



SLUSSEN

FÖRDJUPNINGS-PM LUFTKVALITET

april 2011



Förord

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

Rapporten har granskats av:
Malin Ekman

Rapportnummer	LVF 2011:5
Uppdragsnummer:	201136
Daterad:	2011-04-11
Handläggare:	Boel Lövenheim, SLB-analys, 08-508 28 955 David SegerSSon, SMHI, 011-495 82 59
Status:	Granskad

Fotograf omslag: Dieter Stöpfgeshoff



Box 38145
100 64 Stockholm



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



SMHI
601 76 Norrköping
www.smhi.se

Innehållsförteckning

Förord	2
Innehållsförteckning	3
Sammanfattning	4
Inledning	7
Beräkningsförutsättningar	8
Planområdet ur ett luftföroreningsperspektiv	8
Val av beräkningsteknik	9
Beräkningsgeometri och beräkningsnät	9
Strömnings- och spridningsberäkningar	10
Emissionsfaktorer och trafikflöden	11
Utsläpp och spridning från tunnelmynningar och tunnelventilation	12
Miljökvalitetsnormer	15
Kvävedioxid, NO ₂	15
Partiklar, PM10	16
Resultat	17
Kvävedioxid - totala halter exklusive utsläpp från tunnelventilation/mynningar	17
Partiklar (PM10) - totala halter exklusive utsläpp från tunnelventilation/mynningar	19
Kvävedioxid - haltbidrag från tunnelventilation och tunnelmynningar	21
Partiklar (PM10) - haltbidrag från tunnelventilation och tunnelmynningar	23
Kvävedioxid - totala halter inklusive utsläpp från tunnelventilation/mynningar	25
Partiklar (PM10) - totala halter inklusive utsläpp från tunnelventilation/mynningar	27
Känslighetsanalys och osäkerhet i beräkningsresultaten	29
Exponering för luftföroreningar -jämförelse mellan planförslag och nollalternativ	31
Slutsatser	32
Referenser	34

Sammanfattning

I denna rapport redovisas resultat av spridningsberäkningar för luftföroreningar i utomhusluften i området runt Slussen år 2030. Beräkningar har utförts för partiklar (PM10) och kvävedioxid (NO₂) för detaljplaneförslag för Slussen år 2030.

Tredimensionella beräkningar har utförts med s.k. CFD-teknik (Computational Fluid Dynamics), ett avancerat modellverktyg som kan hantera de komplexa geometrier och utsläpp i flera plan som finns i området. Syftet är att klargöra om miljö kvalitetsnormen för luft uppfylls i utomhusluften.

Förslaget innebär att Stadsgårdsleden leds i tunnel mellan Stadsgården och tunnelbanebron. Tre tunnelmynningar från Stadsgårdsledens trafik påverkar luftföroreningshalterna. På Mälarsidan, vid den västra mynningen, bidrar även den hårt trafikerade Centralbron och mynningsutsläpp från Söderledstunneln till luftföroreningshalterna.

I detaljplanen för Slussen år 2030 skapas områden med lägre luftföroreningshalter jämfört med nollalternativet. I några få områden blir halterna högre än i nollalternativet. Högre halter erhålls intill Stadsgårdsledens östra och västra tunnelmynning och vid påfarten till Stadsgårdsleden från Katarinavägen.

Områden där miljö kvalitetsnormen för PM10 och kvävedioxid överskrids återfinns både i planförslaget och nollalternativet, främst inom Stadsgårdsledens vägområde och i kajområdet mellan tunnelbanebron och Centralbron.

Lägre exponering för luftföroreningar i planförslaget år 2030 jämfört med nollalternativet

Detaljplaneförslaget för Slussen år 2030 innebär en minskning av människors exponering för luftföroreningar, både jämfört med dagens utformning och med nollalternativet.

Stadsgårdsledens överdäckning skapar vistelseområden där halten luftföroreningar blir lägre med undantag av områdena nära Stadsgårdsledens tunnelmynningar. Högre exponering jämfört med nollalternativet erhålls intill den östra tunnelmynningen vid påfarten till Stadsgårdsleden från Katarinavägen.

Gångtrafik och cykeltrafik separeras till viss del från vägtrafiken. Alternativa bilfria cykel- och gångbanor skapas i planförslaget vilket minskar exponeringen.

Terminalen för Nacka- och Värmdöbussarna är idag inbyggd under tak och utsatt för påverkan från närliggande trafik på Stadsgårdsleden. Av- och påstigande resenärer exponeras i hög grad för avgaser. Exponeringen för resenärerna bedöms minska betydligt när terminalen flyttas in i Katarinaberget och separeras från Stadsgårdsleden.

Stadsgårdsledens västra mynning mot Söder Mälarstrand - halter över miljö kvalitetsnormens dygnsmedelvärde förekommer i kajplan

Området är det mest utsatta för luftföroreningar i Slussenområdet. Orsaken till de höga halterna beror på att både trafiken från Stadsgårdsleden/Söder Mälarstrand och Centralbron ger ett betydande bidrag, samtidigt som ventilationen av gatumiljön begränsas av Centralbron, tunnelbanebron, samt topografi och byggnader åt söder.

Resultaten visar att även utan Stadsgårdsledens mynningsutsläpp ligger halterna över normvärdena på grund av haltbidraget från Söderledstunnelns mynning och Centralbron.

På följande platser är beräknade luftföroreningshalter över eller mycket nära miljökvalitetsnormens gränsvärde för PM₁₀ och NO₂;

- Inom Stadsgårdsledens vägområde och i ett begränsat område utanför vägområdet.
- På gång- och cykelbanor i kajplan längs med och vid passage över Stadsgårdsleden.
- I ett begränsat område där cykelbanan leds över tunnelbanebron.

Området bör utformas så att människor inte uppmuntras att uppehålla sig där.

Stadsgårdsledens östra mynning mot Saltsjön

Mynningsutsläppet och trafiken på Stadsgårdsleden påverkar föroreningshalterna i närområdet, främst i kajplan. Spridningen av luftföroreningarna försämras av den bergvägg som finns söder om Stadsgårdsleden.

På följande platser är beräknade luftföroreningshalter över eller mycket nära miljökvalitetsnormens gränsvärde för PM₁₀ och NO₂;

- I området utanför mynningen och längs med Stadsgårdsledens vägområde österut.
- Där gång- och cykelbanor passerar över Stadsgårdsleden i kajplan.
- I ett begränsat område där gång- och cykelbanor leds längs med påfarten från Katarinavägen till Stadsgårdsleden.

På cykel- och gångbanor längs med kajen norr om Stadsgårdsleden klaras normen då de högsta halterna uppkommer vid bergväggen söder om Stadsgårdsleden.

Området nära mynningen och längs med Stadsgårdsledens södra sida, utmed Katarinaberget, bör utformas så att människor inte uppmuntras att uppehålla sig där.

Skeppsbron mellan Södermalm och Gamla Stan- området är välventilerat och miljökvalitetsnormen klaras

Detaljplanen innehåller en biltrafikerad bro mellan Södermalm och Gamla Stan. Halterna på bron påverkas av yttrafiken samt tunnelmynningen som skapas för Stadsgårdsledens av- och påfart från Gamla Stan. Bron är exponerad för vind på grund av sitt upphöjda läge, vilket ger god ventilation och borttransport av luftföroreningar.

De högsta halterna på bron uppstår i vägområdet runt mynningen och det nedsänkta tråg där trafiken till och från Stadsgårdsleden leds. Här överskrider miljökvalitetsnormen, men endast inom vägområdet.

Miljökvalitetsnormen klaras på cykel- och gångbanor samt inom de vistelseytor som finns i området. I kajområdet under bron skapas ett område som är relativt obelastat av luftföroreningar.

Vistelsezoner runt Södermalmstorg - miljö kvalitetsnormen klaras

Trafik till och från Katarinavägen och Hornsgatan går i samma plan och möts i en korsning på torget. På torgplan påverkas luftföroreningshalterna av trafiken, främst på Hornsgatan och Katarinavägen, men området är välventilerat och miljö kvalitetsnormen klaras.

Placering av utsläpp från tunnelventilation viktig för hur människor kommer att exponeras för luftföroreningar

Placeringen av ventilationsgaller för tunnelventilation är inte fastställd och utsläppen i mynningarna/ventilationsgallren är beroende av fläktsystemets drift. Om mynningsutsläppen minimeras och ventilationsgallren placeras på en välventilerad plats kan haltbidraget från dessa minskas i områden där människor uppehåller sig och människors exponering för luftföroreningar blir lägre.

Inledning

I denna rapport redovisas resultat av spridningsberäkningar för luftföroreningar i utomhusluften i området runt Slussen år 2030. Beräkningar har utförts för partiklar (PM10) och kvävedioxid (NO₂) för detaljplaneförslaget för Slussen år 2030.

År 2007 och 2009 utförde SLB beräkningar [1, 2] i syfte att bedöma luftkvaliteten vid ett ombyggt Slussen. Samtidigt utfördes en bedömning av luftföroreningshalterna i ett nollalternativ. Resultatet av beräkningarna visade att miljö kvalitetsnormen för PM10 riskerade att överskridas i området mellan Centralbron och tunnelbanebron samt vid planerad östlig mynning för Stadsgårdsleden. Osäkerheten i beräkningen var stor på grund av de komplicerade spridningsförhållandena i området och på grund av att endast schablonberäknade mynningsutsläpp fanns tillgängliga.

I denna utredning har beräkningar för detaljplaneförslaget utförts med en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics), ett mer avancerat modellverktyg som kan hantera de komplexa geometrier och utsläpp i flera plan som finns i området. CFD-beräkningarna har utförts av SMHI.

Syftet är att klargöra om miljö kvalitetsnormen för luft uppfylls i utomhusluften. En bedömning ur exponeringssynpunkt har även utförts där detaljplaneförslaget jämförs med nollalternativet år 2030. I uppdraget ingår inte beräkningar av luftföroreningshalter inne i den planerade tunneln.

Beräkningsförutsättningar

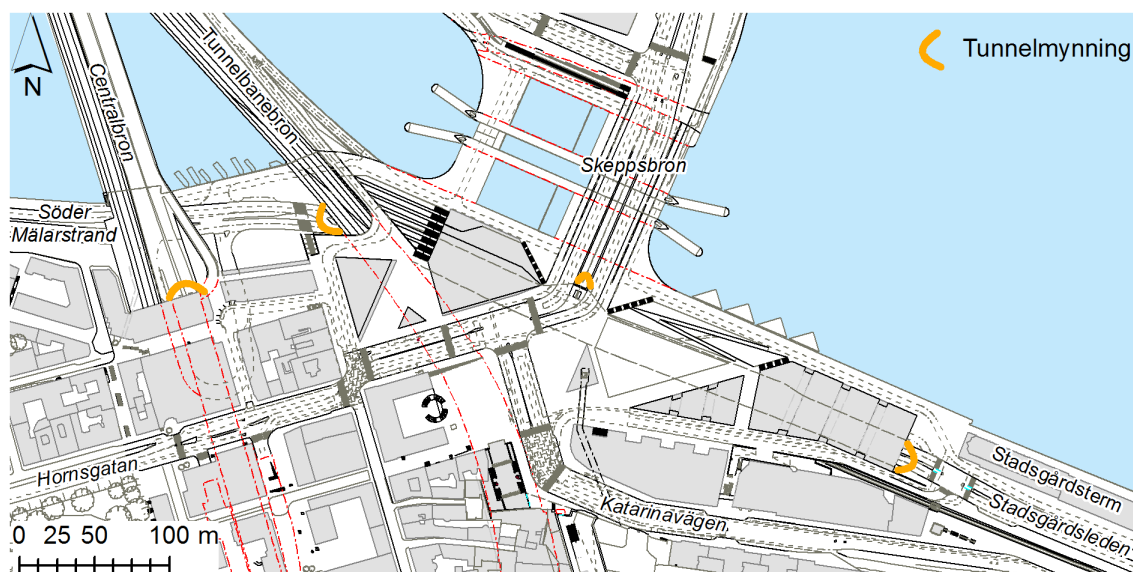
Planområdet ur ett luftföroreningsperspektiv

Förslaget innebär att Stadsgårdsleden leds i tunnel mellan Stadsgården och tunnelbanebron. Tre tunnelmynningar från Stadsgårdsledens trafik påverkar luftföroreningshalterna, se figur 1. Bussterminalen för Nacka- och Värmdöbussarna flyttas in i Katarinaberget.

