

*Partiklar och kväveoxider i
anslutning till Norra
Länken vid Hjorthagen*

UTSLÄPP FRÅN TORN OCH MYNNING SAMT
PÅVERKAN PÅ HALTER INVID MYNNING
OCH NÄRALIGGANDE BOSTÄDER

Utredning genomförd på uppdrag av Trafikverket

Magnus Brydolf, Billy Sjövall och Christer Johansson

Förord

Detta uppdrag är genomfört av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. SLB-analys är bl.a. operatör för Östra Sveriges luftvårdsförbunds system för övervakning. Uppdragsgivare är Trafikverket.

Rapporten har granskats av: Christer Johansson

Uppdragsnummer:	2015101
Daterad:	2015-04-20
Projektansvarig:	Magnus Brydolf, 08-508 28 925
Status:	Granskad



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

Innehåll

1	Sammanfattning	4
1.1	Mätresultat PM10 och PM2,5	4
1.2	Mätresultat NO _x och NO ₂	4
1.3	Beräkningar av bidragen från torn och mynning	4
2	Inledning	6
3	Förutsättningar	6
3.1	Områdesbeskrivning	6
3.2	Mätplatser	7
3.2.1	Tunnelmynning	7
3.2.2	Trollhättevägen	8
3.3	Parametrar och instrument	8
4	Resultat från mätningarna i omgivningsluften	9
4.1	Meteorologi.....	9
4.2	Partiklar, PM10	10
4.3	Partiklar, PM2,5	12
4.4	Kväveoxider, NO _x	13
4.5	Kvävedioxid NO ₂	14
4.6	Slutsats	15
4.6.1	Partiklar	15
4.6.2	Kväveoxider.....	15
4.7	Tornventilation.....	16
4.7.1	Slutsats tornventilation	18
5	Beräkningar av bidragen till halterna	19
5.1	Utsläpp av NO _x och PM10 från vägtrafiken.....	19
5.1.1	Väg mellan tunneln och Lidingövägen.....	19
5.1.2	Utsläpp från ventilationstorn och tunnelmynning	20
5.2	Utsläppet i tornet.....	22
5.3	Utsläpp i mynningen	22
5.4	Bidrag till halterna från utsläppen via tornet och mynningen.....	23
6	Referenser	27

1 Sammanfattning

Trafikens utsläpp i tunnelröret mot Hjorthagen ventileras via ventilationstorn och tunnelmykning. Utsläpp från torn och tunnelmykning tillsammans med ytraffiken på Norra Länken ger förhöjda haltnivåer i närområdet vid trafikled och mykning. På uppdrag av Trafikverket har SLB-analys utfört mätningar och spridningsberäkningar av partiklar och kväveoxider för att påvisa hur trafikens utsläpp påverkar haltnivåerna i området vid tunnelmykningen och i Hjorthagens bostadsområde samt analysera påverkan på halterna i närområdet när tunnelemissionerna ventileras i olika grad via avluftstorn respektive via mykningen.

1.1 Mätresultat PM10 och PM2,5

Partikelhalterna var låga under hela mätperioden både vid mykningen och vid Trollhättevägen (i Hjorthagen). Orsaken var att perioden var nederbördsrik med få tillfällen med torra vägbanor vilket gjorde att haltbidrag av slitage- och dammpartiklar till stora delar uteblev. Nuvarande normgränsen för dygnsmedelvärden av PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds inte vid något tillfälle vare sig vid tunnelmykningen eller Trollhättevägen. När körbanorna torkade upp och vindriktningen var från syd-sydväst d.v.s. när vinden låg på från trafikleden var PM10-halten vid Trollhättevägen tidvis förhöjda.

1.2 Mätresultat NO_x och NO₂

Utsläppen från trafiken efter öppnandet av Norra länken innebar kraftigt förhöjda haltnivåer vid tunnelmykningen jämfört med före öppnandet och nuvarande normgränsen för dygnsmedelvärden av NO₂ ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) överskreds vid 12 tillfällen. Mätningarna vid Trollhättevägen av NO_x och NO₂ tyder på mycket liten inverkan på halterna av utsläppen från torn och mykning, även då hänsyn tas till vindriktningen. Medelhalterna var ungefär desamma efter öppnandet, som en period före och i nivå med urbana bakgrundshalten.

1.3 Beräkningar av bidragen från torn och mykning

Med hjälp av mätningarna av NO_x och lufthastigheter i tunneln samt uppgifter om luftflöden i tornet vid olika antal fläktar, kan utsläppen via torn respektive mykning beräknas med ganska stor noggrannhet. Utan tornfläktar var utsläppen i tornet 3,0 ton/år (själventilering) och 6,3 ton/år via mykningen. Med 4 fläktar var tornets utsläpp 8,4 ton/år och mykningens 1,8 ton/år. Dessa värden kan jämföras med utsläppen längs ytvägen mellan mykningen och Lidingövägen på 7,9 ton/år.

Beräkningarna visar att bidraget till NO_x-halterna vid Trollhättevägen är ca tre gånger högre från mykningen vid självventilering jämfört med om 4 fläktar körs kontinuerligt. Tornutsläppet bidrar med $0,028 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med självventilering och $0,078 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med 4 fläktar. I båda fallen är mykningsutsläppets bidrag till halterna större än bidraget från ventilationstornet (trots att utsläppen är högre från tornet) – $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och $0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ från mykningen vid självventilering respektive 4 fläktar.

Totala bidragen från torn och mykning till halterna i Hjorthagen är mycket små i förhållande till de totalt uppmätta halterna – den totala NO_x halten vid Trollhättevägen för samma period var $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Även för PM10 är bidragen från torn och mykning mycket små. Detta förklarar varför ingen påverkan kunde ses i mätresultaten.

Utsläppen längs anslutande ytgående väg mellan mykningen och Lidingövägen bidrar med nästan lika mycket som mykningen och tornet tillsammans till halterna vid Trollhättevägen – $1,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för NO_x. Utsläppen från tornet ger högst halter på några hundra meters avstånd i södra delen av Hjorthagen, medan utsläppen från mykningen är

som högst intill mynningen och avtar snabbt åt alla håll. Haltbidraget från mynningen sjunker med en faktor 10 inom 200 meter.

Bidraget från ytvägen till halterna i Hjorthagen sträcker sig över ett större område jämfört med mynningens och tornets bidrag. Detta gör att utsläppen längs vägen sannolikt ger det största bidraget till exponeringen för befolkningen i närområdet.

