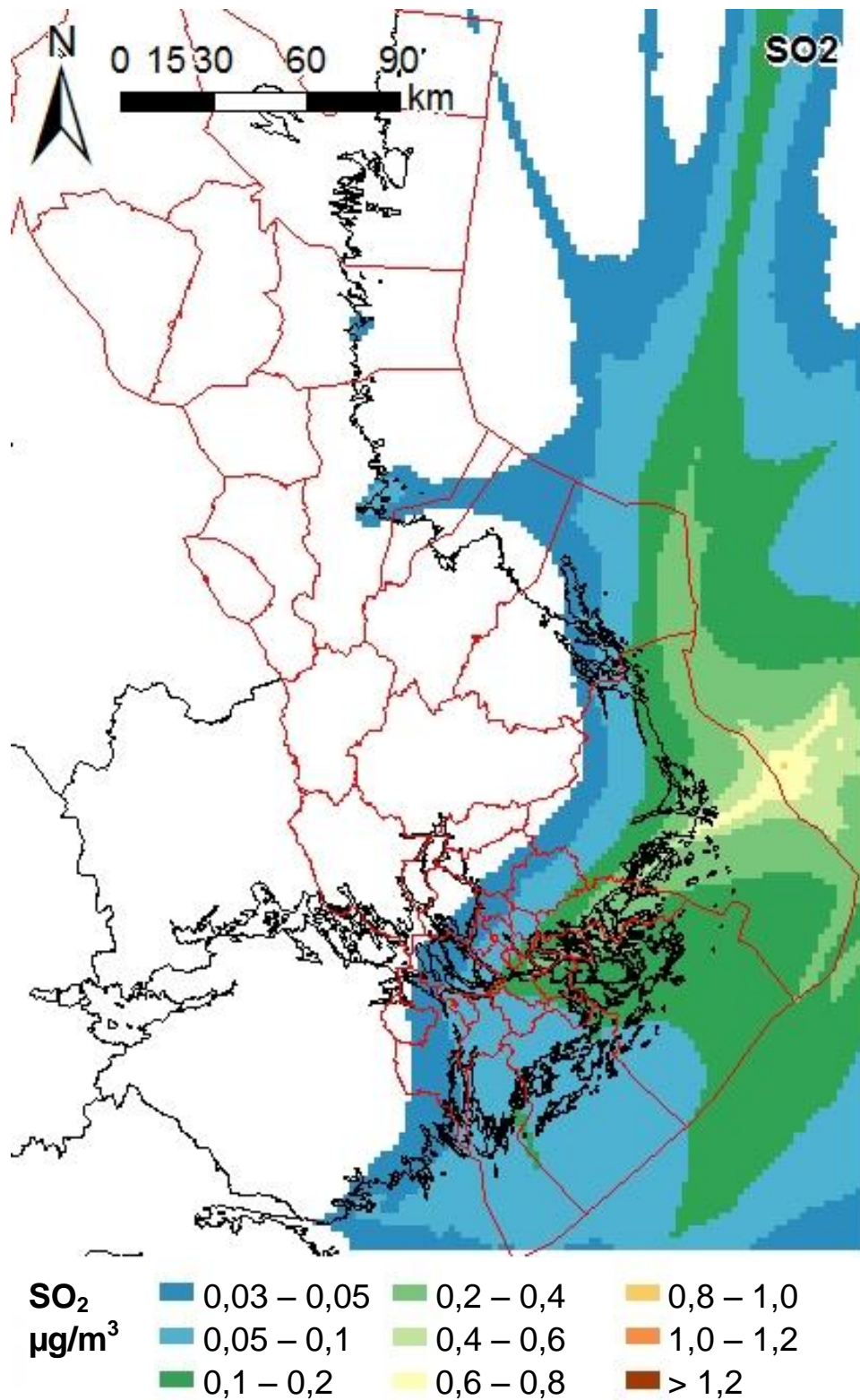
Spridningsberäkningar av kväveoxider och svaveloxider gjordes för hela beräkningsområdet i 2 km × 2 km stora rutor och resultaten visas i Figur 30 och Figur 31.

Det högsta beräknade bidraget till årsmedelhalten av kvävedioxid är strax under 4 µg/m³ i farleden där de flesta fartyg färdas mellan Stockholm, Kapellskär, Åland, Finland, Baltikum och Ryssland. Halten kan jämföras mot normvärdet som är 40 µg/m³, år och målvärdet som är 20 µg/m³, år.

För svaveldioxid beräknas ett högsta bidrag till årsmedelhalten av på cirka 0.8 µg/m³ i den mest trafikerade farleden. Beräkningarna visar tydligt att farleder och hamnar i Gävleborgs och Uppsala län är mindre belastade än de i Stockholm. Det beror på fartygtätheten, men också att farlederna är smalare i Stockholm vilket tvingar alla fartyg att ta ungefär samma rutt. Beräkningarna visar också att boende på Skärgårdsöarna är de som framförallt riskerar att drabbas av de luftföroreningarna som sjöfarten medför. Å andra sidan bidrar inte andra källor såsom vägtrafik, energianläggningar och industrier lika starkt till halterna ute i skärgården som i tätorterna.



Figur 30. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av kvävedioxid (NO₂) i hela beräkningsområdet för år 2012 angivet i µg/m³. Kommungränserna visas i röda linjer.



Figur 31. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av svaveldioxid (SO₂) i hela beräkningsområdet för år 2012 angivet i µg/m³. Kommungränserna visas i röda linjer.