På Mälarsidan i väster mynnar Stadsgårdsleden ut vid tunnelbanebron (nuvarande Guldfjärdsplan) och påverkar främst luftföroreningshalterna i området i kajplan, mellan Centralbron och tunnelbanebron. Här bidrar den hårt trafikerade Centralbron och mynningsutsläpp från Söderledstunneln till luftföroreningshalterna.

På Saltsjösidan i öster placeras tunnelmynningen strax väster om Stadsgårdsterminalen. Mynningsutsläppet och fordonen på Stadsgårdsleden påverkar föroreningshalterna i kajområdet.

Förslaget innehåller en bro för biltrafik mellan Södermalm och Gamla Stan. Halterna på bron påverkas av den tunnelmynning som skapas för Stadsgårdsledens av- och påfart från Gamla Stan. På bron finns även cykel- och gångbanor men gångtrafikanter och cyklister har möjlighet att välja andra bilfria alternativ.



Figur 1. Del av planområdet

Val av beräkningsteknik

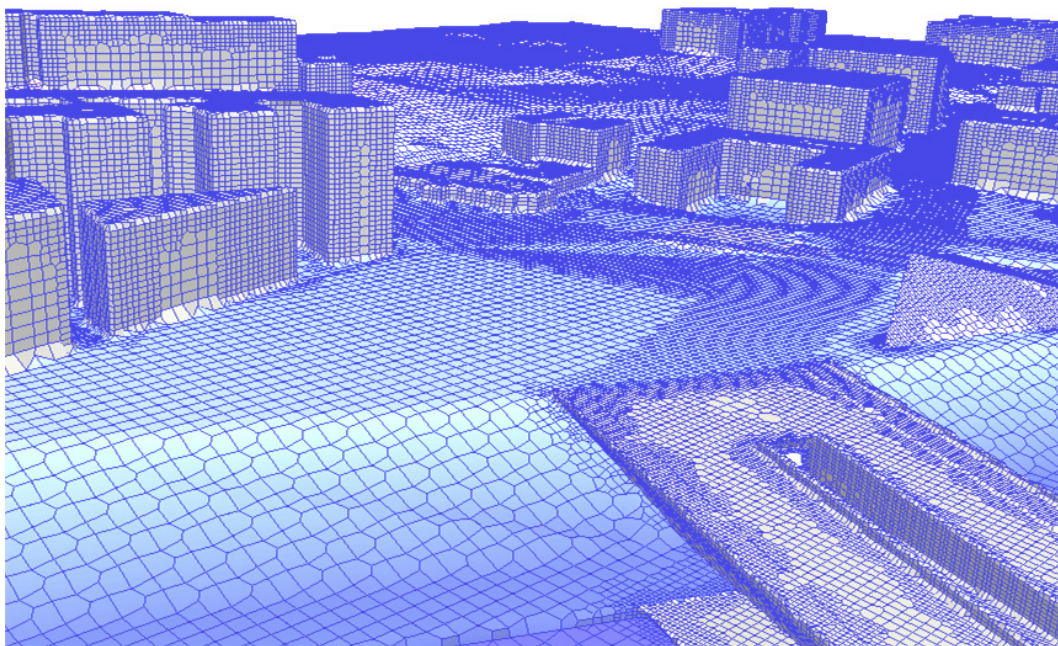
Söder om Slussen varierar topografin relativt kraftigt, vilket i högsta grad påverkar vindfältet, och därmed också spridningsförhållandena. Utsläppen av luftföroreningar från vägbroar som ligger inom området är relativt stora. Utsläppen från broarna sker emellertid på en annan höjd än vägarna på marknivå, och de är exponerade för vind på grund av sitt upphöjda läge, vilket ger god ventilation och borttransport av luftföroreningar. Inom området finns även flera tunnelmynningar, vars påverkan bl a beror på hur väl luftföroreningarna ventileras bort av anblåsande vindar. För att kunna beskriva nämnda förhållanden så korrekt som möjligt har tredimensionella beräkningar utförts med s.k. CFD-teknik (Computational Fluid Dynamics). Tekniken ger möjlighet att mer detaljerat beskriva spridning från utsläppskällor i komplexa urbana miljöer som är svåra att beskriva med traditionella spridningsmodeller.

Beräkningar med CFD-teknik innebär att ekvationer löses för luftens hastighet, tryck och turbulens i ett stort antal punkter i beräkningsvolymen. I vissa avseenden kan tekniken ses som en numerisk vindtunnel. Den CFD-programvara som använts heter OpenFOAM och utvecklas av OpenCFD Ltd i Storbritannien. CFD-tekniken har länge använts vid aerodynamisk utformning av bilar och flygplan, samt inom en rad andra industritillämpningar. På SMHI har tekniken använts för vindsimuleringar sedan början av 1980-talet.

Beräkningsgeometri och beräkningsnät

Terrängen, byggnader, broar med mera har byggts upp utifrån CAD-underlag, samt en terrängmodell över närområdet. Detaljer i geometrin har endast inkluderats i den mån de bedöms ha signifikant påverkan på spridningsförhållandena. Höga fasader i direkt anslutning till vägarna och den befintliga höjdskillnaden i topografin söder om Slussen är exempel på delar som har en signifikant påverkan. Den tredimensionella beskrivningen gör det även möjligt att beskriva utsläpp från broarna i området på rätt höjd. Broarnas upphöjda och välventilerade läge gör att haltbidraget blir måttligt, trots relativt stora trafikmängder (särskilt för Centralbron).

Kring geometrin har ett beräkningsnät skapats som delar in luftmassan i ett stort antal beräkningsceller (ca 5 miljoner). Beräkningsnätet är lokalt förfinat nära marken och byggnader för att fånga gradienter i strömningsmönstret. Beräkningsnätet är även förfinat kring vägar och tunnelmynningar för att bättre beskriva den initiala utspädningen av utsläpp från trafiken. I figur 2 presenteras ett utsnitt ur beräkningsnätet som genererats.



Figur 2. Ett utsnitt ur beräkningsnätet. Det som visas är endast den nedre utkanten av beräkningsnätet – marken och byggnaderna. Beräkningsnätet fyller hela luftvolymen inom området. Som synes har beräkningsnätet förfinats längs vägbanor och vid byggnader.

Strömnings- och spridningsberäkningar

Vindens strömning beräknas för 8 olika vindriktningar och tre olika anblåsande vindhastigheter (0,5 m/s, 3 m/s och 6 m/s). Vindhastigheten avser höjden 10 meter över marken. För vart och ett av dessa meteorologiska fall beräknas även spridning av PM10 samt kväveoxider (NO_x) från tunga fordon, lätta fordon och tunnelmynningar var för sig. Spridningsberäkningarna resulterar i ett ”bibliotek” av spridningsfall. För varje timme under året interpoleras mellan eller skalas dessa spridningsfall för att representera de rådande förhållandena. I och med att vindriktningen varierar även inom varje timme så kombineras spridningsresultat för flera olika vindriktningar för att beskriva en enskild timme. Viktfördelningen mellan spridningsfälten för de olika vindriktningarna styrs av standardavvikelsen i vindriktningen under den aktuella timmen.

Särskild hänsyn har tagits för att inkludera effekten från fordonsgenererad turbulens, samt fordonens påverkan på vindhastigheten längs vägarna. Att inkludera fordonsgenererad turbulens är särskilt viktigt vid låga vindhastigheter, då fordonens rörelser kan vara en mycket viktig källa till initial omblandning och utspädning av halterna. Rutiner för fordonsgenererad turbulens har utvecklats och inkluderats i beräkningarna i enlighet med Mochida et al 2009 [3].

Vid beräkning av fordonsgenererad turbulens ansätts fordonshastigheter, samt trafiktäthet. Observera att beräkningen av fordonsturbulens i hög grad bygger på empiriska uppgifter kring effekten av fordonens luftmotstånd, hastighet, trafikens täthet och trafikriktningen och parametriseringen bygger på vindtunnelförsök. Det är inte av avgörande betydelse att exakt ange hastighet eller fordonstäthet då dessa varierar i tiden. Värdena har valts för att bäst stämma vid tillfällena med hög trafikbelastning, eftersom de tillfällena kommer vara mest avgörande för

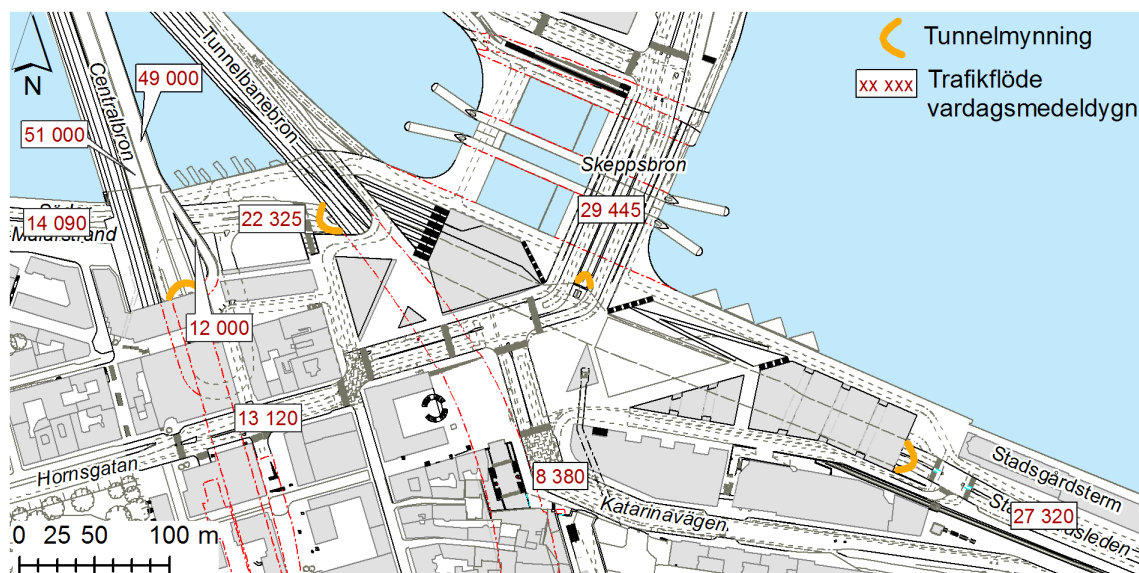
luftkvaliteten. Hög trafikbelastning genererar hög turbulens som i sin tur ökar omblandningen och utspädningen av förorenad luft.

Emissionerna från vägnätet representeras i beräkningarna av s.k. volymkällor. Varje väg presenteras som en volym som sträcker sig 3 m över vägbanan. Inom volymerna som beskriver vägarna antas utsläppen från fordonen vara homogent fördelade och momentant omblandade. Fordonens påverkan på vindfältet och turbulensfältet införs också i beräkningarna utifrån de definierade vägvolymer. För varje volym anges en trafikriktning och fordonens hastighet. För vägar med trafik i båda riktningarna skapades en volym för varje körriktning.

Emissionsfaktorer och trafikflöden

Vägtrafikens utsläpp av avgaspartiklar och kväveoxid är beskrivna med emissionsfaktorer för olika fordons- och vägtyper enligt ARTIMIS [4]. I beräkningarna har utsläpp från tunga fordon, respektive lätta fordon hanterats separat. Detta då dessa fordonstyper tilldelas olika tidsvariation i trafikflöde (och därmed även emissioner).

Trafiksammansättningen avseende fordonsparkens avgasreningsgrad beräknas utifrån prognoser för år 2020 då emissionsfaktorer för 2030 saknas. Slitagepartiklar i trafikmiljö orsakas främst av dubbdäcksanvändningen men bildas också vid slitage av bromsar och däck. I beräkningarna för PM10 har antagits att andelen bilar med dubgade däck år 2030 är 50 %. Trafikflöden för år 2030 har erhållits av teknikonsulten Tyréns AB, se figur 3.