2 Inledning

Den 30:e november år 2014 öppnade Norra Länken för trafik mellan Hjorthagen och Norrtull. Huvudsyftet med trafiklösningen är att minska trafiken på Lidingövägen och Valhallavägen så att framkomligheten ökar och den lokala luft- och bullermiljön förbättras. På uppdrag av Trafikverket har SLB-analys utfört mätningar och spridningsberäkningar av partiklar och kväveoxider på två platser i anslutning till Norra länkens tunnelmynning nära Hjorthagen. Syftet var dels att visa hur trafiken på Norra länken påverkar haltnivåerna i området vid tunnelmynningen och i Hjorthagens bostadsområde men också att analysera påverkan på halterna i närområdet när tunnelemissionerna ventileras i olika grad via avluftstorn respektive via mynningen.

3 Förutsättningar

3.1 Områdesbeskrivning

Körbanorna vid mynningen är nedsänkta ca 6 meter i förhållande till omgivande marknivå för att stiga till marknivå vid mätplatsen ca 150 meter öster om mynningen. Norr om tunnelmynningen finns Hemköp med tillhörande parkeringsytor samt byggområdet för Norra Djurgårdstaden. Omedelbart söder om mynningen går järnvägen till Värtan och en större parkeringsyta. Området med bostäder vid Trollhättevägen ligger på en höjd ca 15-20 meter ovan marknivå vid Norra Länken. Närmaste avståndet från trafikleden till mätplatsen vid Trollhättevägen är ca 200 meter och till tunnelmynningen ca 250 meter. Ventilationstornet är ca 20 meter högt och beläget ca 450 meter från mätplatsen vid Trollhättevägen (Bild 1a och 1b).

Bild 1a: Mätplatsernas läge i förhållande till N Länkens ventilationstorn och mynning.

Källa: Eniro.se



Bild 1b. Ventilationstorn, mynning (gul pil) och mätpunkten på Trollhättevägen (röd pil).



3.2 Mätplatser

3.2.1 Tunnelmynning

Mätplatsens läge var vid ändan av stödmuren på södra sidan av trafikleden ca 150 meter öster om mynningen, bild 2 och 3. Provluft togs in 2-2,5 meter ovan omgivande marknivå och 2,5-3 meter ovan närmaste körfält. Avståndet till närmaste körfält var ca 1,5 meter.

Bild 2 och 3: Mätplats mynning



3.2.2 Trollhättevägen

Mätplatsens läge var på gräsytan i korsningen Trollhättevägen/Krångedevägen, bild 4 och 5. Provlufte toggs in 2,5 meter ovan omgivande marknivå. Trafikmängden på lokalgatorna vid mätplatsen är mindre än 500 fordon per årsmedeldygn.

Bild 4 och 5: Mätplats Trollhättevägen



3.3 Parametrar och instrument

Partiklar, PM₁₀ och PM_{2,5}: Instrument GRIMM model EDM 180. Godkänt som likvärdig med referensmetod. Minsta upplösning på mätdata 15-minuter.

Kväveoxider, NO_x och NO₂: Instrument Envionment model 31M. Referensmetod. Minsta upplösning på mätdata 15-minuter.

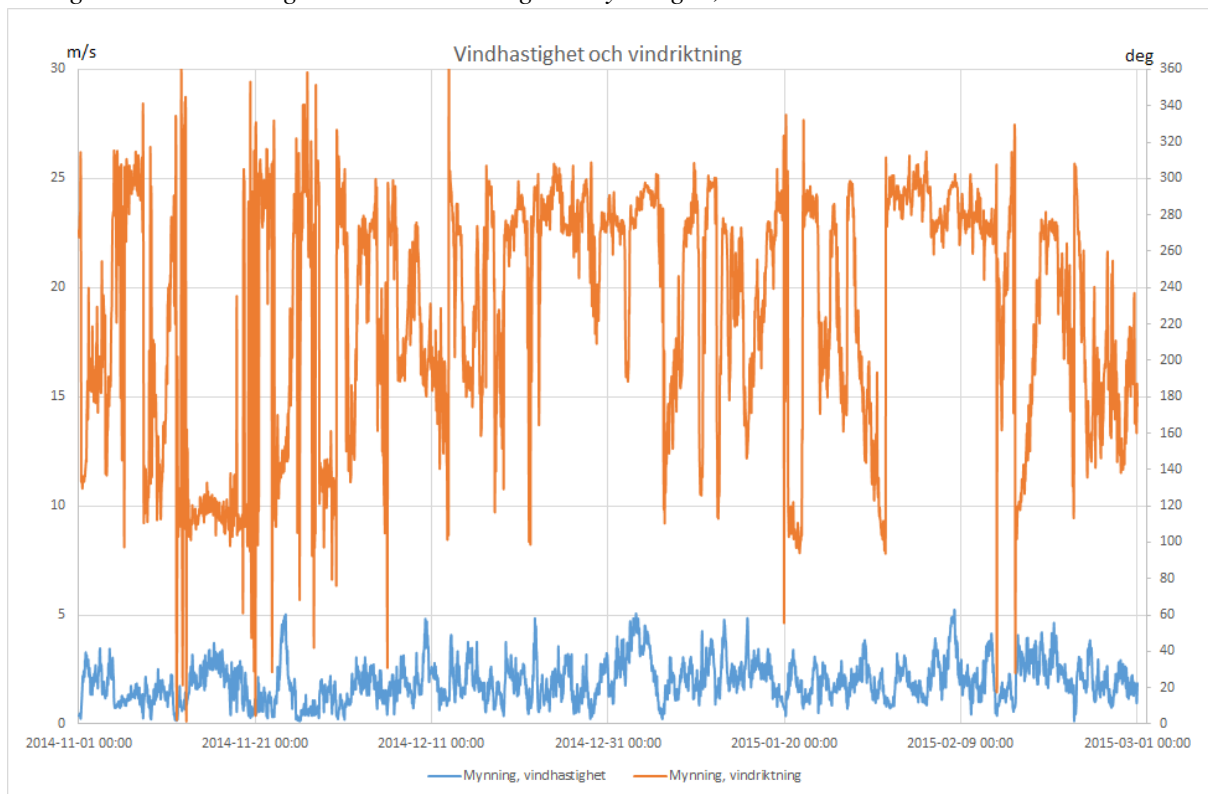
Meteorologi, vindhastighet, vindriktning och temperatur. Instrument ??. Minsta upplösning på mätdata 15-minuter.

4 Resultat från mätningarna i omgivningsluften

4.1 Meteorologi

I diagram 1 visas uppmätt vindhastighet och vindriktning som timmedelvärden vid tunnelmynningen under perioden 2014-11-01 till 2015-02-28.