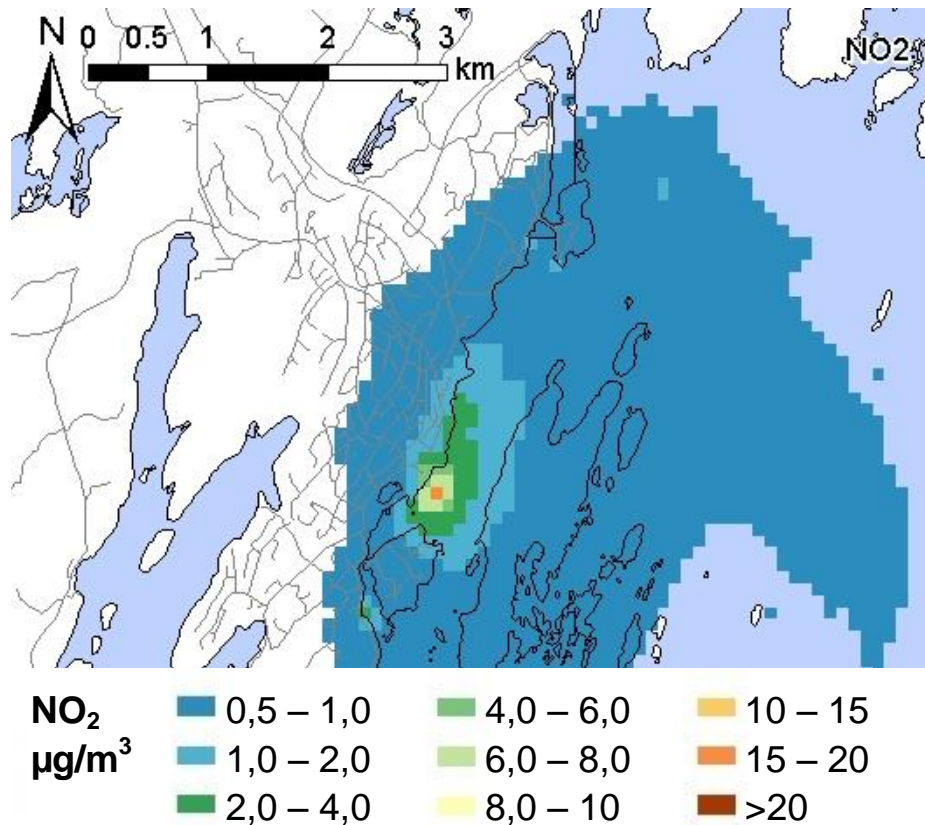
Nynäshamn

I Nynäshamn är det högsta beräknade bidraget till årsmedelhalten av kvävedioxid, Figur 32, $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i ett område precis närmast kajen där passagerarfartygen lägger till. Halterna späs ut med avståndet från hamnen och är vid bebyggelsen i Nynäshamn, väster om hamnen nere runt $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det finns enligt beräkningarna därmed ingen risk för ett överskridande av miljökvalitetsnormen eller miljömål som årsmedel på grund av sjöfarten.

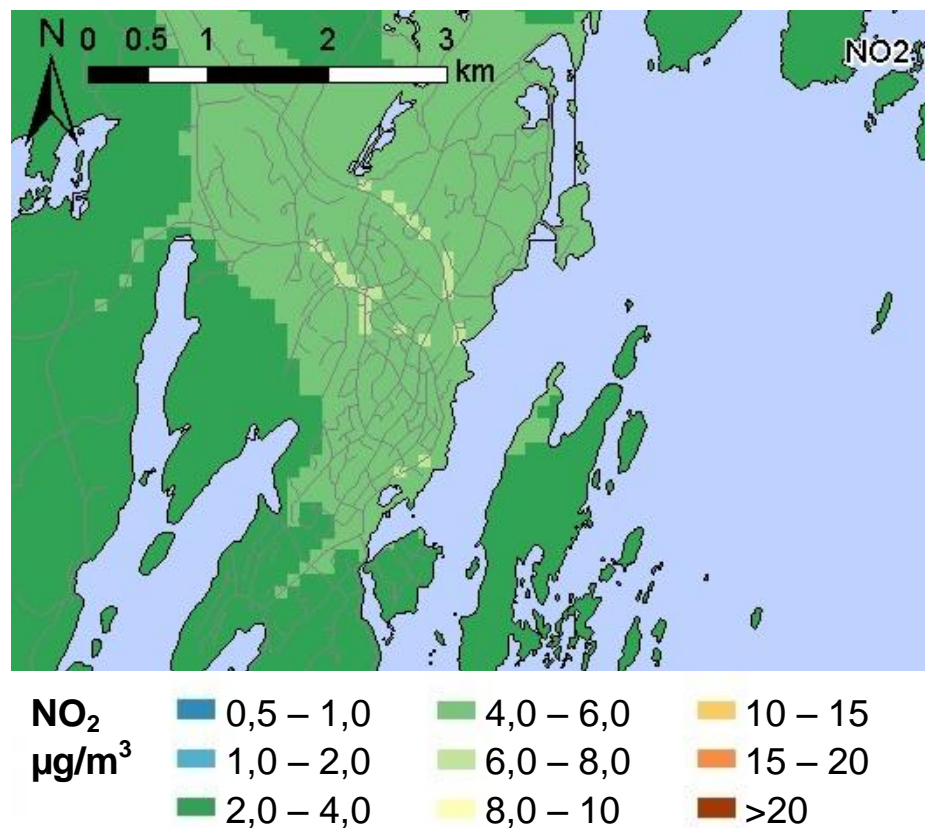
I Figur 33 illustreras årsmedelhalten som beräknats i SLB-analys senaste kartläggning. I Nynäshamn beräknas de högsta halterna av NO_2 på de mer trafikerade vägarna, vid hamnen men framförallt vid Nynas oljeraffinaderi som ligger i den norra delen av beräkningsområdet. Högsta beräknade halter är cirka 6-10 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ vid de mest trafikerade vägarna i Nynäshamn, se Figur 33.