Figur 3. Översiktlig redovisning av trafikflöden vardagsmedeldygn år 2030.

Utsläpp och spridning från tunnelmynningar och tunnelventilation

Utsläpp från Stadsgårdsledens tunnelmynningar och tunnelventilation är framräknade av SWECO [5, 6]. Utsläppen från Söderledstunnelns mynning vid Centralbron är framräknade av WSP [7]. Dessa beräkningar bygger på emissionsfaktorer från ARTEMIS som beskrivs i bilaga 1. I tabell 1 och 2 framgår mängden utsläpp i ton per år.

Stadsgårdsleden

De uppgifter som finns kring tunnelutsläppen är inte lika kompletta som uppgifterna för vägar i övrigt. Ingen uppdelning mellan lätta och tunga fordon är gjord för tunneln, och ingen beskrivning finns över emissionernas tidsvariation. Emissioner från tunnelmynningar har därför antagits variera enligt samma mönster som i medeltal gäller för närliggande vägar.

För Stadsgårdsledstunneln planeras inga avgastorn utan alla föroreningar som släpps ut inne i tunneln fördelas som utsläpp via vertikala galler samt via de tre tunnelmynningarna. I detaljplanen anges ingen placering av dessa vertikala galler, utan endast att de ligger i anslutning till den östra och västra tunnelmynningen. Hur utsläppet fördelas mellan de olika utsläppspunkterna styrs av fläktsystem men är mycket beroende av vindriktning och vindhastighet.

Utsläppen runt mynningarna påverkas till stor grad av vindhastighet och vindriktning. SWECOs utsläppsberäkningar har utförts för vindstilla förhållanden samt för ett antal beräkningsscenarier med tre olika vindhastigheter och vindriktningar.

I vindstilla fall ventileras samtliga utsläpp ut via vertikala galler vid den östra och västra mynningen, och endast i försumbar utsträckning via tunnelmynningarna. Inget utsläpp bedöms ske i mynningen på Skeppsbron vid vindstilla förhållanden.

Vid vind från väst erhålls högst utsläpp i den östra mynningen på Saltsjösidan. Vid vind från öst erhålls högst utsläpp i den västra mynningen vid Söder Målarstrand. De största utsläppen vid Skeppsbrons mynning sker vid vind från öst.

I avsaknad av en exakt lokalisering av de vertikala gallren är utgångspunkten för CFD-beräkningarna att samtliga utsläpp sker vid tunnelmynningarna. Detta är alltså en medveten förenkling i avsaknad av mer kompletta indata.

I CFD-modellen har ett konstant luftutflöde genom varje tunnelmynning ansatts. I verkligheten kommer utflödet variera kraftigt beroende på vindförhållandena. Detsamma gäller ventilationsgallren. Enligt SWECO är ventilationen genom gallren dimensionerad för ett utflöde på 45 m³/s vid vindstilla. Detta påverkar initialspridningen närmast tunnelmynningen, men bedöms endast ha en mindre betydelse på spridningen efter de första ca 10 m från tunneln.

I beräkningarna har ett scenario använts för vind från väst och vindhastighet 3 m/s. Förhärskande vindriktning på Södermalm är från väst /sydväst och förekommer ca 40 % av tiden under ett normalår, se figur 4. Flerårsmedelvärde för vindhastighet är 3,5 m/s [8].

Söderledstunnelns mynning mot Centralbron

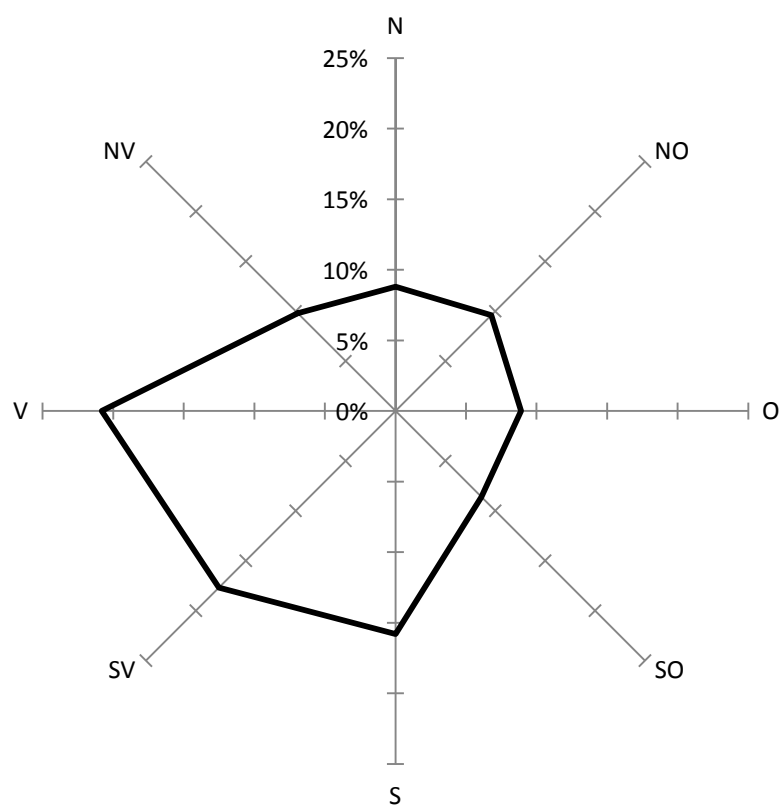
Enligt rapporten från WSP är beräkningarna av mynningsutsläppen utförda med förutsättningen att inga fläktstationer är i drift. Trafiken är fördelad som 1/24-del av dygnstrafiken per timme.

Tabell 1. Utsläpp från Stadsgårdsledens tunnelmynningar [5, 6].

Stadsgårdsleden	Partiklar (PM10) ton per år	Kväveoxider (NO_x) ton per år
<u>1. Utsläpp vid vindstilla 0 m/s</u>		
Östra mynningen via ventgaller/mynning	0,14/0	1,84/0
Västra mynningen via ventgaller/mynning	0,14/0	1,84/0
Skeppsbron mynning	0	0
<u>2. Utsläpp vid minst gynnsam vindriktning/vindhastighet för tot utsläpp</u>		
Östra mynningen via ventgaller/mynning (3 m/s, vind från väst)	0,06/0,18 (tot 0,23)	0,72/2,33 (tot 3,06)
Västra mynningen via ventgaller/mynning (3 m/s, vind från öst)	0,06/0,17 (tot 0,23)	0,72/2,23 (tot 2,96)
Skeppsbron mynning (3 m/s, vind från öst)	0,03	0,46
<u>3. Utsläpp vid västlig vind 3 m/s</u>		
Östra mynningen via ventgaller/mynning	0,06/0,18 (tot 0,23)	0,72/2,33 (tot 3,06)
Västra mynningen via ventgaller/mynning	0,02/0	0,23/0
Skeppsbron mynning	0,03	0,39

Tabell 2. Utsläpp från Söderledstunnelns mynning på Centralbron [7].

Söderledstunneln	Partiklar (PM10) ton per år	Kväveoxider (NO_x) ton per år
Mynning Centralbron 7 % tung trafik	0,53	4,3



Figur 4. Fördelning av vindriktning i taknivå på Södermalm, flerårsvärde för 1998-2009.

Miljökvalitetsnormer

Miljökvalitetsnormer syftar till att skydda människors hälsa och naturmiljön. Normerna är bindande nationella föreskrifter som har utarbetats i anslutning till miljöbalken. Normvärden och begrepp grundas på gemensamma direktiv inom EU och ska spegla den lägsta godtagbara luftkvaliteten som människa och miljö tål enligt befintligt vetenskapligt underlag. I praktiken har dock de svenska miljökvalitetsnormerna närmare sig EU:s gränsvärden, som också tar hänsyn till praktiska möjligheter att uppnå normerna. Vid planering och planläggning ska kommuner och myndigheter ta hänsyn till miljökvalitetsnormerna. För närvarande finns miljökvalitetsnormer för kvävedioxid, partiklar (PM10 och PM2.5), bensen, kolmonoxid, svaveldioxid, ozon, bens(a)pyren, arsenik, kadmium, nickel och bly [9]. Halterna av PM2.5, svaveldioxid, kolmonoxid, bensen, bens(a)pyren, arsenik, kadmium, nickel och bly är så låga att miljökvalitetsnormer för dessa ämnen klaras i hela regionen [10, 11, 12, 13].

I Luftkvalitetsförordningen framgår att normerna gäller för utomhusluften med undantag av bl.a. arbetsplatser samt i väg- och tunnelbanetunnlar [9].

Kvävedioxid, NO₂

Tabell 3 visar miljökvalitetsnorm för kvävedioxid, NO₂, till skydd för hälsa. Normen omfattar tim-, dygns- och årsmedelvärde. I samtliga kontinuerliga mätningar av kvävedioxid som utförts i belastade miljöer i Stockholms och Uppsala län har normen för dygnsmedelvärde varit svårast att klara. Detta bekräftades även i kartläggningen av NO₂-halter i Stockholms och Uppsala län [14]. Normen för dygnsmedelvärden är således dimensionerande och överskrids om NO₂-halten är högre än 60 µg/m³ fler än 7 dygn per kalenderår.

Tabell 3. Miljökvalitetsnorm för kvävedioxid, NO₂, avseende skydd av hälsa [9].

Tid för medelvärde	Normvärde (µg/m ³)	Värdet får inte överskridas mer än:
1 timme	90	175 timmar per kalenderår *
1 dygn	60	7 dygn per kalenderår
Kalenderår	40	Får inte överskridas

* Förutsatt att halten inte överskrider 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

Partiklar, PM10

Tabell 4 visar miljö kvalitetsnorm för partiklar, PM10, till skydd för hälsa. Normen omfattar dygnsmedelvärde och årsmedelvärde. I samtliga kontinuerliga mätningar av PM10 som utförts i luftföroreningsbelastade miljöer i Stockholms och Uppsala län har normen för dygnsmedelvärde varit svårast att klara. Kartläggningen av PM10-halter i Stockholms och Uppsala län år 2002 visade också att normvärdet för dygn var svårast att klara [15]. Normen för dygnsmedelvärden är således dimensionerande och överskrids om PM10-halten är högre än $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fler än 35 dygn per kalenderår.

Tabell 4. Miljö kvalitetsnorm för partiklar, PM10, avseende skydd av hälsa [9].

Tid för medelvärde	Normvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Värdet får inte överskridas mer än:
1 dygn	50	35 dygn per år
Kalenderår	40	Får inte överskridas

I Naturvårdsverkets handbok "Luftguiden, handbok om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft ,2011:1" redovisar Naturvårdsverket sin syn på i vilka miljöer miljö kvalitetsnormerna ska gälla.

På följande platser anser Naturvårdsverket att miljö kvalitetsnormerna till skydd för människors hälsa inte ska tillämpas:

- Luften på vägbanan som enbart fordonsresenärer exponeras för (normerna ska dock tillämpas för luften som cyklister och gående exponeras för på trottoarer och cykelvägar längs med vägar och i vägars mittremsa).
- Där människor normalt inte vistas (t.ex. inom vägområdet längs med större vägar förutsatt att gång- och cykelbanor ej är lokaliserade där).
- I belastade mikromiljöer, t.ex. i direkt anslutning till korsning eller vid stationär förorenad frånluft (t ex. direkt i anslutning till frånluft från exempelvis tunnelbana). I gatumiljö bör därför luften där normer tillämpas vara representativ för en gatusträcka på >100 m och ha ett avstånd till närmaste korsning på >25 m.

Resultat

Resultat för beräkning redovisas i tre olika avsnitt. De totala halterna redovisas med och utan haltbidrag från tunnlarna. I totala halter inkluderas både lokala och regionala utsläpp samt haltbidrag från intransport av luftföroreningar. Tunnlarnas haltbidrag till utomhusluften redovisas även separat. Detta på grund av de osäkerheter som råder kring utsläppsförhållanden kring tunnelmynningarna (se avsnitt ”Utsläpp och spridning från tunnelmynningar och tunnelventilation” och ”Känslighetsanalys och osäkerhet i beräkningsresultaten”). Halterna redovisas på fotgängarnivå, 2 m över mark.