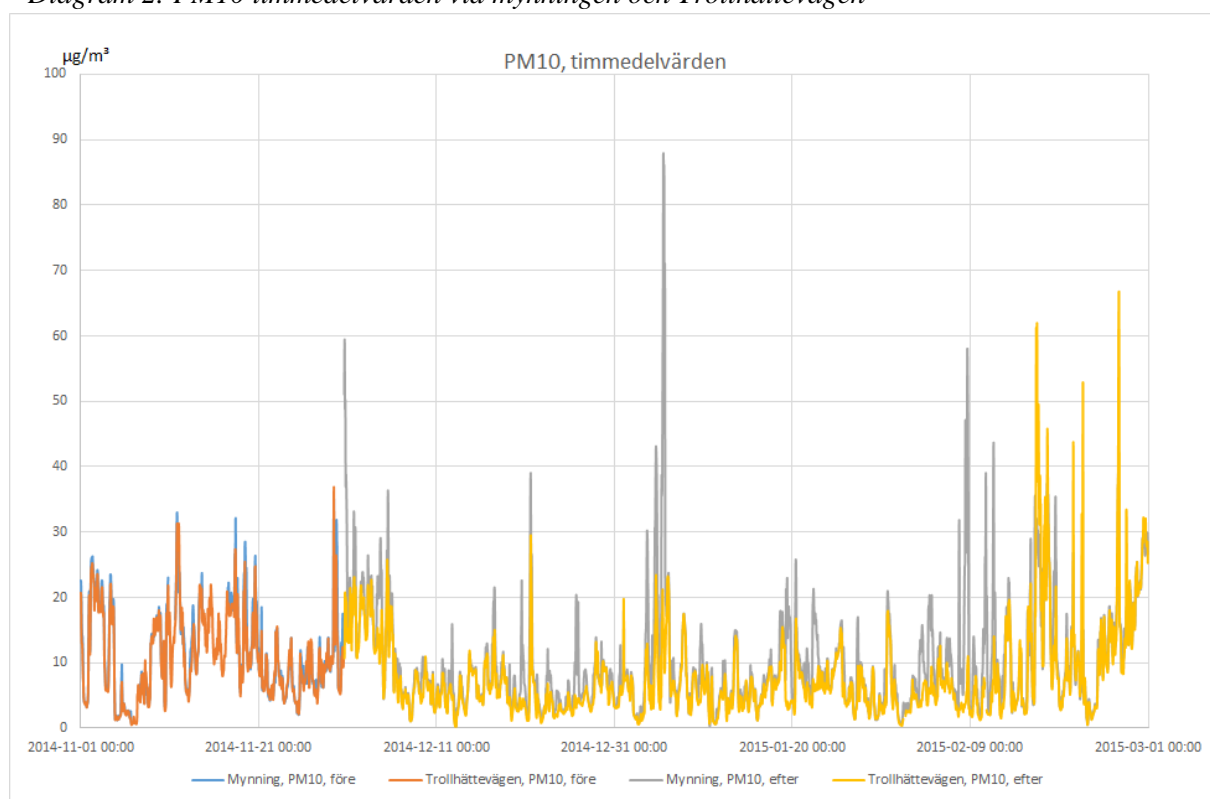
Diagram 1: Vindhastighet och vindriktning vid mynningen, timmedelvärden



4.2 Partiklar, PM10

Halterna av PM10 var generellt låga vid mynningen och Trollhättevägen under perioden både före och efter öppnandet av Norra länken, diagram 2 och tabell 1 och 2. Normvärdet för dygnsmedelvärden, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, överskreds inte vid något tillfälle under mätperioden. Vid mynningen var periodmedelvärdet på samma nivå före och efter öppnandet av Norra Länken medan extremhalterna som 99-percentil var högre efter öppnandet. Vid Trollhättevägen var periodmedelvärdet något lägre efter öppnandet av Norra Länken jämfört med perioden före medan de högsta halterna var något högre efter öppnandet, tabell 2. Periodmedelvärdena vid både mynningen och Trollhättevägen var i nivå med urbana bakgrundshalten i Stockholm uppmätt ovan taknivå på Södermalm, tabell 3. I slutet av mätperioden 16:e-26:e februari var körbanorna torra och vindriktningen tidvis från syd-sydväst. Vid dessa tillfällen var partikelhalterna kraftigt förhöjda vid Trollhättevägen.

Diagram 2: PM10 timmedelvärden vid mynningen och Trollhättevägen



Tabell 1: PM10, mynningen

Period	Före öppnandet 2014-11-01 till 2014-11-30	Efter öppnandet 2014-12-01 till 2015-02-28
Tidstäckning	86 %	100 %
Periodmedelv_h	11 µg/m ³	10 µg/m ³
99-percentil_h	29 µg/m ³	39 µg/m ³
50-percentil_h	10 µg/m ³	8 µg/m ³
Dygn över norm	0	0

Tabell 2: PM10, Trollhättevägen

Period	Före öppnandet 2014-11-01 till 2014-11-30	Efter öppnandet 2014-12-01 till 2015-02-28
Tidstäckning	100 %	100 %
Periodmedelv_h	11 µg/m ³	8 µg/m ³
99-percentil_h	27 µg/m ³	33 µg/m ³
50-percentil_h	10 µg/m ³	6 µg/m ³
Dygn över norm	0	0