Sjöfarten har en förhållandevis måttlig inverkan på kvävedioxidhalterna i luften över Nynäshamns fastland. Utsläppen från fartygen som sker vid kajen bidrar till lokalt förhöjda årsmedelhalter av NO_2 men eftersom den förhärskande vindriktningen är sydlig och sydvästlig sprids luftföroreningar oftast ut från land.

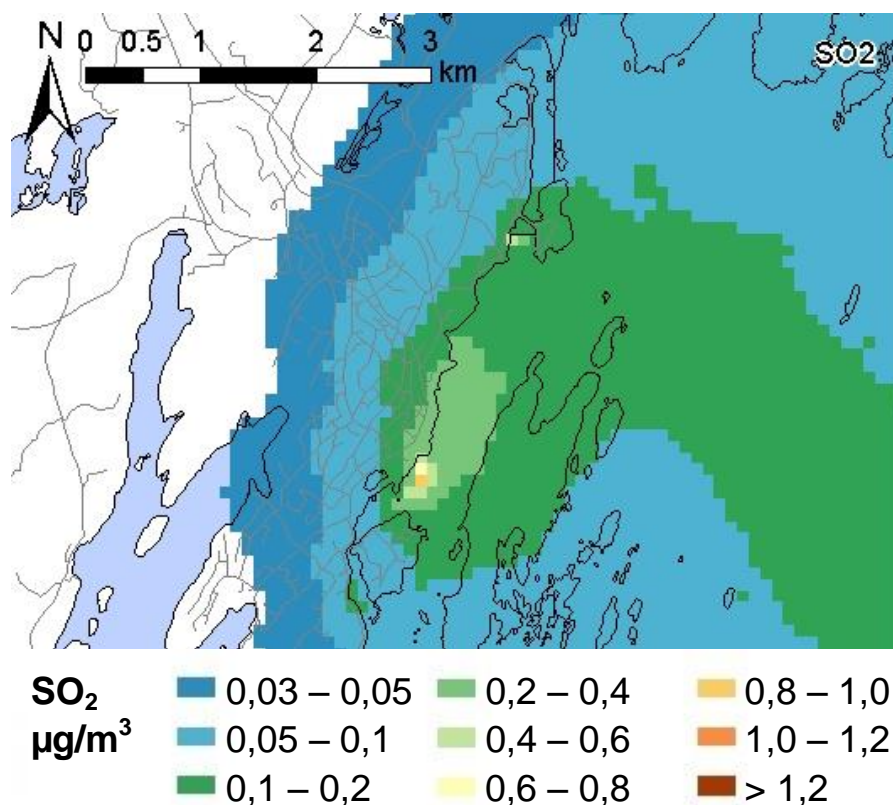
I Figur 34 presenteras haltbidraget från sjöfarten till den totala svaveldioxidkoncentrationen i Nynäshamn. Det högsta beräknade bidraget till årsmedelhalten är $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i området där den högsta kvävedioxidemissionen beräknades. Halterna späs ut med avståndet från hamnen och är maximalt ca $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ innanför kusten.



Figur 32. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av kvävedioxid (NO₂) i Nynäshamn år 2012 angivet i µg/m³.



Figur 33. Beräknade årsmedelhalter av kvävedioxid (NO₂) i Nynäshamn för år 2010 angivet i µg/m³. Hämtat från SLB-analys senaste kartläggning.



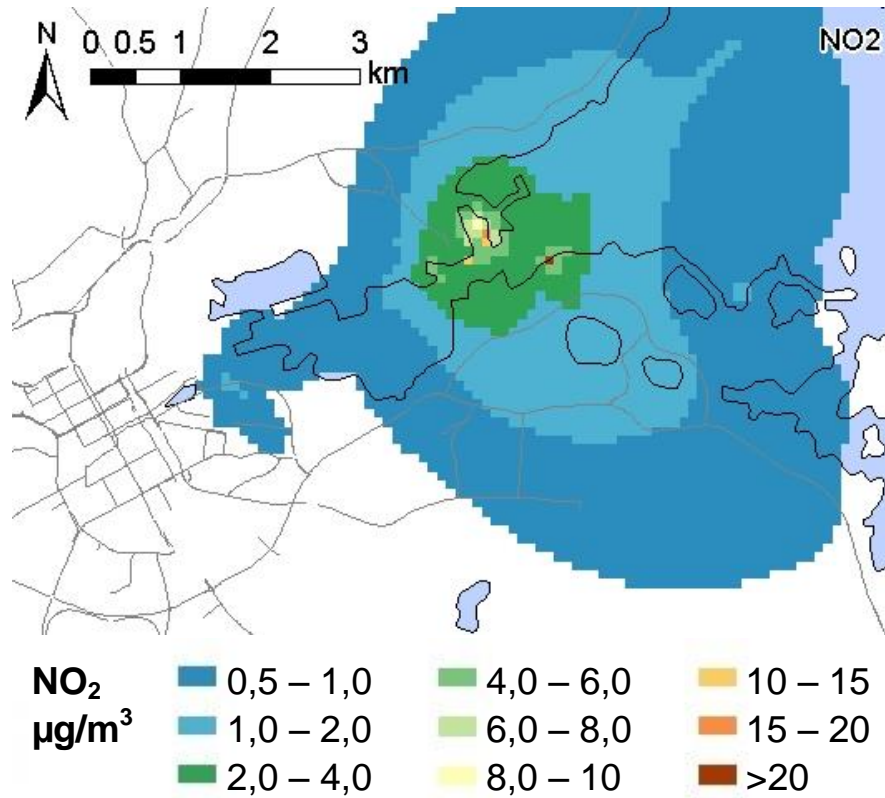
Figur 34. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av svaveldioxid (SO₂) i Nynäshamn år 2012 angivet i µg/m³.