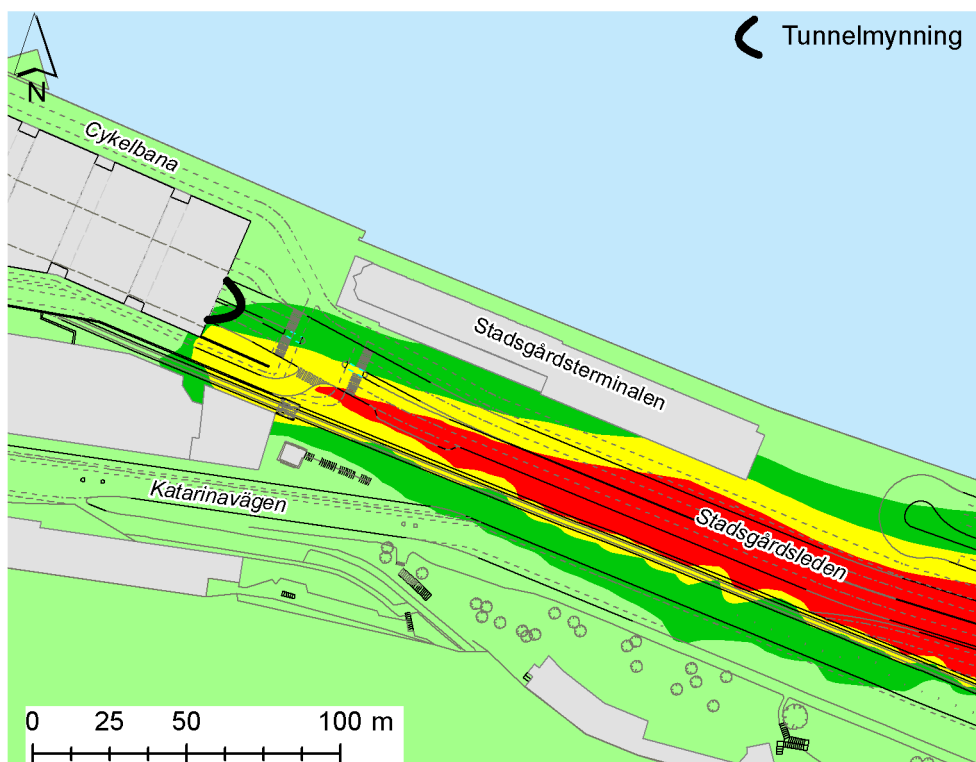
Kvävedioxid - totala halter exklusive utsläpp från tunnelventilation/mynningar

Dygnsmedelhalten av kvävedioxid, utan tunnlarnas haltbidrag, ligger under miljö kvalitetsnormen, $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, i områden utanför Stadsgårdsledens vägområde. På cykel- och gångbanor överskrider normen där dessa korsar Stadsgårdsleden i samma plan.

Överskridande sker inom vägområdet utmed Stadsgårdsleden, från östra mynningen och österut, se figur 5.

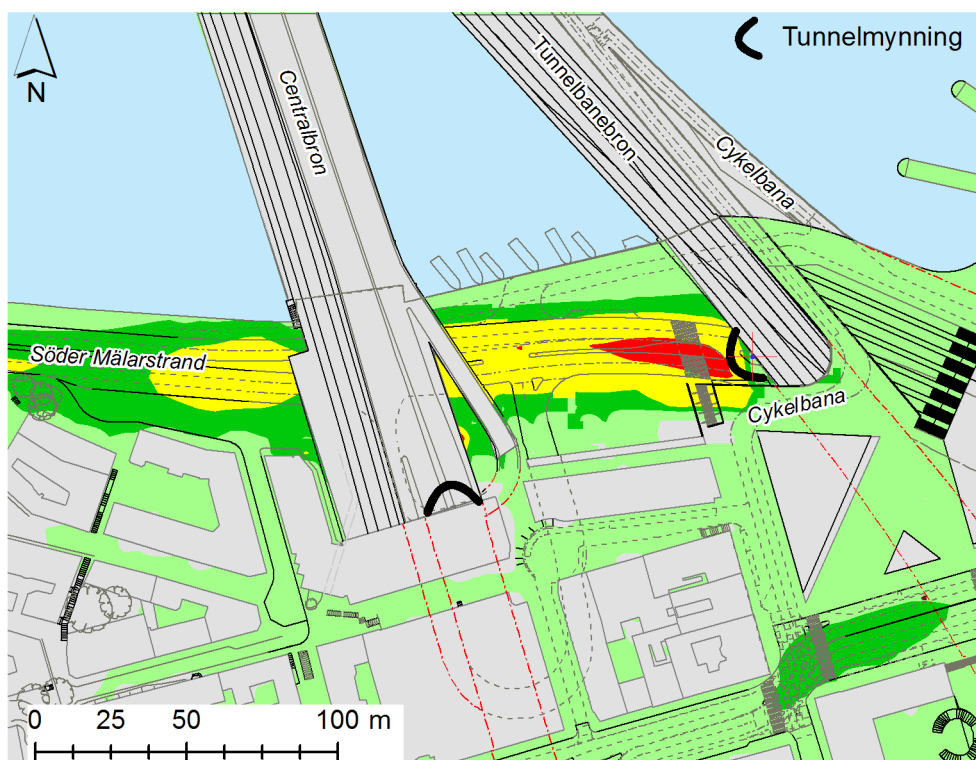
I kajnivå vid den västra mynningen ligger halterna inom vägområdet mycket nära normvärdet, se figur 6. Haltbidraget från trafiken på Centralbron är stort i detta område.

På Skeppsbron är halterna förhöjda i det nedsänkta tråg där trafiken till och från Stadsgårdsleden leds, men halten ligger under normvärdet. På gång- och cykelbanor på bron är halterna lägre, och även i området under bron.



■ $> 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$
■ $48-60 \mu\text{g}/\text{m}^3$
■ $36-48 \mu\text{g}/\text{m}^3$
■ $24-36 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figur 5. Östra mynningen. NO_2 dygnsmedel, exklusive haltbidrag från tunnelmynningar, 2 m ovan mark.



■ $> 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$
■ $48-60 \mu\text{g}/\text{m}^3$
■ $36-48 \mu\text{g}/\text{m}^3$
■ $24-36 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figur 6. Västra mynningen. NO_2 dygnsmedel, exklusive haltbidrag från tunnelmynningar, 2 m ovan mark.

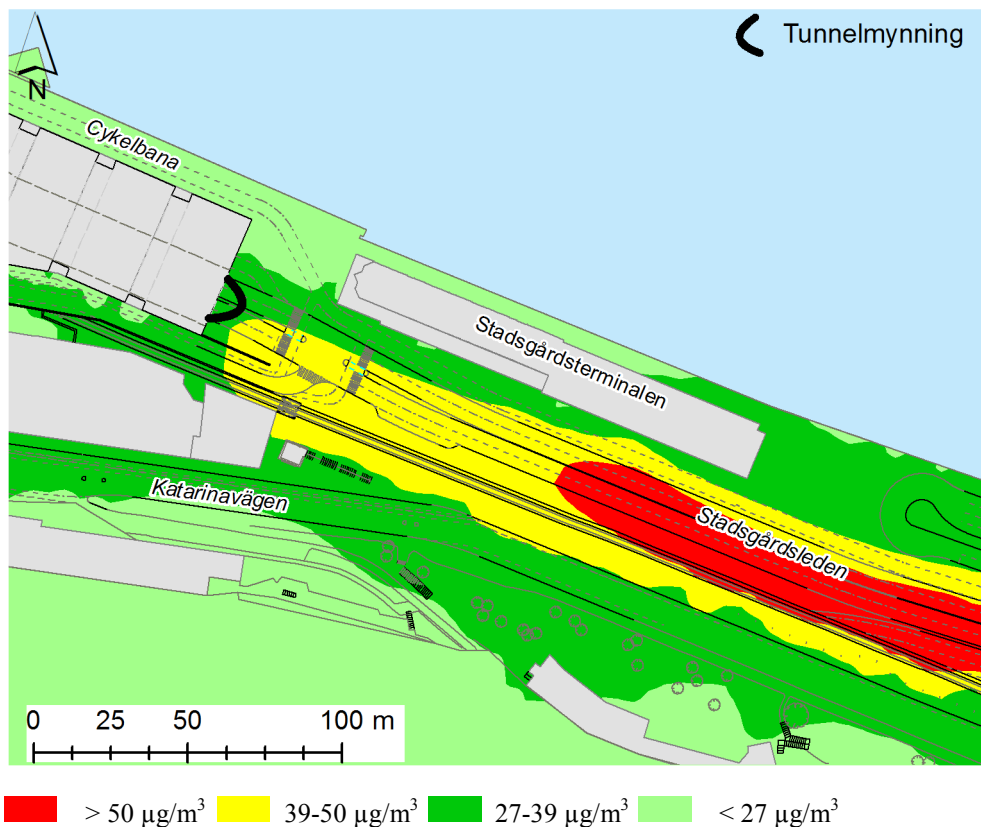
Partiklar (PM10) - totala halter exklusive utsläpp från tunnelventilation/mynningar

Dygnsmedelhalten av PM10, utan tunnarnas haltbidrag, ligger under miljökvalitetsnormen, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, i områden utanför Stadsgårdsledens vägområde.

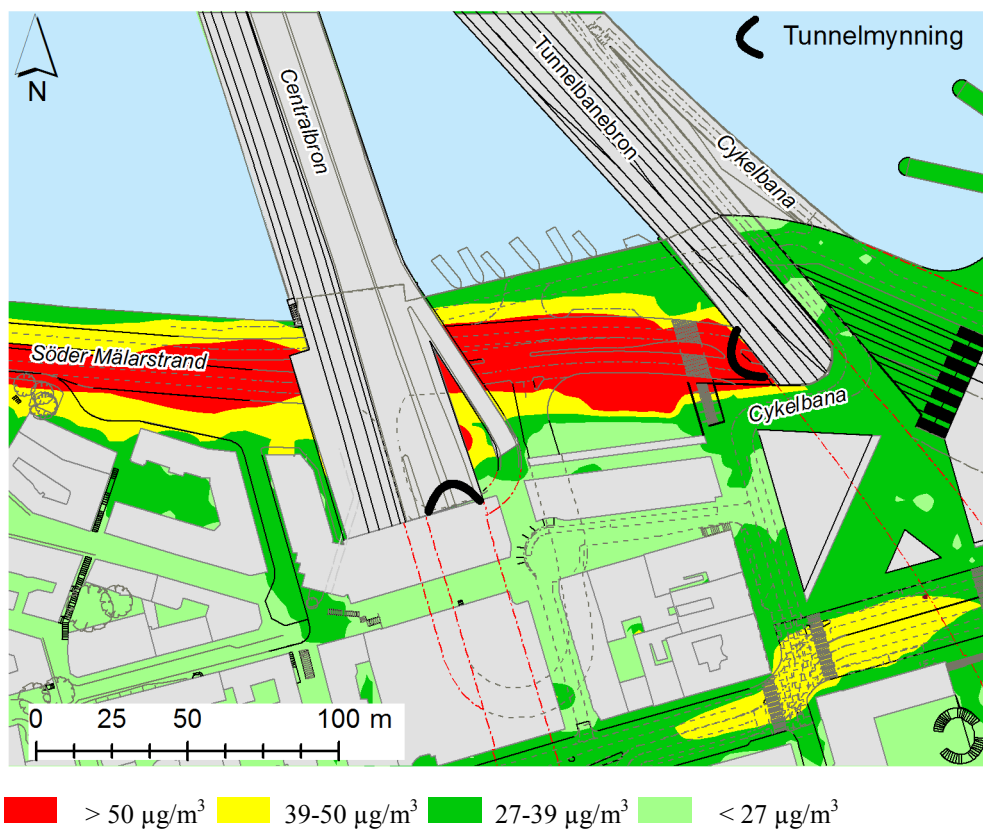
På Saltsjösidan inom Stadsgårdsledens vägområde österut är halterna delvis över normvärdet, se figur 7.