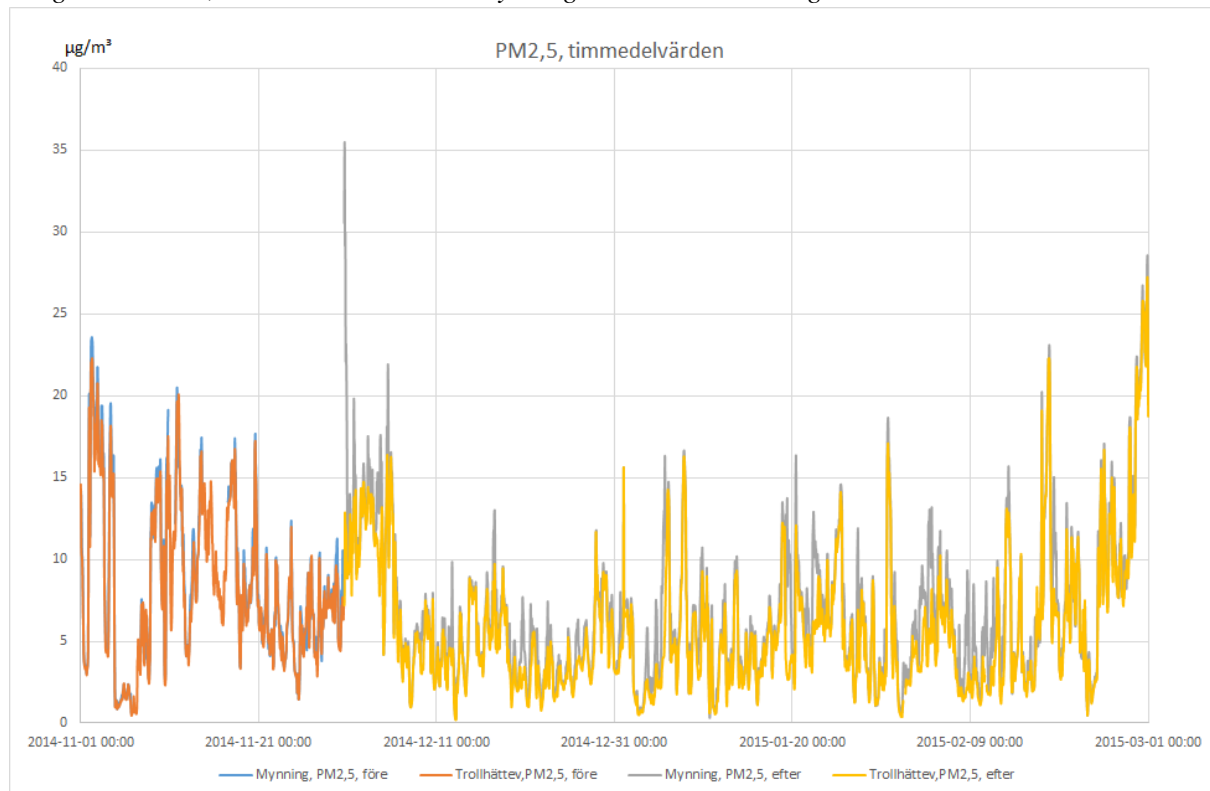
Tabell 3: PM10, Torkel Knutssonsgatan, urban bakgrundshalt

Period	Hela perioden 2014-11-01 till 2015-02-28
Periodmedelv_h	10 µg/m ³
99-percentil_h	25 µg/m ³
50-percentil_h	9 µg/m ³
Dygn över norm	0

4.3 Partiklar, PM2,5

Totalhalten av PM2,5 utgörs till största delen av intransport. Lokala utsläpp av förbrännings- och avgaspartiklar och de minsta partiklarna från väg- och fordons slitage kan periodvis utgöra en betydande del av totalhalten både i trafikmiljö och i urbana bakgrundsluften. Periodmedelvärden och percentiler för PM2,5 under mätperioden var på ungefär samma nivåer vid mynningen och Trollhättevägen både före och efter öppnandet av Norra länken, diagram 3 och tabell 4 och 5. Jämförelse med urban bakgrundshalt kan inte göras p.g.a. dålig tidstäckning vid Torkel Knutssongatan, taknivå.

Diagram 3. PM2,5 timmedelvärden vid mynningen och Trollhättevägen



Tabell 4: PM2,5 mynningen

Period	Före öppnandet 2014-11-01 till 2014-11-30	Efter öppnandet 2014-12-01 till 2015-02-28
Tidstäckning	86 %	100 %
Periodmedelv_h	9 µg/m ³	7 µg/m ³
99-percentil_h	22 µg/m ³	22 µg/m ³
50-percentil_h	7 µg/m ³	6 µg/m ³
Dygn över norm	0	0

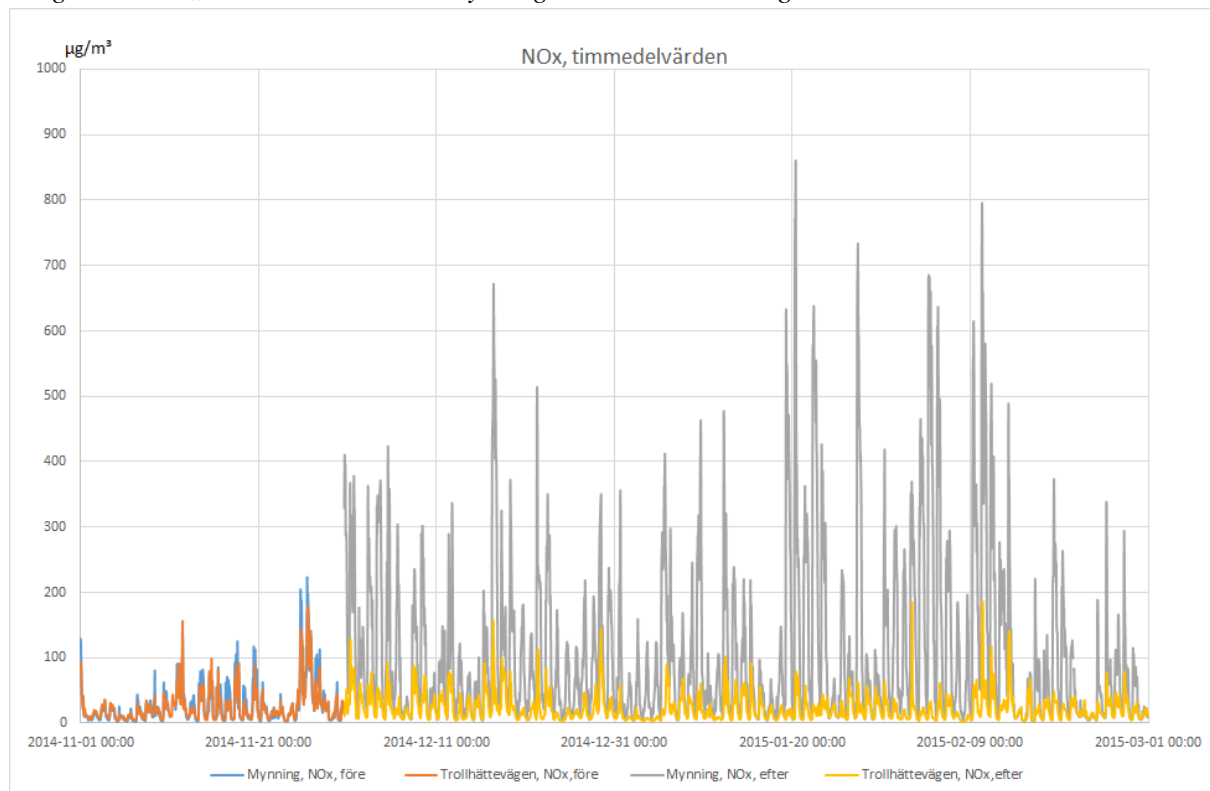
Tabell 5: PM2,5 Trollhättevägen

Period	Före öppnandet 2014-11-01 till 2014-11-30	Efter öppnandet 2014-12-01 till 2015-02-28
Tidstäckning	100 %	100 %
Periodmedelv_h	8 µg/m ³	6 µg/m ³
99-percentil_h	20 µg/m ³	22 µg/m ³
50-percentil_h	7 µg/m ³	5 µg/m ³
Dygn över norm	0	0

4.4 Kväveoxider, NO_x

Före öppnandet av Norra Länken var NO_x-halterna vid mynningen och Trollhättevägen i nivå med urbana bakgrundshalten, diagram 4 och tabell 6-8. Efter öppnandet ökade halterna kraftigt vid mynningen medan periodmedelvärde och percentiler vid Trollhättevägen var i stort sett oförändrade jämfört med före öppnandet.