Gävle hamn

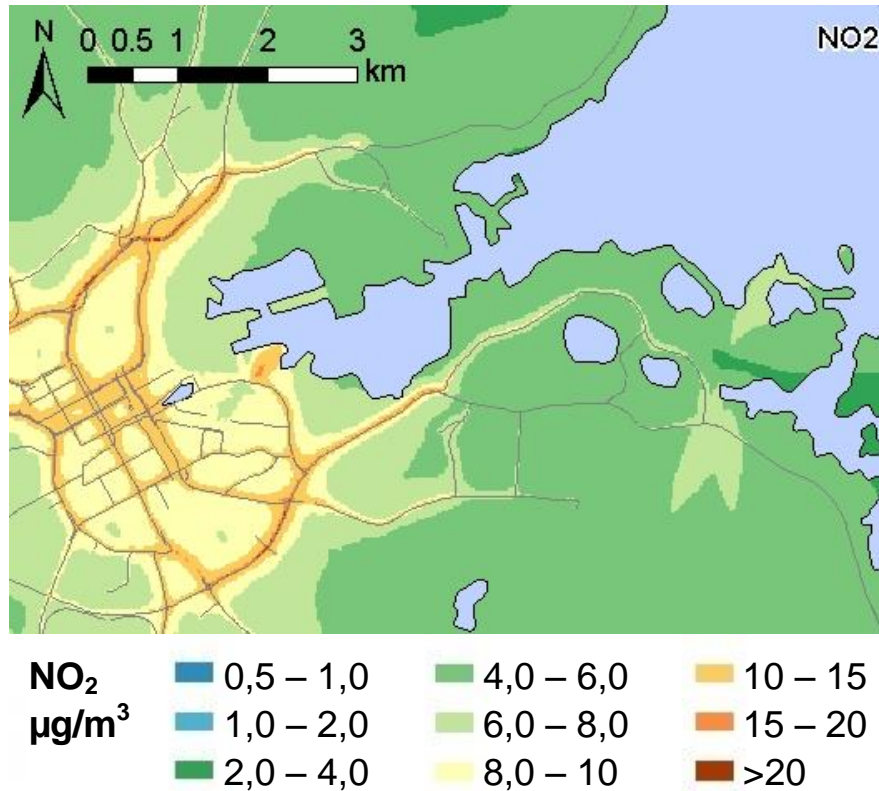
I Gävle hamn är det högsta beräknade bidraget till årsmedelhalten av kvävedioxid från sjöfart 21 µg/m³ i ett område precis närmast oljehamnen, se Figur 35. I Fredrikskans beräknas 18 µg/m³ i den värsta beräkningsrutan (100×100 m). Halterna späs dock ut med avståndet från hamnen och är vid Gävle stad, sydväst om hamnområdet nere på 1-2 µg/m³. Det finns enligt beräkningarna därmed ingen risk för ett överskridande av årsnorm. Däremot beräknas årsmedelhalten av kvävedioxid vara i nivå med miljömålet lokalt i hamnområdet.

I Figur 36 illustreras årsmedelhalten som beräknats i SLB-analys senaste kartläggning. I Gävles tätort är vägtrafiken den största källan till luftföroreningar. Högsta beräknade årsmedelhalter är cirka 20-28 µg NO₂/m³ på ett flertal vägar i centrala Gävle.

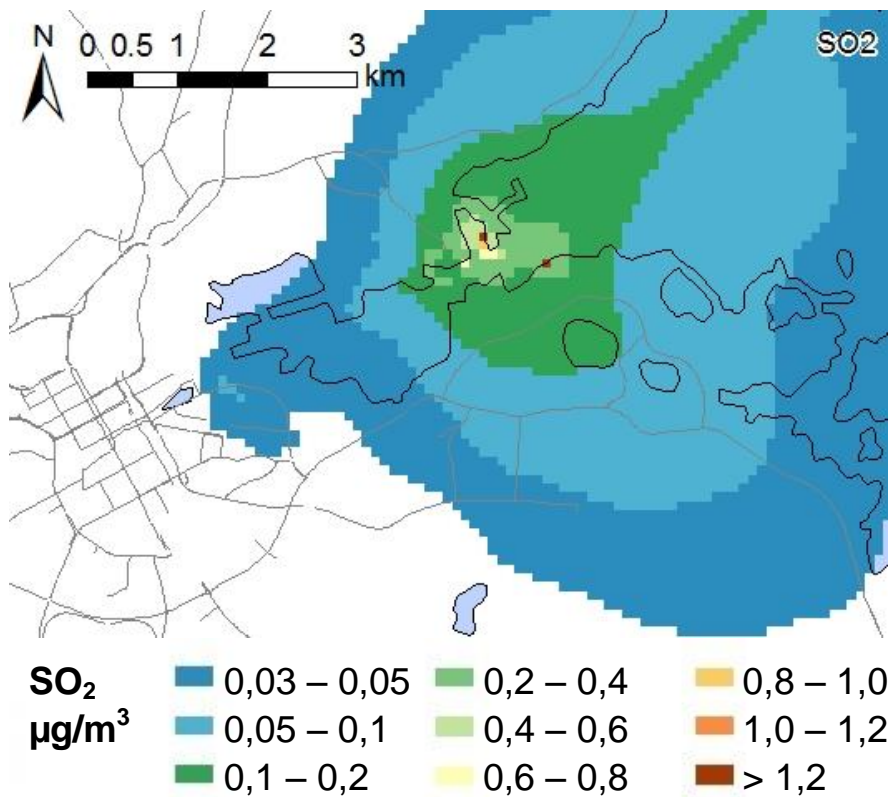
Vägtrafiken står för en stor del av kvävedioxidemissionerna i Gävle medan sjöfarten har en förhållandevis liten inverkan på halterna över Gävles fastland. Halterna är högre från Shipair än i kartläggningen, vilket förklaras av att hamnutsläppen från fartyg inte var fullständigt kontrollerade i emissionsdatabasen som användes vid kartläggningarna. Utsläppen från fartygen som sker vid kajen bidrar till lokalt förhöjda årsmedelhalter av NO₂ men eftersom den förhärskande vindriktningen är sydlig och sydvästlig sprids luftföroreningar oftast ut från land. Det beräknade bidraget till årsmedelhalten av svaveldioxid i Gävle är maximalt ca 1,5 µg/m³ vid hamnen Fredrikskans, se Figur 37, där de största emissionerna även sker. Halterna späs ut med avståndet från hamnområdet och är mycket låga innanför kusten, under 0,2 µg/m³ i gröna landområden.