Inom vägområdet, i kajnivå mellan Centralbron och tunnelbanebron, ligger halten över normens gränsvärde, se figur 8. På cykel- och gångbanor överskrider normen där dessa korsar Stadsgårdsleden i samma plan.

På Skeppsbron överskrider normen i ett litet område i det nedsänkta tråg där trafiken till och från Stadsgårdsleden leds. På gång- och cykelbanor på bron klaras normen, och även i området under bron.



Figur 7. Östra mynningen. PM10 dygnsmedelvärde, exklusive haltbidrag från tunnelmynningar, 2 m ovan mark.



Figur 8. Västra mynningen. PM10 dygnsmedelvärde, exklusive haltbidrag från tunnelmynningar, 2 m ovan mark.

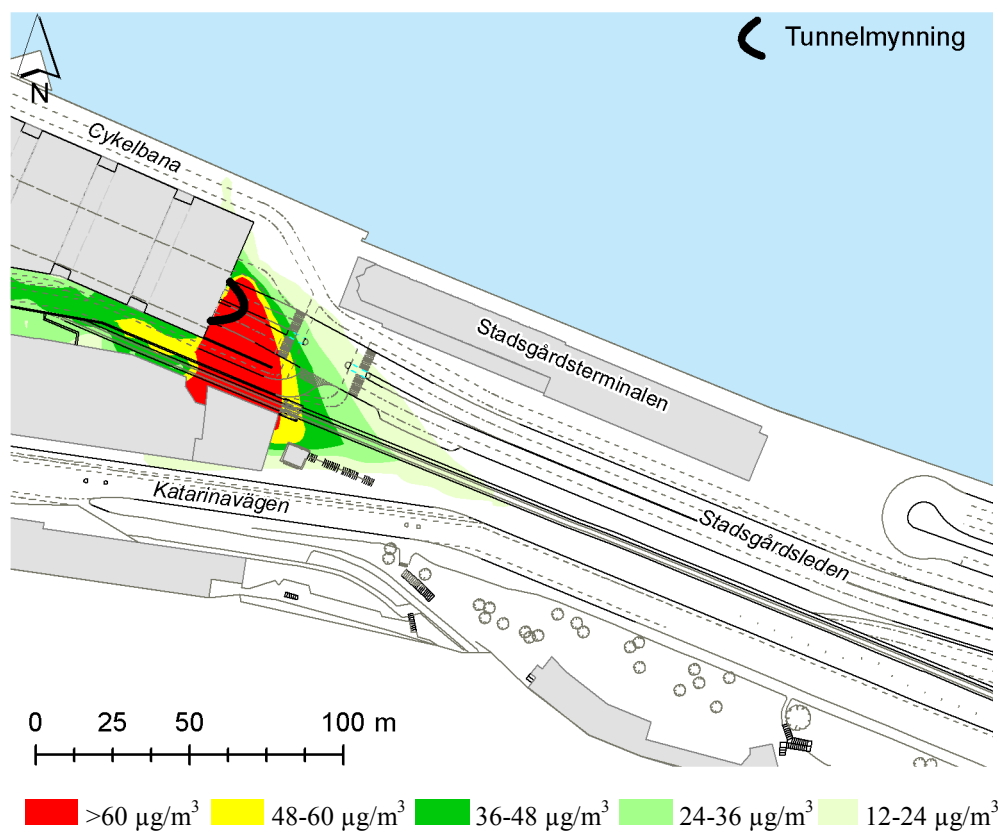
Kvävedioxid - haltbidrag från tunnelventilation och tunnelmynningar

Utsläppen från mynnings- och ventilationsutsläpp genererar halter över miljö kvalitetsnormen.

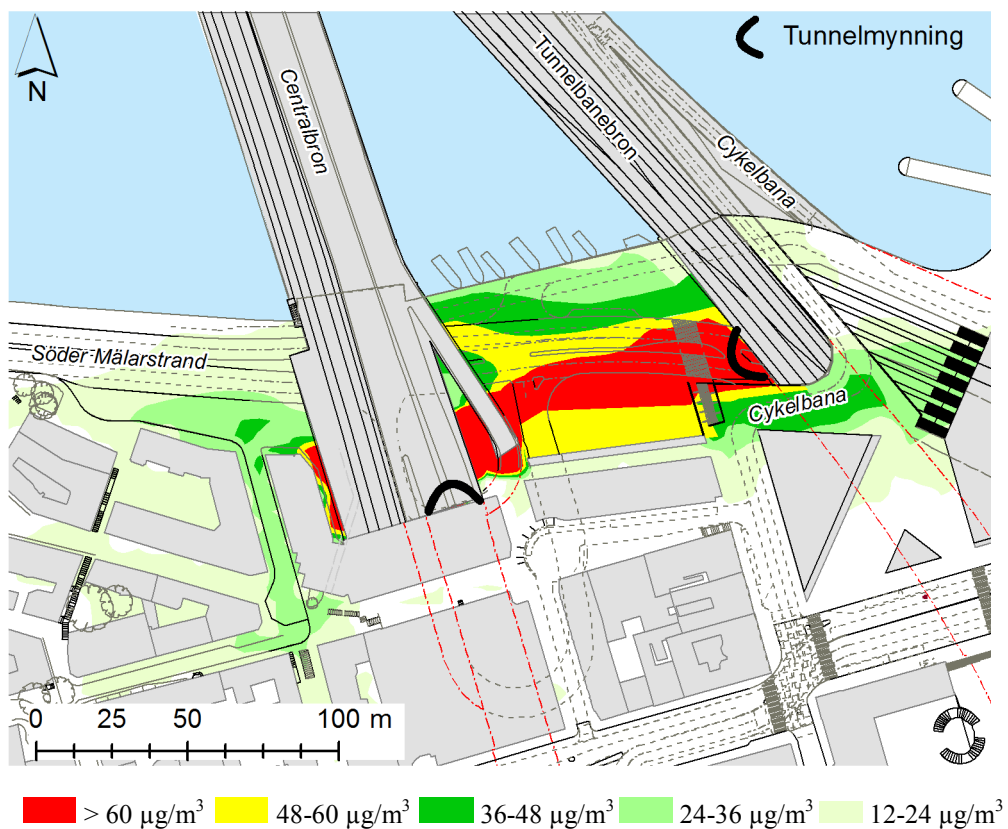
Vid den östra mynningen blir haltbidraget högt främst inom Stadsgårdsledens vägområde, men även påfarten till Stadsgårdsleden från Katarinavägen påverkas, se figur 9.

I kajnivå, i området vid den västra mynningen, bidrar förutom Stadsgårdsledens västra mynning även Söderledstunnelns mynning på Centralbron till haltbidraget, se figur 10. Haltbidraget från Söderledstunneln är dominerande.

På Skeppsbron är haltbidraget från mynningen litet i förhållande till övriga mynningar. Vid vissa vindförhållanden är utsläppet från mynningen noll. Då mynningen ligger nedsänkt i ett tråg hinner den förorenade luften spädas ut innan de når övriga delar av bron. Halter över normen förekommer i ett litet område runt mynningen. Mynningens haltbidrag till området under bron är litet.



Figur 9. Östra mynningen. Tunnelmynningens haltbidrag till dygnsmedelvärdet för NO₂, 2 m ovan mark.



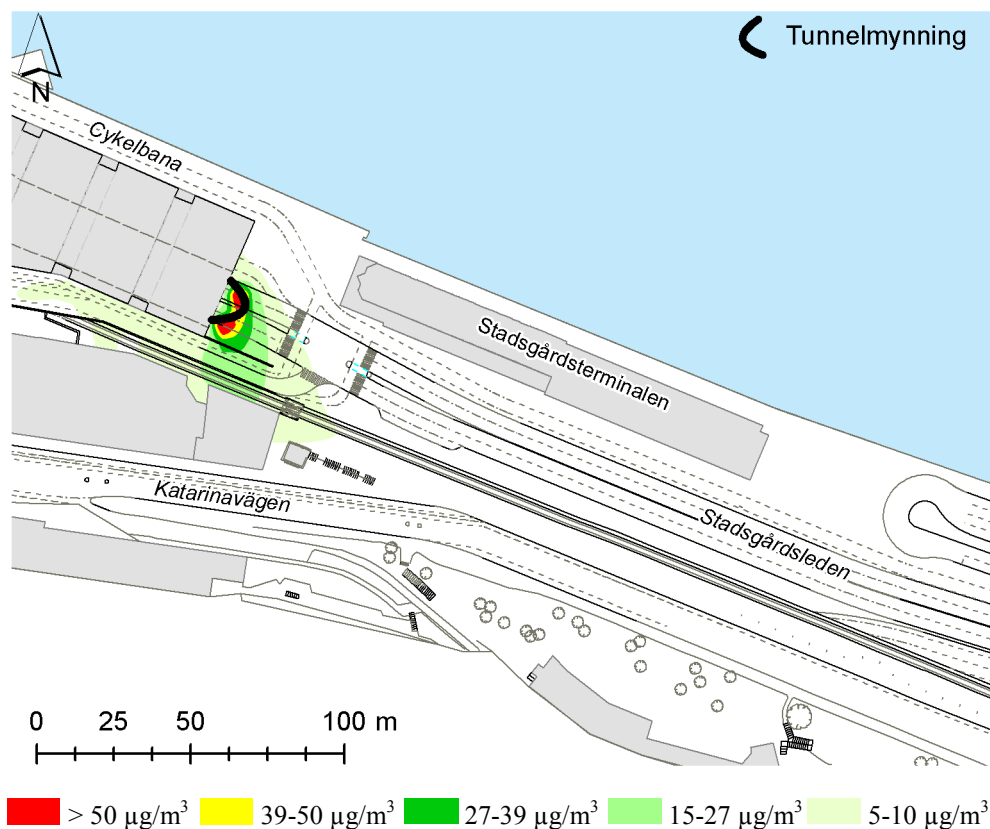
Figur 10. Västra mynningen. Tunnelmynningarnas haltbidrag till dygnsmedelvärdet för NO₂, 2 m ovan mark.

Partiklar (PM10) - haltbidrag från tunnelventilation och tunnelmynningar

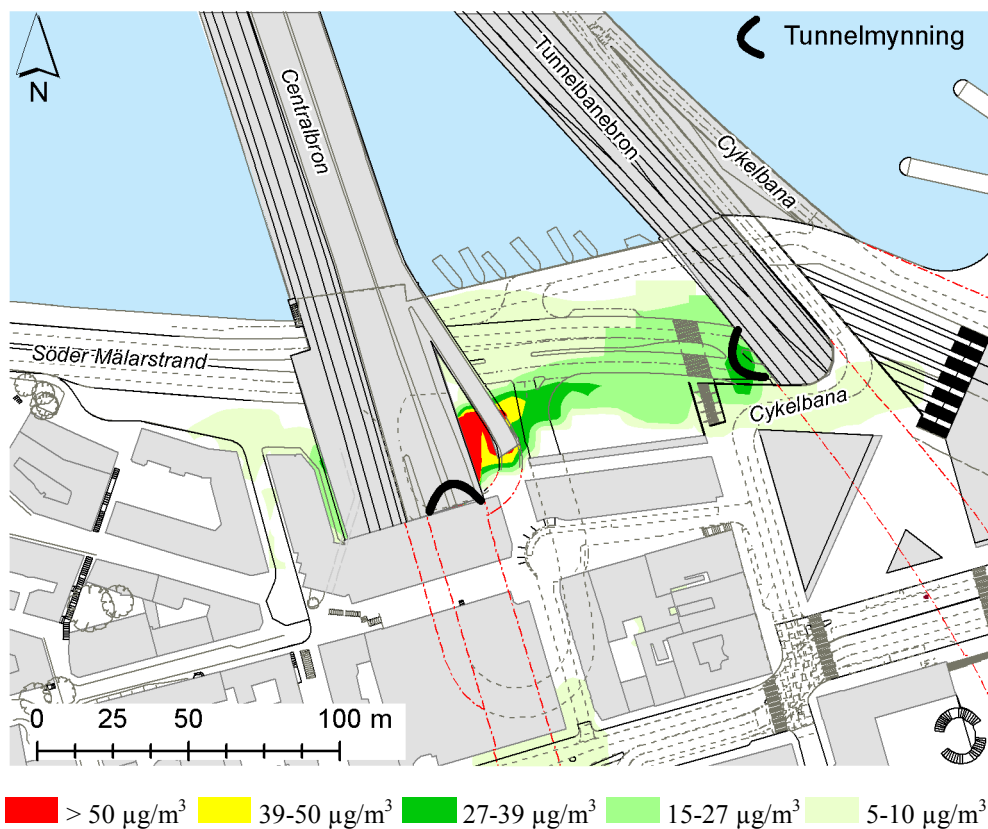
Haltbidraget från den östra mynningen påverkar främst halterna inom Stadsgårdsledens vägområde, se figur 11.