Diagram 4. NO_x timmedelvärden vid mynningen och Trollhättevägen



Tabell 6: NO_x, mynningen

Period	Före öppnandet 2014-11-01 till 2014-11-30	Efter öppnandet 2014-12-01 till 2015-02-28
Tidstäckning	97 %	100 %
Periodmedelv_h	28 µg/m ³	110 µg/m ³
99-percentil_h	164 µg/m ³	607 µg/m ³
50-percentil_h	18 µg/m ³	57 µg/m ³

Tabell 7: NO_x, Trollhättevägen

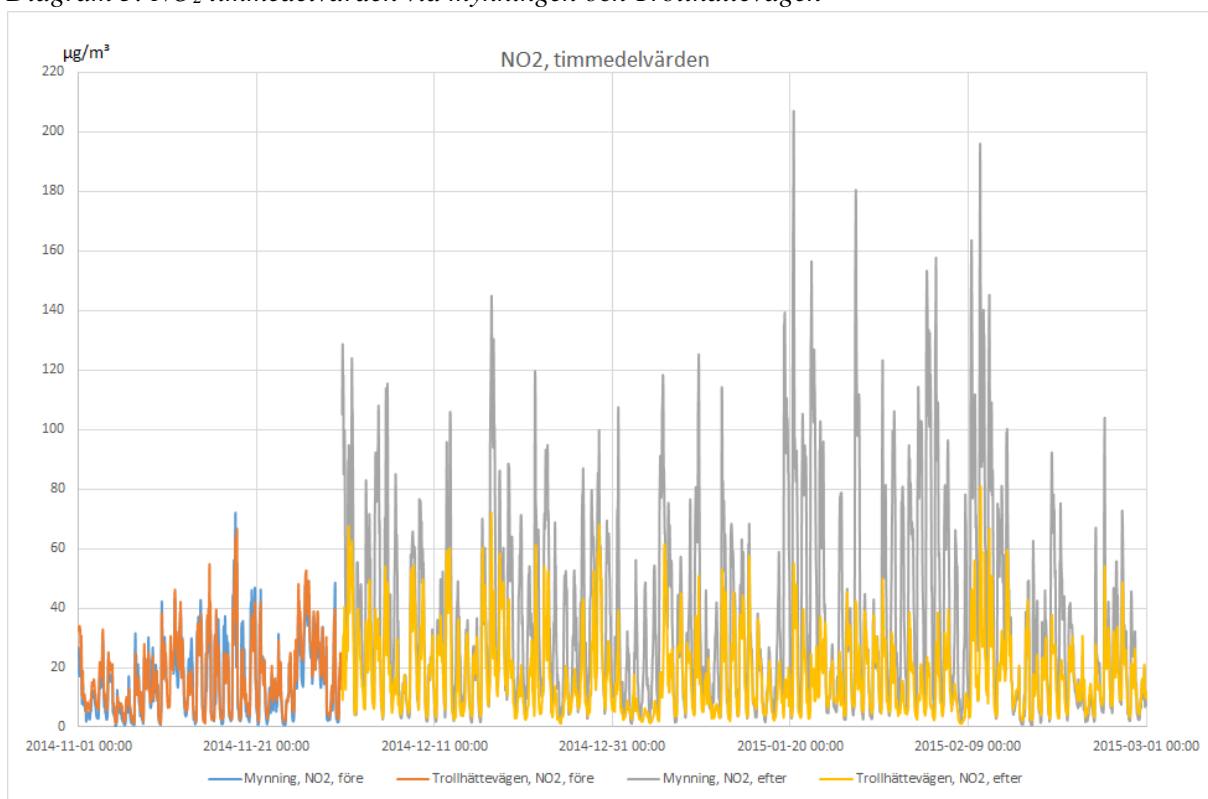
Period	Före öppnandet 2014-11-01 till 2014-11-30	Efter öppnandet 2014-12-01 till 2015-02-28
Tidstäckning	100 %	99 %
Periodmedelv_h	26 µg/m ³	24 µg/m ³
99-percentil_h	141 µg/m ³	98 µg/m ³
50-percentil_h	17 µg/m ³	16 µg/m ³

Tabell 8: NO_x, Torkel Knutssonsgatan, urban bakgrundshalt

Period	Hela perioden 2014-11-01 till 2015-02-28
Periodmedelv_h	18 µg/m ³
99-percentil_h	109 µg/m ³
50-percentil_h	12 µg/m ³

4.5 Kvävedioxid NO₂

Före öppnandet av Norra Länken var NO₂-halterna vid mynningen och Trollhättevägen i nivå med urbana bakgrundshalten, diagram 5 och tabell 9-11. Efter öppnandet ökade halterna kraftigt vid mynningen och normvärdet för dygn, 60 µg/m³, överskreds 12 dygn under perioden. Max 7 dygn med överskridande av dygnsnormen tillåts under ett kalenderår. Periodmedelvärde och percentiler vid Trollhättevägen var i stort sett oförändrade före och efter öppnandet av Norra Länken.

Diagram 5: NO₂ timmedelvärden vid mynningen och TrollhättevägenTabell 9: NO₂, mynningen

Period	Före öppnandet 2014-11-01 till 2014-11-30	Efter öppnandet 2014-12-01 till 2015-02-28
Tidstäckning	97 %	100 %
Periodmedelv_h	16 µg/m ³	36 µg/m ³
99-percentil_h	47 µg/m ³	136 µg/m ³
50-percentil_h	13 µg/m ³	26 µg/m ³
Dygn över norm	0	12

Tabell 10: NO₂, Trollhättevägen

Period	Före öppnandet 2014-11-01 till 2014-11-30	Efter öppnandet 2014-12-01 till 2015-02-28
Tidstäckning	100 %	99 %
Periodmedelv_h	17 µg/m ³	17 µg/m ³
99-percentil_h	52 µg/m ³	59 µg/m ³
50-percentil_h	14 µg/m ³	14 µg/m ³
Dygn över norm	0	0

Tabell 11: NO₂, Torkel Knutssonsgatan, urban bakgrundshalt

Period	Hela perioden 2014-11-01 till 2015-02-28
Periodmedelv_h	14 µg/m ³
99-percentil_h	54 µg/m ³
50-percentil_h	10 µg/m ³
Dygn över norm	0

4.6 Slutsats

Halter av luftföroreningar är högst närmast utsläppskällan och avtar med avståndet i och med utspädning. Tidigare mätningar invid hårt trafikbelastade vägvagnsnitt har visat en halvering av haltbidraget från trafiken ca 50 meter från trafikleden [1]. Utspädning sker även vertikalt. Mätningar på olika nivåer vid en fasad längs Sveavägen visade en halvering av haltbidraget ca 20 meter ovan gatunivå [2].