Figur 35. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av kvävedioxid (NO₂) i Gävle hamn år 2012 angivet i µg/m³.



Figur 36. Beräknade årsmedelhalter av kvävedioxid (NO₂) i Gävle hamn för år 2010 angivet i µg/m³. Hämtat från SLB-analys senaste kartläggning.



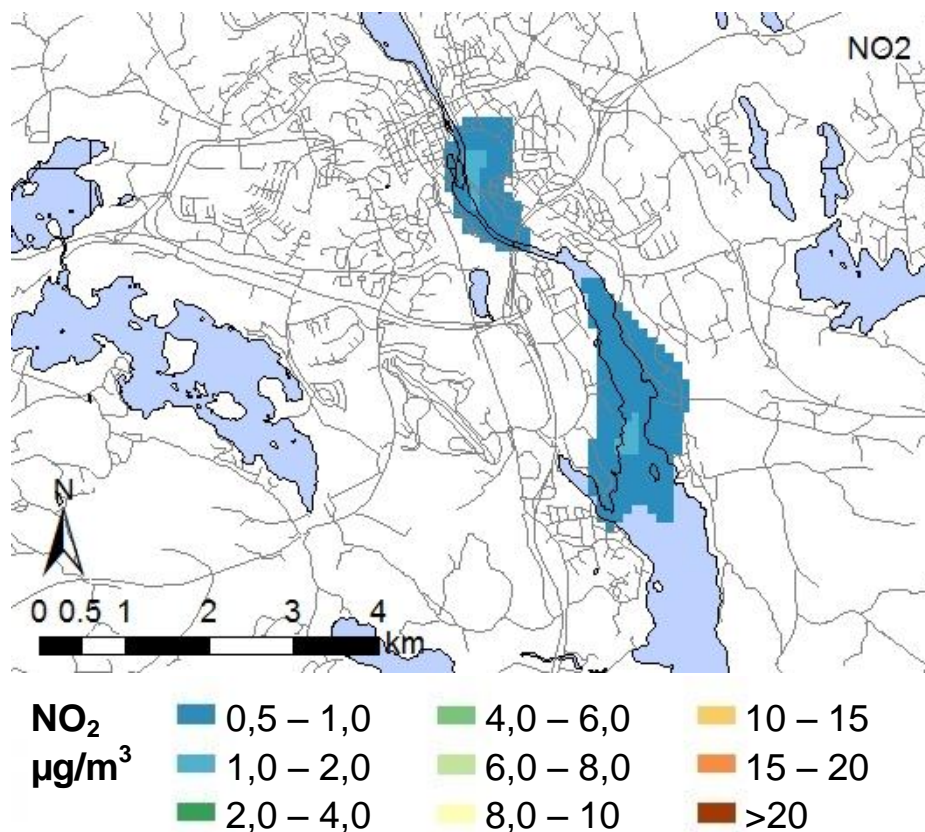
Figur 37. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av svaveldioxid (SO₂) i Gävle hamn år 2012 angivet i µg/m³.

Södertälje hamn

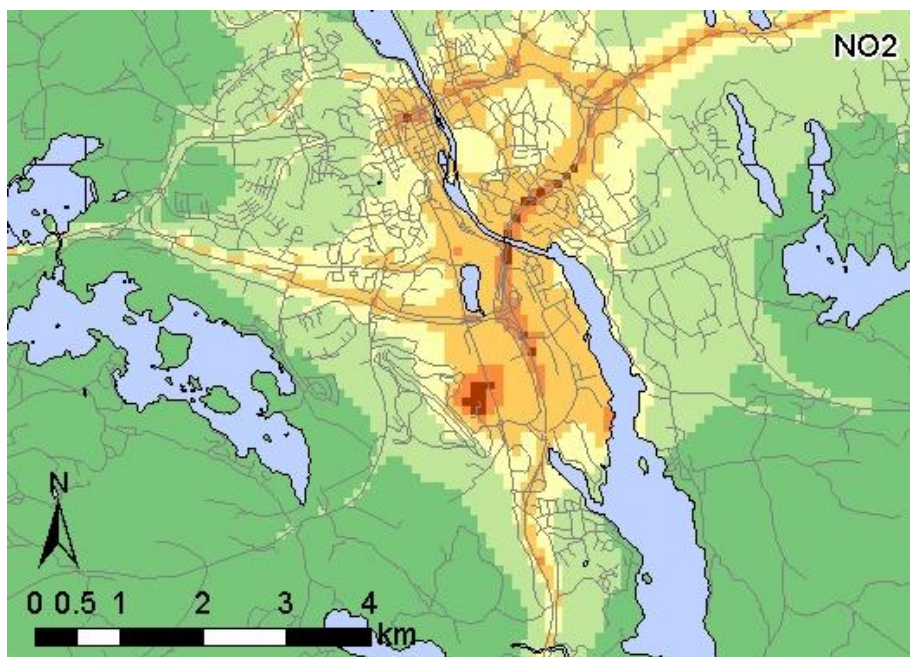
I Södertälje hamn är det högsta beräknade bidraget till årsmedelhalten av kvävedioxid från sjöfart $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i två områden; precis närmast hamnen samt vid slussarna, se Figur 38. Då området vid vattnet är relativt kuperat syns, och många båtar endast passerar genom kanalen beräknas de högsta halterna längs med vattnet. Sjöfarten ger enligt beräkningarna endast ett litet bidrag till halterna i Södertälje.