I området vid den västra mynningen, bidrar förutom Stadsgårdsledens mynning även Söderledstunneln på Centralbron till haltbidraget, se figur 12.

På Skeppsbron är haltbidraget från mynningen litet i förhållande till övriga mynningar. Vid vissa vindförhållanden är utsläppet från mynningen noll. Då mynningen ligger nedsänkt i ett tråg hinner den förorenade luften spädas ut innan de når övriga delar av bron. Bidraget till halterna på bron är lågt liksom till området under bron.



Figur 11. Östra mynningen. Tunnelmynningens haltbidrag till dygnsmedelvärdet för PM10, 2 m ovan mark.



Figur 12. Västra mynningen. Tunnelmynningarnas haltbidrag till dygnsmedelvärdet för PM10, 2 m ovan mark.

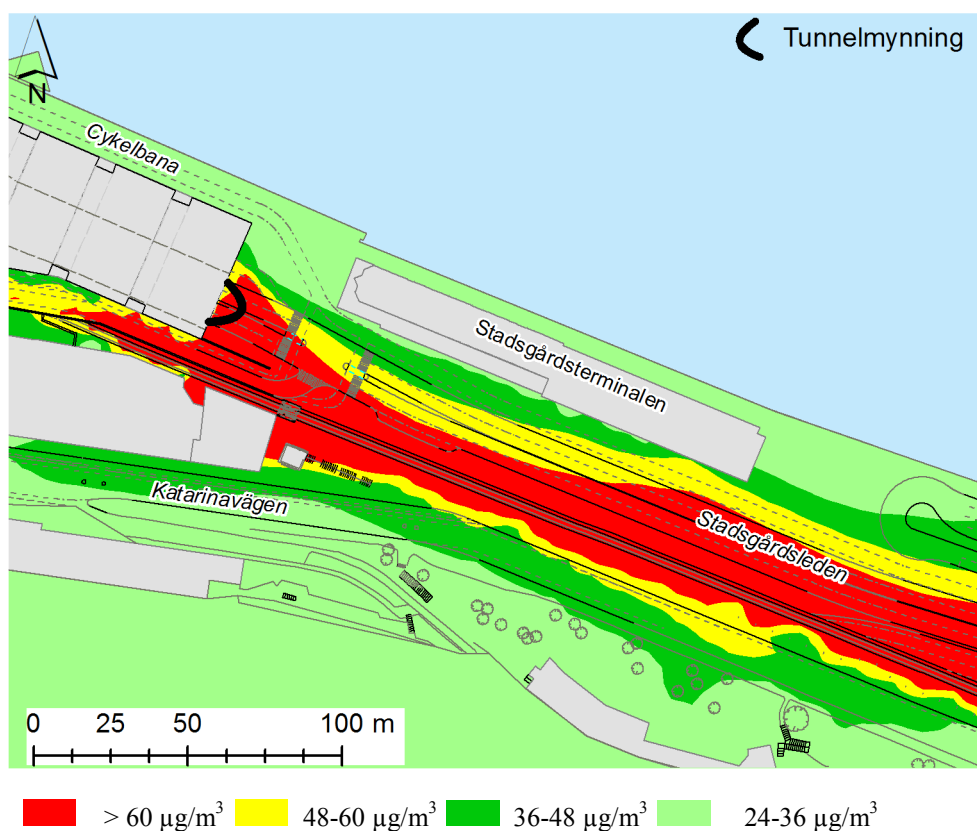
Kvävedioxid - totala halter inklusive utsläpp från tunnelventilation/mynningar

De framräknade totala dygnsmedelhalterna visar att miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid, $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, överskrids även utanför vägområdet. Redan haltbidraget från yttrafiken gör att normen tangeras och därmed leder tillskottet från mynningarna att halterna ligger över miljö kvalitetsnormen.

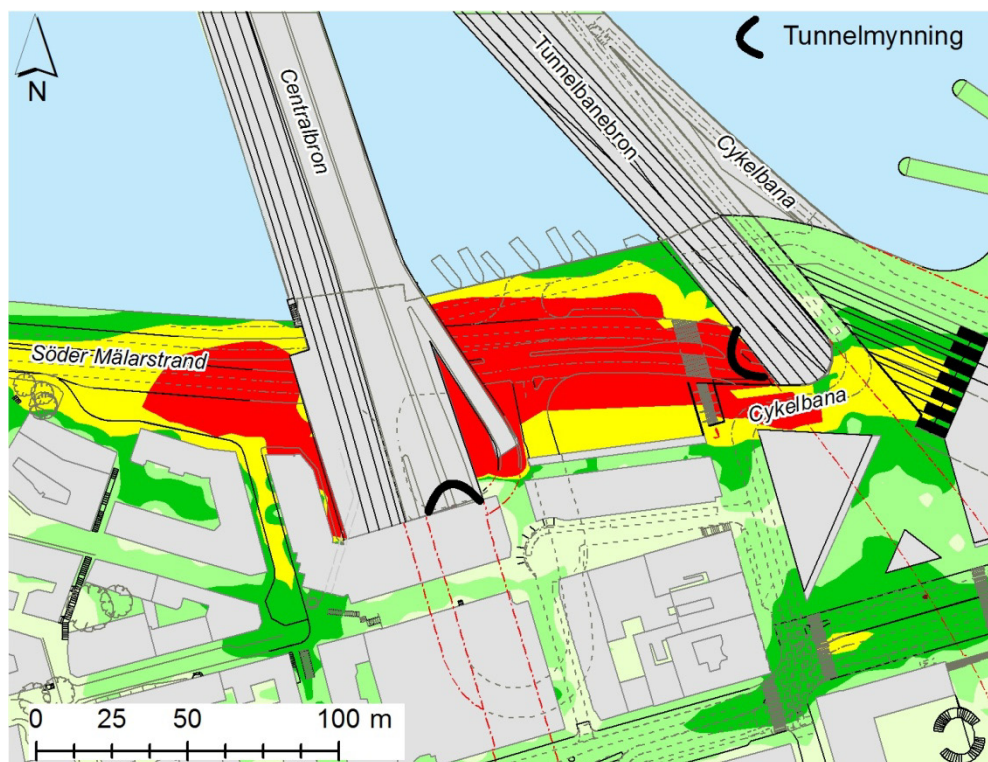
Vid den östra mynningen är halterna, förutom inom vägområdet, högre än normen vid påfarten till Stadsgårdsleden från Katarinavägen. På cykel- och gångbanorna längs med Stadsgårdsleden ligger halterna precis under normen, se figur 13.

I västra mynningens kajområde ligger halterna precis under eller något över miljö kvalitetsnormen. Vid cykelbanan över tunnelbanebron ligger halterna över normen i ett begränsat område, se figur 14.

På Skeppsbron överskrids normen inom en liten del av vägbaneområdet närmast mynningen. På gång- och cykelbanor på bron är värdena under normen liksom i området under bron, se figur 15.

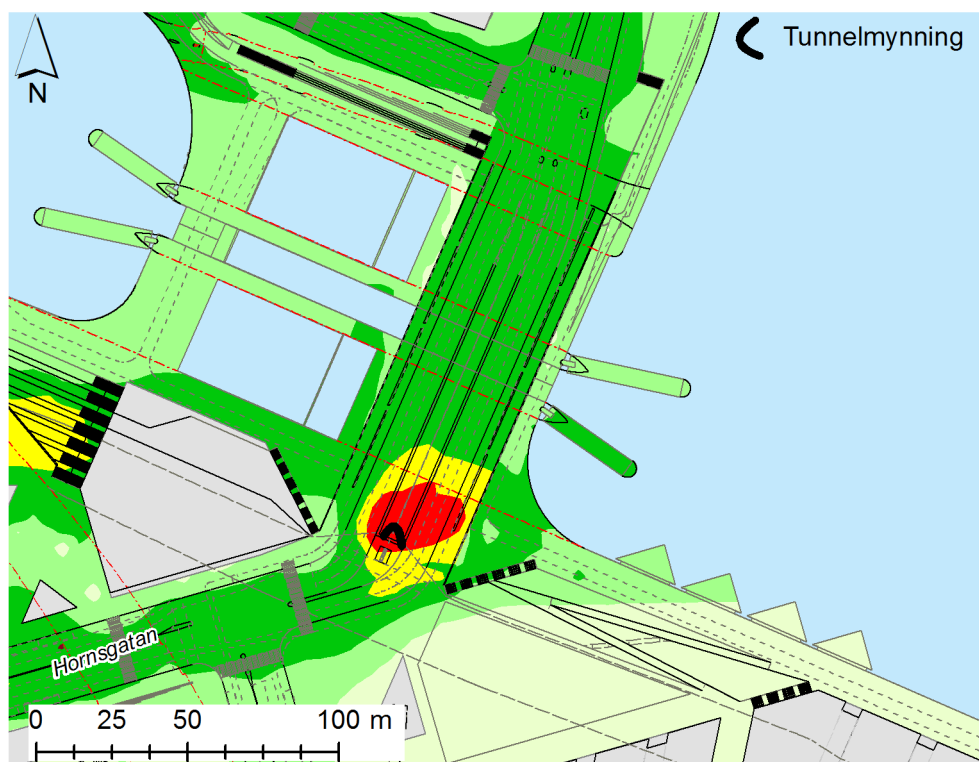


Figur 13. Östra mynningen. Total halt av NO₂ dygnsmedelvärde, 2 m ovan mark.



■ > 60 µg/m³ ■ 48-60 µg/m³ ■ 36-48 µg/m³ ■ 24-36 µg/m³ ■ 12-24 µg/m³

Figur 14. Västra mynningen. Total halt av NO₂ dygnsmedelvärde, 2 m ovan mark.



■ > 60 µg/m³ ■ 48-60 µg/m³ ■ 36-48 µg/m³ ■ 24-36 µg/m³

Figur 15. Skeppsbron. Total halt NO₂ dygnsmedel, 2 m ovan mark samt i bronivå.