4.6.1 Partiklar

Av trafikens totala utsläpp av partiklar utgör uppvirvlade slitagepartiklar det största haltbidraget. Under perioder med torra körbanor kan haltbidraget från trafiken utgöra 80-90 % av totalhalten. Slitagepartiklar kommer främst från dubbdäckens slitage på vägbanan men också från bromsar och uppvirvlat damm från depåer längs vägarna. Depåerna av damm ackumuleras under perioder med blöta och fuktiga körbanor för att virvla upp när körbanorna blir torra.

Partikelhalterna var låga under hela mätperioden både vid mynningen och vid Trollhättevägen och i nivå med urbana bakgrundshalten. Orsaken var att perioden var nederbördsrik med få tillfällen med torra vägbanor vilket gjorde att haltbidrag av slitage- och dammpartiklar till stora delar uteblev. Mätningarna visar dock att när körbanorna var torra och vindriktningen var från syd-sydväst d.v.s. när vinden låg på från trafikleden, blev PM10-halten vid Trollhättevägen kraftigt förhöjda jämfört med perioder med blöta körbanor.

4.6.2 Kväveoxider

Trafikens utsläpp av NO_x består i huvudsak av NO och NO₂. Invid hårt trafikbelastade gator och vägar kan trafikens haltbidrag av NO_x periodvis utgöra 70-80 % av totalhalten.

Haltbidraget från trafiken på Norra länken gav kraftigt förhöjda haltnivåer vid tunnelmynningen jämfört med före öppnandet och dygnsnormen för NO₂ överskreds med stor marginal redan efter tre månader. Beroende på avståndet till trafikleden och nivåskillnaden mellan utsläppskälla och mätplats var haltnivåerna av både NO_x och NO₂ i stort sett oförändrade vid Trollhättevägen efter öppnandet och i nivå med urbana bakgrundshalten.

4.7 Tornventilation

Vid mynningen finns ett ventilationstorn för avluftning av östgående tunnelrör. Tornventilationen styrs med 1-3 fläktar där tre fläktar i drift innebär maximal kapacitet då all tunnelluft leds ut via tornet. För att avgöra tornventilationens effekt på luftföroreningshalterna utanför mynningen kördes tornfläktarna i en förutbestämd körcykel. Samtidigt registrerades luftföroreningshalter med kvartsupplösning vid mätplatsen ca 150 meter öster om mynningen, bild 1. Under perioden 2015-02-17 till 2015-02-20, mellan kl 06:00-09:00 och kl 15:00-18:00 kördes tornventilation med två fläktar utan vidriktningsberoende. Perioden 2015-02-23 till 2015-02-27 mellan kl 06:00-09:00 och kl 15:00-18:00 kördes tornventilation med tre fläktar utan vidriktningsberoende. Vindriktningen har avgörande betydelse för vilken luft som mäts vid mätplatsen. Mynningsplymen har största påverkan på halterna vid mätplatsen vid vindriktning från västnordvästlig sektor, se bild 6.

Bild 6: Vindriktning med maximal plympåverkan vid mätplatsen



Haltvariationen av NO_x utanför tunnelmynningen under perioden 2015-02-17 till 2015-02-20 visas i diagram 6. Röda pilar avser tidpunkter med två fläktar i drift och grön pil avser en fläkt. Den 18:e och 19:e mars var vindriktningen västnordvästlig och NO_x-halterna var förhöjda vid mätplatsen. Haltnivåerna minskade tillfälligt kl 07:00 den 18:e och kl 06:30 den 19:e för att åter öka utan att fläktkapaciteten förändrats. På eftermiddagen den 18:e minskade halterna kl 15:45 d.v.s. 45 minuter efter att två fläktar startat. Den 19:e minskade halterna från kl 15:00 vilket kan indikera en torneffekt. En alternativ förklaring till nivåminskningen på eftermiddagarna den 18:e och 19:e kan vara lägre trafikintensitet efter rusningstid. Mätresultaten under v8 ger därmed inget underlag att dra några säkra slutsatser om avluftstornet ev. påverkan på haltnivåerna utanför tunnelmynningen.

Diagram 6: NO_x kvartsmedelvärden vid mynningen v8. Antal fläktar i drift med pilar