I Figur 39 illustreras årsmedelhalten som beräknats i SLB-analys senaste kartläggning. I Södertälje tätort är vägtrafiken den största källan till luftföroreningar. Högsta beräknade årsmedelhalter är $25\text{--}30 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ på ett flertal vägar i centrala Södertälje.

Det beräknade bidraget till årsmedelhalten av svaveldioxid från sjöfart i Södertälje är maximalt mindre än $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket illustreras i Figur 40. Haltbidraget är med andra ord mycket litet och årsnormen för SO_2 riskerar inte att överskridas på grund av fartygsleden eller fartyg vid hamn.

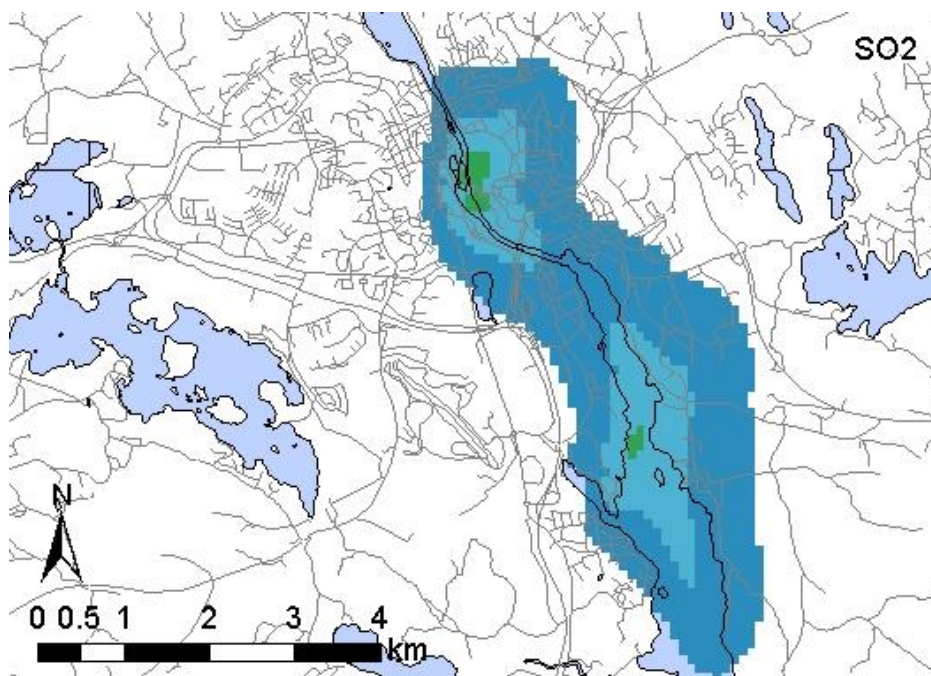


Figur 38. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av kvävedioxid (NO_2) i Södertälje hamn år 2012 angivet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



NO₂ µg/m³	■ 0,5 – 1,0	■ 4,0 – 6,0	■ 10 – 15
	■ 1,0 – 2,0	■ 6,0 – 8,0	■ 15 – 20
	■ 2,0 – 4,0	■ 8,0 – 10	■ >20

Figur 39. Beräknade årsmedelhalter av kvävedioxid (NO₂) i Södertälje för år 2010 angivet i µg/m³. Hämtat från SLB-analys senaste kartläggning.



SO₂ µg/m³	■ 0,03 – 0,05	■ 0,2 – 0,4	■ 0,8 – 1,0
	■ 0,05 – 0,1	■ 0,4 – 0,6	■ 1,0 – 1,2
	■ 0,1 – 0,2	■ 0,6 – 0,8	■ > 1,2