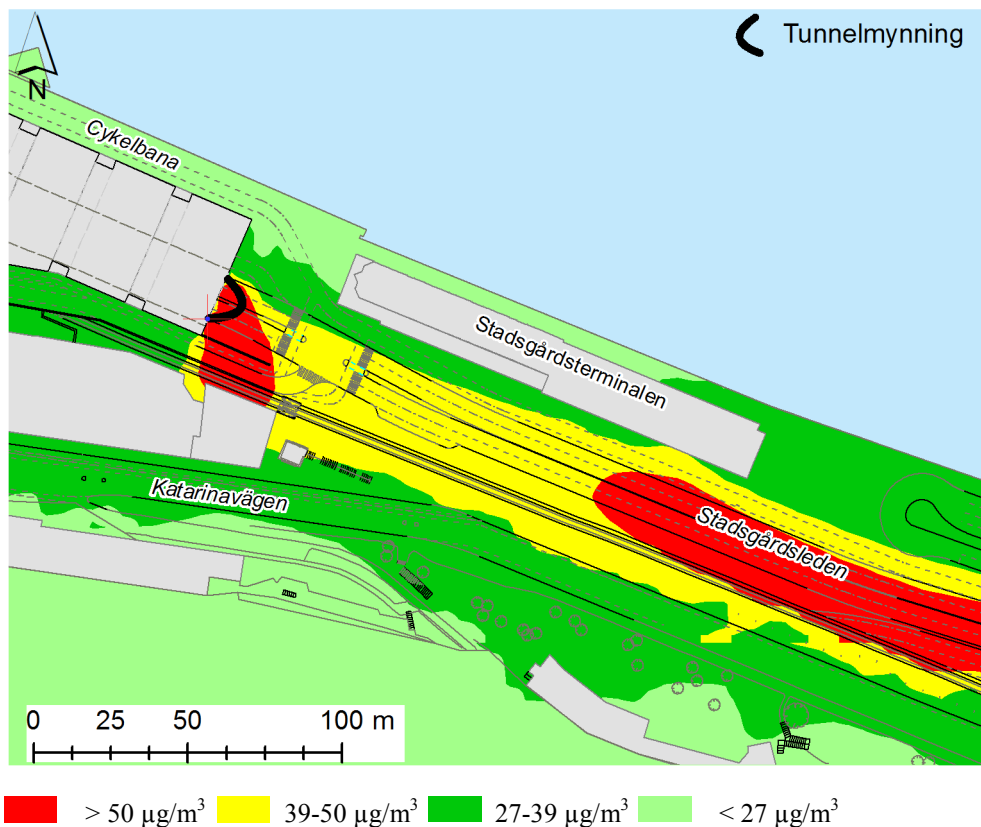
Partiklar (PM10) - totala halter inklusive utsläpp från tunnelventilation/mynningar

De framräknade totala dygnsmedelhalterna visar att miljö kvalitetsnormen för PM10, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, överskrids i ett begränsat område utanför vägområdet. Redan haltbidraget från yttrafiken gör att normen tangeras eller överskrids och därmed leder tillskottet från mynningarna att halterna ligger över miljö kvalitetsnormen.

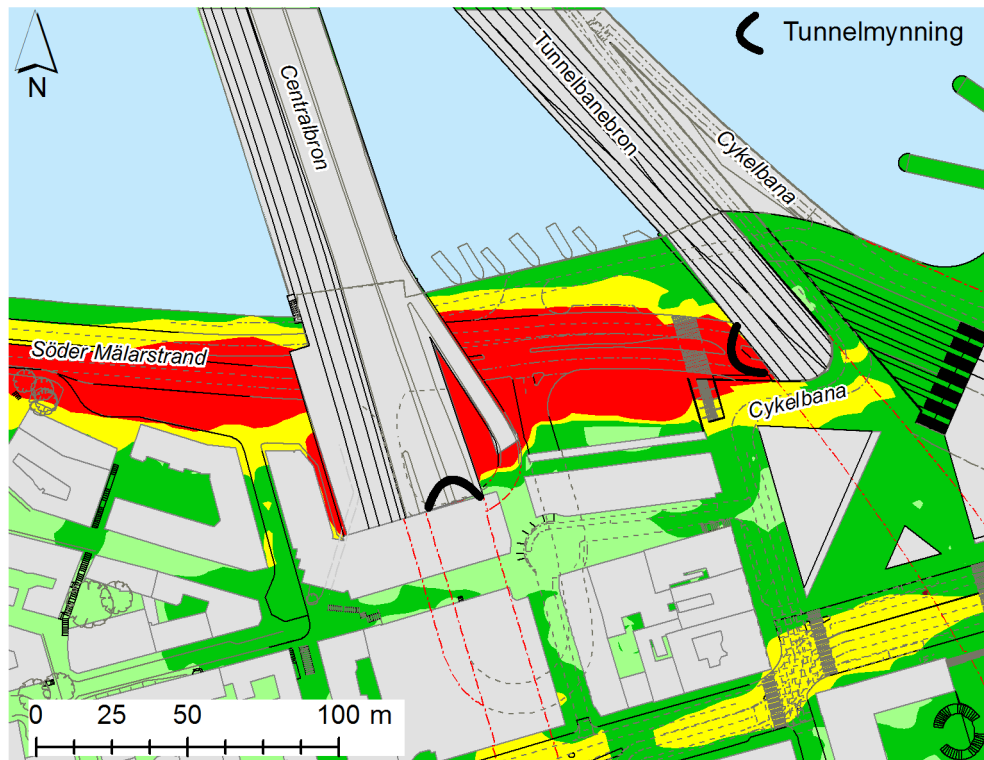
Vid den östra mynningen, är halterna, förutom inom vägområdet, högre än normen inom ett begränsat område vid påfarten till Stadsgårdsleden från Katarinavägen. På cykel- och gångbanorna längs med Stadsgårdsleden ligger halterna under normen, se figur 16.

I västra mynningens kajområde ligger halterna precis under eller något över miljö kvalitetsnormen, se figur 17.

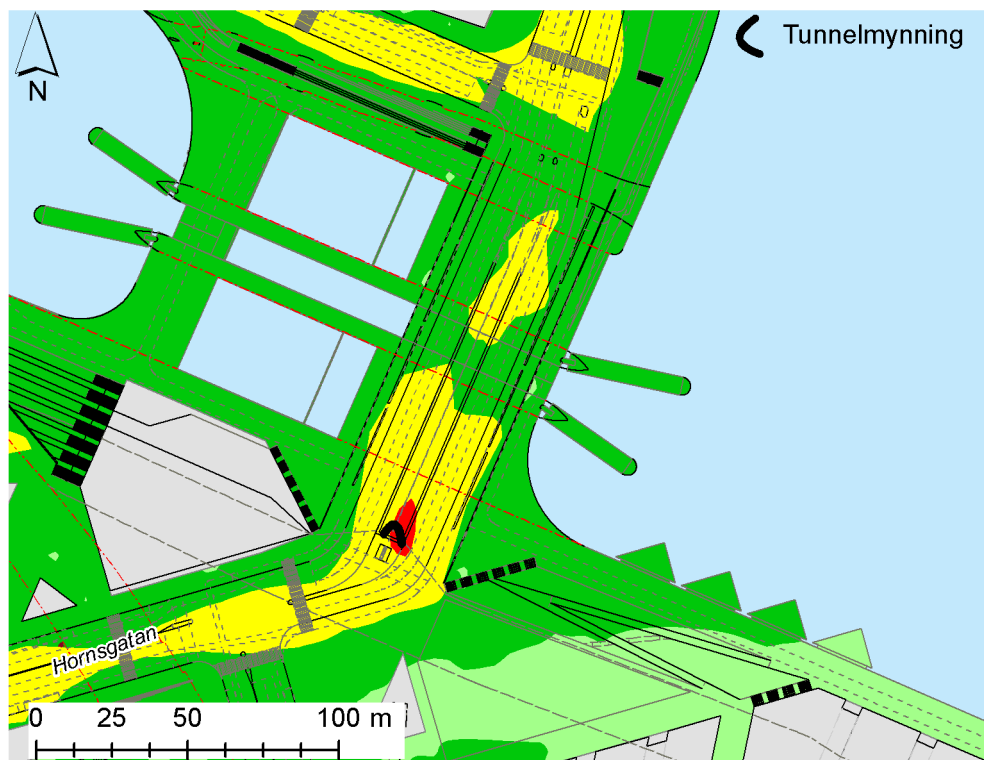
På Skeppsbron ligger halterna över normen inom viss del av vägbaneområdet. På gång- och cykelbanor på bron liksom i området under bron är halterna under normen, se figur 18.



Figur 16. Östra mynningen. Total halt av PM10 dygnsmedelvärde, 2 m ovan mark.



Figur 17. Västra mynningen. Total halt av PM10 dygnsmedelvärde, 2 m ovan mark.



Figur 18. Skeppsbron. Total halt av PM10 dygnsmedelvärde, 2 m ovan mark samt i bronivå.

Känslighetsanalys och osäkerhet i beräkningsresultaten

Modellberäkningar av luftföroreningshalter innehåller osäkerheter. Systematiska fel uppkommer när modellen inte på ett korrekt sätt förmår ta hänsyn till alla faktorer som kan påverka halterna. Kvaliteten på indata är en annan parameter som påverkar hur väl resultatet speglar verkligheten.

Förbättringar sedan tidigare beräkningar

Beräkningarna i CFD-modellen har minskat den osäkerheten som funnits i tidigare beräkningar av luftföroreningshalter vid Slussen. I CFD-beräkningarna har hänsyn tagits till utsläppskällor i olika plan samt till de komplicerade spridningsförhållanden som råder. Yttrafikens haltbidrag är väl beskrivet och haltbidraget i kajnivå från Centralbrons intensiva trafik har kunnat beräknats på ett bättre sätt än tidigare. Vidare har mynningsutsläppen från Stadsgårdsleden och Söderledstunnelns utsläpp mot Centralbron beräknats och utsläppen hanteras på rätt höjdnivå i CFD-modellen.

Emissionsfaktorer

För beräkning av kvävedioxidhalter har emissionsfaktorer för år 2020 använts då det saknas emissionsfaktorer för kväveoxider (NO_x) år 2030. Detta kan leda till en viss överskattning av utsläppen då ytterligare förändringar i teknikutveckling och avgaskrav troligen kommer att minska utsläppen jämfört med år 2020. Speciellt utvecklingen av utsläppen från tunga fordon och dieseldrivna fordon påverkar emissionerna för NO_x .

För PM10 är det främst slitagepartiklarna som utgör en stor del av emissionsfaktorn för partiklar. I utredningen har antagits att 50 % av fordonen har dubbade däck år 2030. Åtgärder som genomförs för att minska halten slitagepartiklar samt en minskad andel bilar med dubbade däck kan medföra en lägre halt av PM10 jämfört med beräknade värden.

Påverkan av ändringar i detaljplaneförslaget

Sena ändringar i detaljplaneförslaget har inte kunnat föras in i CFD-modellen då uppbyggnad av vindfält utifrån geometrin är mycket tidskrävande. För att få en riktig bedömning av luftföroreningshalterna vid senast reviderat detaljplaneförslag (2011-03-14) har resultaten justerats. De ändringar som har mest betydelse nämns nedan.

1) Borttagande av husen framför befintligt Hilton hotell (överdäckningen av Centralbron samt mellan Centralbron och tunnelbanebron) vilket påverkar halterna i kajplan vid Stadsgårdsledens västra mynning. Ändringen bedöms medföra något bättre spridningsförhållanden och något lägre luftföroreningshalter än beräknat. Ursprungligt beräkningsresultatet bedöms vara något överskattat och har därför justerats ner något.

2) Flytt av den östra mynnings infart från ramp till kajplan. Ändringen medför större utsläpp i kajplan. Ursprungligt beräkningsresultatet bedöms vara något underskattat och har därför justerats upp något.

Kvarstående osäkerhet - tunnelventilation

Utsläppen från Stadsgårdsledens tunnel har stor betydelse för haltnivåerna, och haltbidraget kan vara avgörande om miljö kvalitetsnormen klaras eller inte i vissa områden.

Tunneln är mycket vindkänslig och vindriktning, hur ventilationen styrs samt hur ofta den är i drift (beräkningarna utförda med 24 h/dygn) påverkar var utsläppet sker, i vilken mynning och vid vilket ventilationsgaller.

Placeringen av ventilationsgaller är inte fastställd. Hur tunneln kommer att ventileras och var ventilationsgallrena för utblås placeras är viktiga parametrar för att minska haltbidraget och därmed människors exponering för luftföroreningshalter.

I beräkningarna har vi räknat på scenarier där allt utsläpp sker i mynningarna och vid västlig vind 3 m/s. Detta ger det högsta utsläppet i den östra mynningen och ett mindre utsläpp i den västra. Halten i den östra mynningen kan därför vara något överskattad.

Vid den västra mynningen kan halten vara något underskattad.

Miljö kvalitetsnormen överskrids redan vid ett nollutsläpp från Stadsgårdsledens mynning. Detta beror på att haltbidraget från Söderledstunnelns mynning och Centralbron är stort.

Exponering för luftföroreningar - jämförelse mellan planförslag och nollalternativ

I detaljplanen för Slussen år 2030 skapas områden med lägre luftföroreningshalter jämfört med nollalternativet. I några få områden blir halterna högre än i nollalternativet. Högre halter erhålls intill Stadsgårdsledens östra och västra tunnelmynning och vid påfarten till Stadsgårdsleden från Katarinavägen.