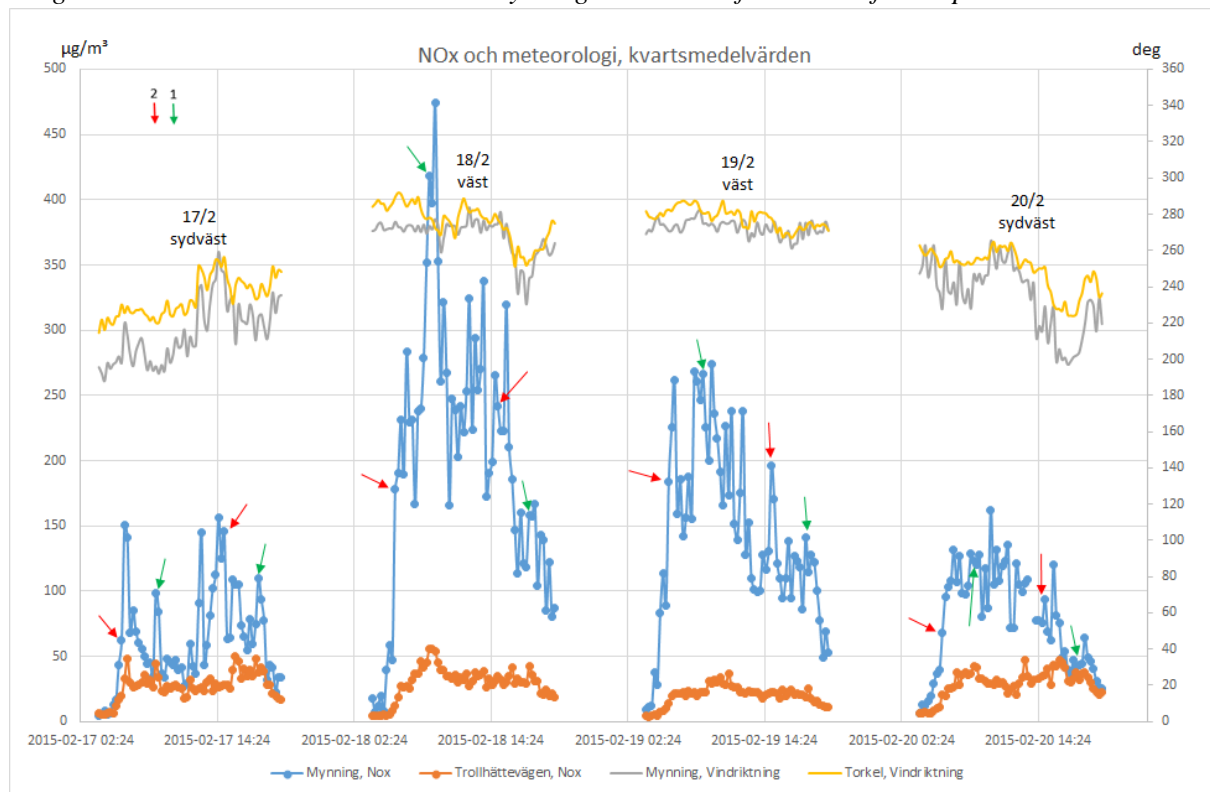
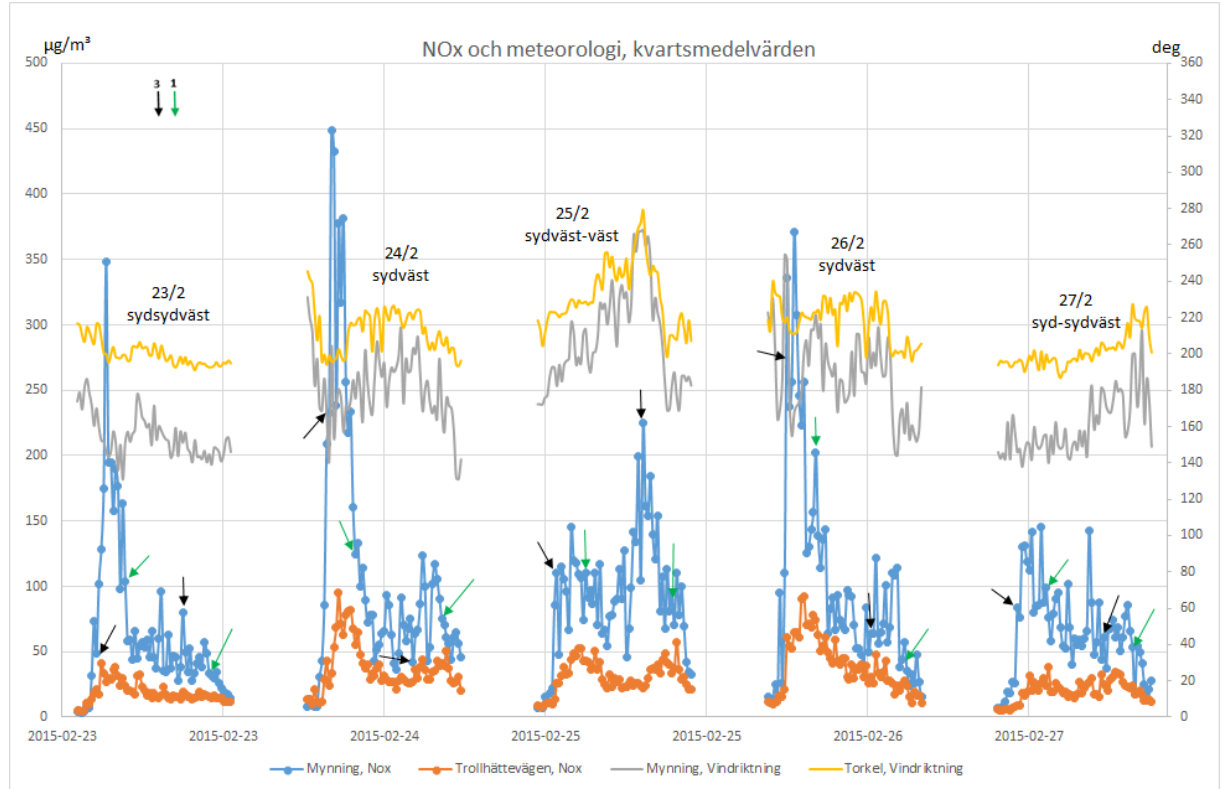


Diagram 7 visar haltvariationen av NO_x under perioden 2015-02-23 till 2015-02-27. Vindriktningen var sydvästlig hela veckan och plymen från mynningen träffade knappast mätplatsen vid något tillfälle. Effekten av tornventilationens påverkan på haltnivåerna utanför mynningen kan därmed inte utvärderas

Diagram 7: NOx kvartsmedelvärden vid mynningen. Pilar anger antal fläktar i drift



4.7.1 Slutsats tornventilation

Utifrån mätdata under v8 och v9 går det inte att påvisa någon effekt av tornventilationens påverkan på halt nivåerna vid mätplatsen utanför mynningen. En möjlig orsak var att trafikemissionerna i tunnelröret var låga under hela mätperioden jämfört med bidraget från utsläppet på grund av yttrafiken d.v.s. yttrafiken från mynningen fram till och förbi mätplatsen hade stor påverkan på halt nivåerna vid mätplatsen vid mynningen i relation till mynningsutsläppet. Under v 9 kördes tornfläktarna med högsta effekt men vindriktningen var maximalt ogynnsam under hela perioden med vindar från sydväst som innebär att mynningsplymen missade mätplatsen. Noggrannare analys av tornventilationens inverkan görs nedan.

5 Beräkningar av bidragen till halterna

Spridningsberäkningar har genomförts i syfte att särskilja bidragen till halterna från trafikens utsläpp via tunnelmynningen, ventilationstornet och utsläppen längs vägen mellan mynningen och Lidingövägen. Alla tre utsläppen påverkar halterna i Hjorthagen beroende på vindriktningen.

Beräkningarna har genomförts med en Gaussisk spridningsmodell (ingår i Airvirosystemet; www.smhi.se/airviro). Meteorologiska indata kommer från mätningar som processats i en vindmodell för att ta hänsyn till variationer i topografi och markanvändning som påverkar vindhastigheter, vindriktning och turbulent omblandning. Beräkningarna har genomförts för perioden 1 december 2014 till och med 28 februari 2015.