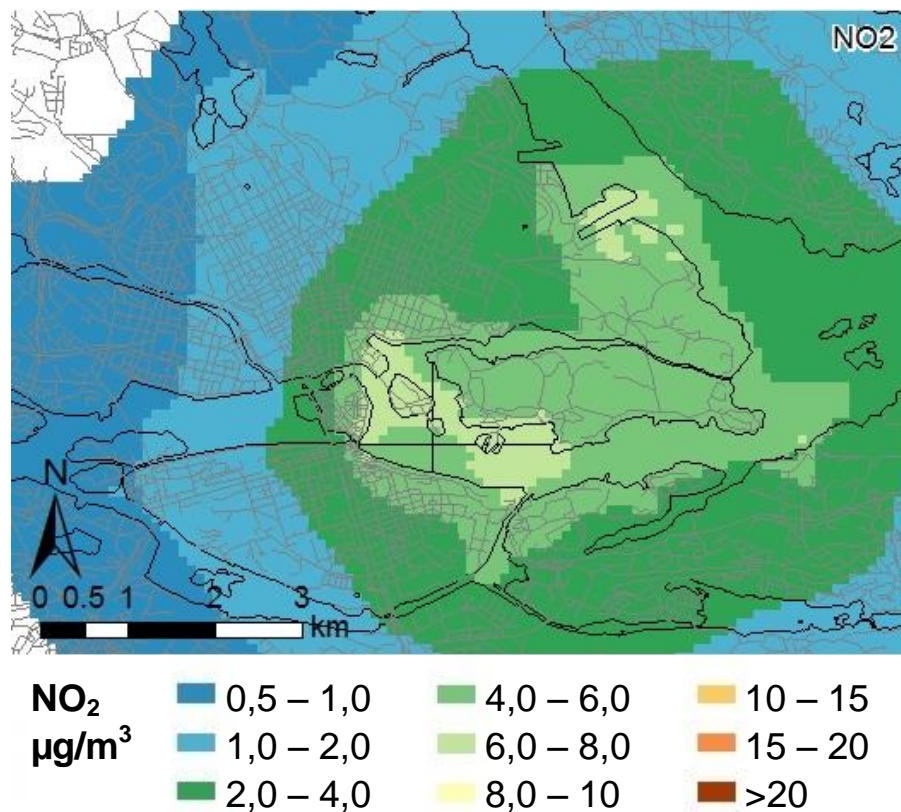
Figur 40. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av svaveldioxid (SO₂) i Södertälje hamn år 2012 angivet i µg/m³.

Stockholms hamnar

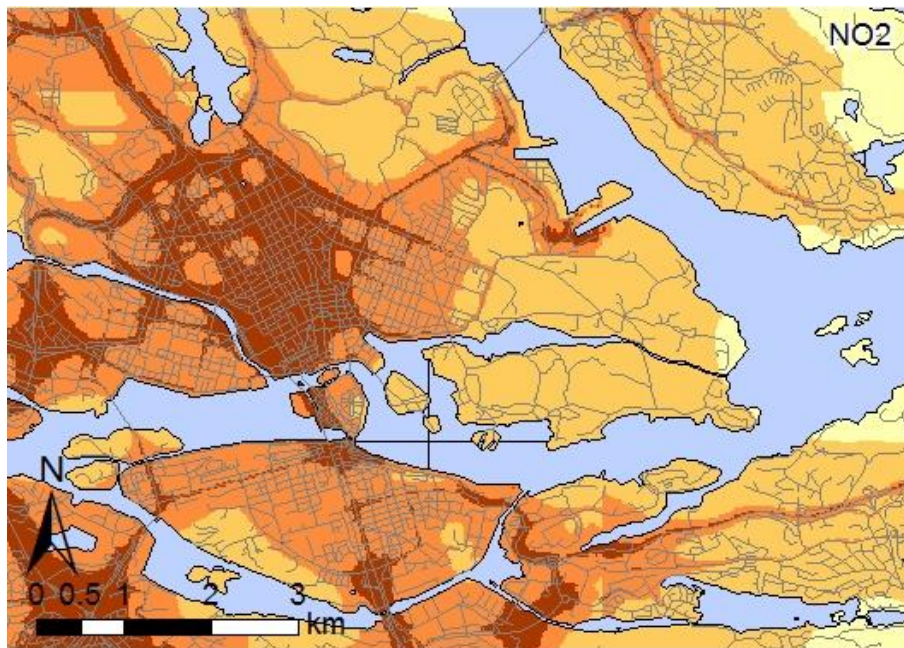
I Stockholms hamnar är det högsta beräknade bidraget till årsmedelhalten av kvävedioxid från sjöfart $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid kajområdena Stadsgården, Nybrokajen, Blasieholmen och Frihamnen, vilket kan ses i Figur 41. Dessa halter kan jämföras mot normvärdet som är $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, år, år och målvärdet som är $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, år.

I Figur 42 illustreras årsmedelhalten som beräknats i SLB-analys senaste kartläggning. I Stockholm är vägtrafiken den största källan till luftföroreningar. Högsta beräknade årsmedelhalter är över $40 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$, på ett flertal vägar i centrala Stockholm. Vid områdena kring hamnarna, som generellt har relativt låga halter enligt kartläggningen, ger dock sjöfarten ett betydande bidrag till kvävedioxidhalten. Här finns dessutom populära fritidsområden på Djurgården exempelvis.

Figur 43 visar det beräknade bidraget till årsmedelhalten av svaveldioxid från sjöfart i Stockholm som maximalt är $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Haltbidraget från sjöfarten innebär med andra ord inte att årsnormen för SO_2 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) riskerar att överskridas.

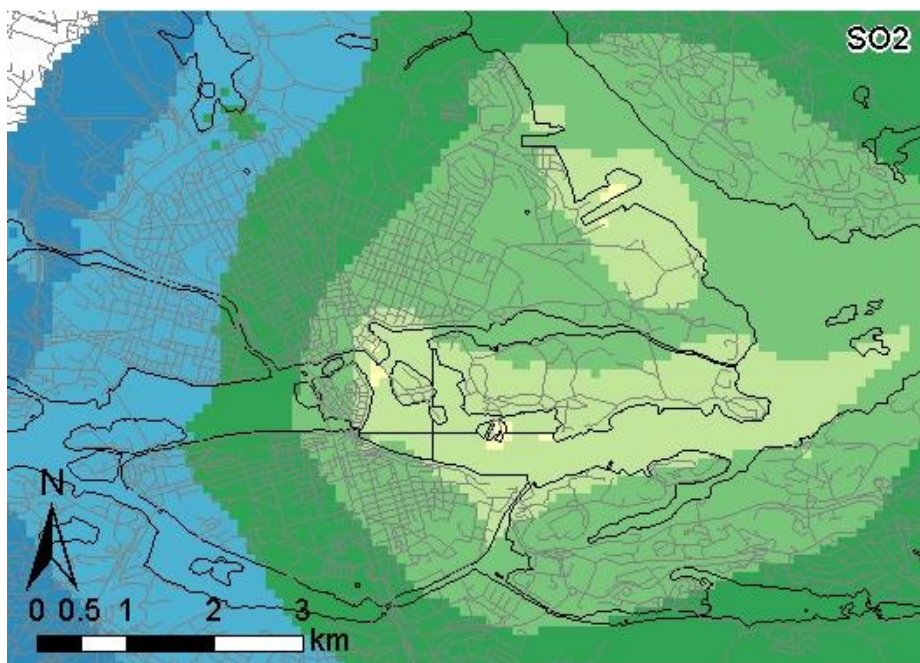


Figur 41. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av kvävedioxid (NO_2) vid Stockholms hamnar år 2012 angivet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