Områden där miljö kvalitetsnormen för PM10 och kvävedioxid överskrids återfinns både i planförslaget och nollalternativet, främst inom Stadsgårdsledens vägområde och i kajområdet mellan tunnelbanebron och Centralbron.

Detaljplaneförslaget för Slussen år 2030 innebär en minskning av människors exponering för luftföroreningar, både jämfört med dagens utformning och med nollalternativet. Gångtrafik och cykeltrafik separeras till viss del från vägtrafiken vilket minskar exponeringen. I kajområdena skapas områden som är relativt obelastade av luftföroreningar, med undantag i områdena nära Stadsgårdsledens tunnelmynningar.

Biltrafiken mellan Södermalm och Gamla Stan fördelas i dag på två broar. I detaljplaneförslaget samlas biltrafiken på en bro där det också finns gång- och cykelbanor. Vid brofästet mot Södermalm ligger tunnelmynningen med trafik till och från Stadsgårdsleden. Bron är exponerad för vind på grund av sitt upphöjda läge, vilket ger god ventilation och borttransport av luftföroreningar. Trafikanter som väljer gång- och cykelbanan över bilbron kommer dock att exponeras mer än de som väljer andra alternativa vägar.

Stadsgårdsledens överdäckning skapar vistelseområden där halten luftföroreningar blir lägre än i dagsläget och nollalternativet. Dock medför Stadsgårdsledens överdäckning en längre tunnel vilket bidrar till utsläpp vid tre mynningar. Högre exponering jämfört med nollalternativet erhålls intill den östra tunnelmynningen och vid påfarten till Stadsgårdsleden från Katarinavägen. I kajplan intill den västra mynningen ökar exponeringen något i planförslaget. Påverkan från utsläppen från trafiken på Centralbron och Söderledstunnelns mynningsutsläpp är stor varför skillnaden i exponering mellan planförslaget och nollalternativet är liten.

Terminalen för Nacka- och Värmdöbussarna är idag inbyggd under tak och utsatt för påverkan från närliggande trafik på Stadsgårdsleden. Av- och påstigande resenärer exponeras i hög grad för avgaser. I förslaget för nya Slussen flyttas bussterminalen in i Katarinaberget. Exponeringen för resenärerna bedöms minska betydligt när terminalen separeras från Stadsgårdsleden.

I området runt Södermalmstorg planeras trafik till och från Katarinavägen och Hornsgatan på ungefär samma sätt som i dagsläget och som i nollalternativet år 2030. Området är välventilerat, miljö kvalitetsnormen överskrids inte, och området är acceptabelt ur exponeringssynpunkt.

Slutsatser

Stadsgårdsledens västra mynning mot Söder Mälarstrand

Området är det mest utsatta för luftföroreningar i Slussenområdet. På Mälarsidan mynnar Stadsgårdsleden ut under tunnelbanebron mot Söder Mälarstrand och påverkar främst luftföroreningshalterna i området i kajplan.

På följande platser är beräknade luftföroreningshalter över eller mycket nära miljö kvalitetsnormens gränsvärde för PM₁₀ och NO₂;

- Inom Stadsgårdsledens vägområde och i ett begränsat område utanför vägområdet.
- På gång- och cykelbanor i kajplan längs med och vid passage över Stadsgårdsleden.
- I ett begränsat område där cykelbanan leds över tunnelbanebron.

Området bör utformas så att människor inte uppmuntras att uppehålla sig där.

Orsaken till de höga halterna bedöms bero på att trafiken från Stadsgårdsleden/Söder Mälarstrand och Centralbron (vid västliga vindar) ger ett betydande bidrag, samtidigt som ventilationen av gatumiljön begränsas av Centralbron, tunnelbanebron, samt topografi och byggnader åt söder.

Resultaten visar att miljö kvalitetsnormen för partiklar (PM₁₀) överskrids i området även när inga tunnelutsläpp inräknas. Resultaten för kvävedioxid (NO₂) ligger mycket nära nivån för miljö kvalitetsnormens dygnsmedelvärde även utan bidraget från mynningarna.

Inkluderas mynningsutsläppen från Stadsgårdsleden och Söderledstunnelns mynning på Centralbron överskrids normen för båda ämnena främst inom vägområdet. Även utan Stadsgårdsledens mynningsutsläpp bedöms halterna ligga över normen.

Placeringen av ventilationsgaller för tunnelventilation är viktig för de luftföroreningshalter som uppkommer i området. Exponeringen för människor som passerar området kan minskas om mynningsutsläppet minimeras och ventilationsgallret placeras på en välventilerad plats.

Stadsgårdsledens östra mynning mot Saltsjön

På Saltsjösidan byggs flera hus över Stadsgårdsleden. Mynningsutsläppet och trafiken på Stadsgårdsleden påverkar föroreningshalterna i närområdet, främst i kajplan. Spridningen av luftföroreningarna försämras av den bergvägg som finns söder om Stadsgårdsleden.

På följande platser är beräknade luftföroreningshalter över eller mycket nära miljö kvalitetsnormens gränsvärde för PM₁₀ och NO₂;

- I området utanför mynningen och längs med Stadsgårdsledens vägområde österut.
- Där gång- och cykelbanor passerar över Stadsgårdsleden i kajplan.
- I ett begränsat område där gång- och cykelbanor leds längs med påfarten från Katarinavägen till Stadsgårdsleden.

På cykel- och gångbanor längs med kajen norr om Stadsgårdsleden klaras normen då de högsta halterna uppkommer vid bergväggen söder om Stadsgårdsleden.

Området nära mynningen och längs med Stadsgårdsledens södra sida, utmed Katarinaberget, bör utformas så att människor inte uppmuntras att uppehålla sig där.

Exponeringen för människor som passerar området kan minskas om mynningsutsläppet minimeras och ventilationsgallret placeras på en välventilerad plats.

Skeppsbron mellan Södermalm och Gamla Stan

Utbyggnadsalternativet innehåller en biltrafikerad bro mellan Södermalm och Gamla Stan. Halterna på bron påverkas av yttrafiken samt tunnelmynningen som skapas för Stadsgårdsledens av- och påfart från Gamla Stan. Bron är exponerad för vind på grund av sitt upphöjda läge, vilket ger god ventilation och borttransport av luftföroreningar.

De högsta halterna på bron uppstår i vägområdet runt mynningen och det nedsänkta tråg där trafiken till och från Stadsgårdsleden leds. Här överskrider miljö kvalitetsnormen endast inom vägområdet.

Miljö kvalitetsnormen klaras på cykel- och gångbanor samt inom de vistelsezoner som finns i området. I kajområdet under bron skapas ett område som är relativt obelastat av luftföroreningar.

Vistelsezoner runt Södermalmstorg

Trafik till och från Katarinavägen och Hornsgatan går i samma plan och möts i en korsning på torget. På torgplan påverkas luftföroreningshalterna av trafiken, främst på Hornsgatan och Katarinavägen, men området är välventilerat och miljö kvalitetsnormen för PM10 och NO₂ klaras.

Referenser

1. Nya Slussen, Spridningsberäkningar av inandningsbara partiklar (PM10) år 2030. LVF 2009:18
2. Slussen i framtiden, Spridningsberäkningar av inandningsbara partiklar (PM10) år 2020. LVF 2007:13.
3. Mochida et al. 2009, "CFD prediction of turbulent flow under the influence of moving automobiles in street canyons", The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan
4. ARTIMIS, <http://www.trl.co.uk/artemis/>
5. SWECO, 2011-03-13, Karin Hillblom & Karl-Erik Blomqvist. PM Utsläpp av kväveoxid och partiklar från Slussentunneln. Uppdragsnummer 1146019200.
6. SWECO, 2011-03-13, Karin Hillblom & Karl-Erik Blomqvist. PM Utsläpp av kväveoxid och partiklar från Slussentunneln. Uppdragsnummer 1146019200.
7. WSP 2011-03-14, Beräkning av PM10 och NO_x-halter i Söderledstunneln.
8. Luften i Stockholm. Årsrapport 2009, SLB-Analys, SLB rapport 1:2010
9. Luftkvalitetsförordning, Miljödepartementet 2010, SFS 2010:477.
10. Kartläggning av bensenhalter i Stockholm- och Uppsala län. Jämförelse med miljökvalitetsnormer. Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund. LVF rapport 2004:14.
11. Kartläggning av bens(a)pyren-halter i Stockholms- och Uppsala län samt Gävle kommun. Jämförelse med miljökvalitetsnorm. Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund. LVF rapport 2009:5. (Ej publicerad, under färdigställande)
12. Kartläggning av arsenik-, kadmium- och nickelhalter i Stockholm och Uppsala län samt Gävle och Sandviken kommun. Jämförelse med miljökvalitetsnorm, Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund. LVF rapport 2008:25.
13. Kartläggning av PM2,5-halter i Stockholms- och Uppsala län samt Gävle kommun och Sandviken tätort. Jämförelser med miljökvalitetsnorm. LVF rapport 2010:23.
14. Uppdatering av NO₂-kartläggning i Stockholms och Uppsala län. Jämförelser med miljökvalitetsnormer. Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund. LVF rapport 2007:36
15. Kartläggning av partikelhalter (PM10) i Stockholms och Uppsala län- jämförelser med miljökvalitetsnormer, Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund. LVF rapport 2003:1
SLB- och LVF-rapporter finns att hämta på www.slb.nu/lvf/



Datum
2010-07-08

Emissionsfaktorer ARTEMIS år 2020 (<http://www.trl.co.uk/artemis/>)

Skyltad hastighet 50 km/h

Enhet: gram/fordonskilometer

Personbilar, NOx (g/km)

medelhastighet /lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
40 km/h	0,026938	0,03756	0,05267	0,066646	0,082503	0,099376	0,099376
50 km/h	0,024028	0,034178	0,048638	0,062004	0,077789	0,094656	0,094656
60 km/h	0,022076	0,032078	0,046363	0,059542	0,075694	0,093011	0,093011

Lätta lastbilar, NOx (g/km)

medelhastighet /lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
40 km/h	0,075431	0,134613	0,217566	0,325424	0,470466	0,634698	0,770856
50 km/h	0,048872	0,084752	0,135077	0,197713	0,281704	0,37634	0,455531
60 km/h	0,040706	0,069317	0,109452	0,157658	0,22222	0,294662	0,355639

Tunga fordon, NOx (g/km)

medelhastighet /lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
40 km/h	0,476062	0,948405	2,124456	4,934284	8,300021	11,6994	15,23014
50 km/h	0,294211	0,636182	1,635744	4,409517	7,830833	11,11553	14,77985
60 km/h	0,195617	0,437569	1,285325	4,038625	7,500093	10,81154	14,58784

Personbilar, PMavg (g/km)

medelhastighet /lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
40 km/h	0,000179	0,000275	0,000355	0,00041	0,00056	0,0007	0,000838
50 km/h	0,000161	0,000247	0,000321	0,000374	0,000514	0,000642	0,000767
60 km/h	0,000154	0,000235	0,000307	0,000361	0,000498	0,000623	0,000742

Lätta lastbilar, PMavg (g/km)

medelhastighet /lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
40 km/h	0,007672	0,010188	0,014061	0,019666	0,02905	0,036566	0,041272
50 km/h	0,006718	0,008911	0,012321	0,017284	0,025559	0,032177	0,036297
60 km/h	0,005746	0,007622	0,010541	0,014792	0,021875	0,02754	0,031065

Tunga fordon, PMavg (g/km)

medelhastighet /lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
40 km/h	0,031682	0,038917	0,051933	0,074718	0,095704	0,116519	0,144884
50 km/h	0,023072	0,028571	0,040441	0,062628	0,083594	0,106451	0,138588
60 km/h	0,018367	0,022372	0,033749	0,055542	0,075908	0,100796	0,135748

Emissionsfaktorer slitagepartiklar (rapport SLB 5:2008)**PM-slitage
(g/km)**

hastighet/dubbandel	25 %	50 %	70 %	75 %	100 %
50 km/h	0,01964	0,03928	0,055	0,05893	0,07857

För beräkning av PM10 ska PMavg och PM slitage summeras.



www.stockholm.se/slussen