NO₂ µg/m³	■ 0,5 – 1,0	■ 4,0 – 6,0	■ 10 – 15
	■ 1,0 – 2,0	■ 6,0 – 8,0	■ 15 – 20
	■ 2,0 – 4,0	■ 8,0 – 10	■ >20

Figur 42. Beräknade årsmedelhalter av kvävedioxid (NO₂) i centrala Stockholm för år 2010 angivet i µg/m³. Hämtat från SLB-analys senaste kartläggning.



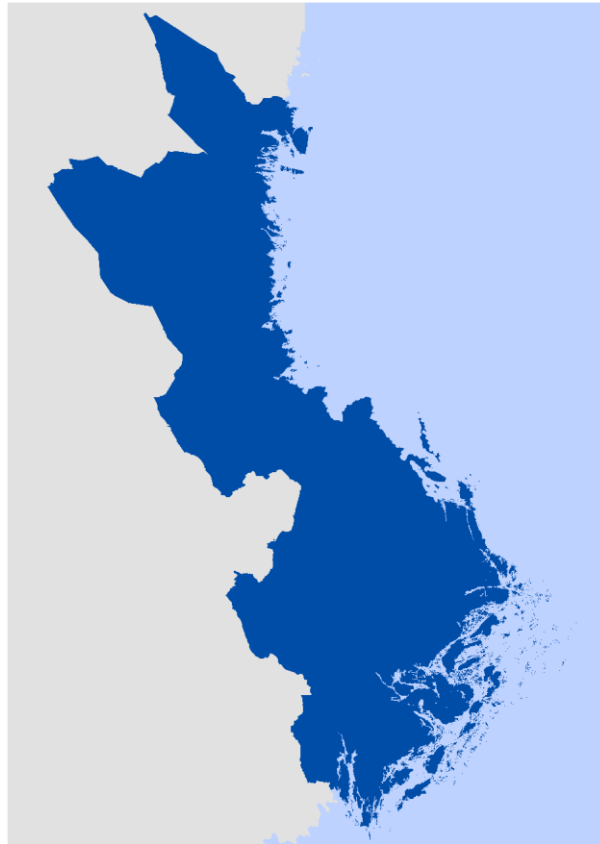
SO₂ µg/m³	■ 0,03 – 0,05	■ 0,2 – 0,4	■ 0,8 – 1,0
	■ 0,05 – 0,1	■ 0,4 – 0,6	■ 1,0 – 1,2
	■ 0,1 – 0,2	■ 0,6 – 0,8	■ > 1,2

Figur 43. Beräknat bidrag från sjöfart till årsmedelhalter av svaveldioxid (SO₂) vid Stockholms hamnar år 2012 angivet i µg/m³.

Referenser

- Benkovitz C. M., et al., 1996. Global gridded inventories of anthropogenic emissions of sulfur and nitrogen, *Journal of Geophysical Research* 101, 29239-29253.
- Burman, L., Norman, M., 2013. Luften i Stockholm. Årsrapport 2012. SLB-rapport 2013:5.
- Ekman, M., 2013. Luftföroreningar i Stockholms och Uppsala län samt Gävle och Sandvikens kommun – Utsläppsdata för år 2011. Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund. LVF rapport, 2013:10.
- EPA-450/R-12-001, 2010. Report to Congress on Black Carbon, Department of the Interior, Environment, and Related Agencies Appropriation ACT, 2010.
- Jalkanen., J.-P., et al., 2012. Extension of an assessment model of ship traffic exhaust emissions for particulate matter and carbon monoxide, *Atmospheric Chemistry and Physics* 12, 2641-2659.
- Segersson D. et al., 2010. A dynamic emission database for shipping, phase SMHI Report, 2010-37.
- Segersson D. et al., 2011. Dynamic emission database for shipping – phase status report. SMHI Report 2011-28.
- SFS 2010:743. Svensk författningssamling. Förordning om ändring i förordningen (1998:946) om svavelhaltigt bränsle.
- WHO 2012, Regional office for Europe, Health effects of Black Carbon. ISBN: 978 92 890 0265 3

SLB- och LVF-rapporter finns att hämta på www.slb.nu/lvf/



Stockholms och Uppsala läns luftvårdsförbund är en ideell förening. Medlemmar är 41 kommuner, landstingen i Stockholm och Uppsala län samt institutioner, företag och statliga verk. Samarbete sker även med länsstyrelsen i Stockholms län. Målet med verksamheten är att samordna arbetet vad gäller luftmiljö i länen med hjälp av ett system för luftmiljöövervakning, bestående av bl a mätningar, emissionsdatabaser och spridningsmodeller. SLB-analys driver systemet på uppdrag av Luftvårdsförbundet.



POSTADDRESS:

Box 38145, 100 64 Stockholm

BESÖKSADDRESS:

Södermalmsallén 36

TEL. 08 – 5800 2101

INTERNET www.slb.nu/lvf