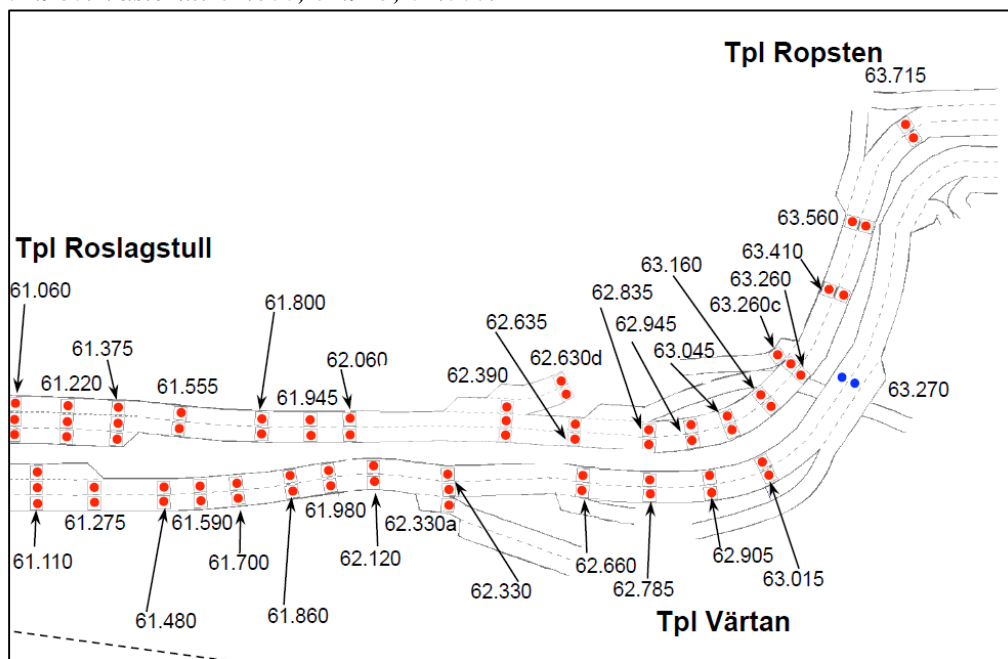
Nedan beskrivs hur utsläppen från vägen mellan mynningen och Lidingövägen, ventilationstornet och tunnelmynningen har beräknats.

5.1 Utsläpp av NO_x och PM₁₀ från vägtrafiken

5.1.1 Väg mellan tunneln och Lidingövägen

Utsläppen av NO_x från vägtrafiken i ytläge från Norra länkens tunnelmynning till Lidingövägen har beräknats med emissionsfaktorer från HBEFA 3.2 och trafikflöden enligt trafikräknare (MCS portaler) i anslutning till tunnelmynningen.

Bild 7. Mätpunkter för trafikflöden. För trafik österut: 61.480, 61.590, 61.700, 61.860, 61.980. Västerut: 61.800, 61.945, 62.060.



Variationerna i trafikflödena var mycket regelbundna med de högsta flödena under vardagar och lägre på helgerna. Diagram 8 visar flödena i båda riktningarna under perioden 9 januari – 28 februari, 2015. I genomsnitt för perioden 1 dec 2014 -28 februari 2015 var flödet 26 311 fordon per dygn (sammanlagt för båda riktningarna).

De genomsnittliga dygnsvariationerna i trafikflödena för vardagar och helger framgår av diagram 9. Under vardagar uppmäts de högsta flödena i samband med morgon och eftermiddagsrusningar, medan heltrafiken saknar dessa trafikflödestoppar helt.

Den genomsnittliga emissionsfaktorn för NO_x för all trafik längs denna sträcka uppskattades till 580 mg/fordonskilometer.

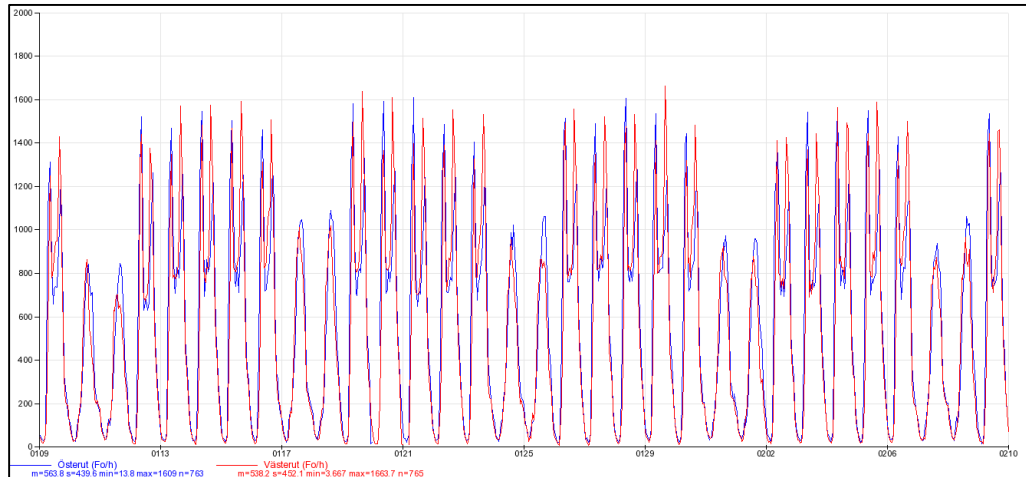


Diagram 8. Trafikflöden österut (blå) och västerut (röd) 9 jan – 10 feb., 2015. Enhet fordon per timme.

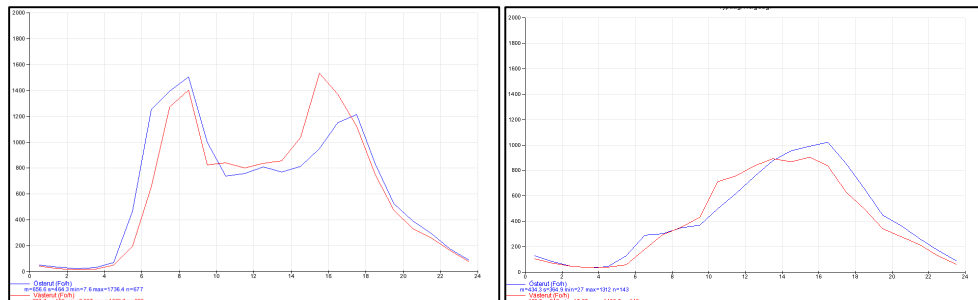


Diagram 9. Genomsnittliga dygnsvariationer i trafikflödena österut och västerut för vardagar (vänstra) och helger (högra). Data avser perioden 9 januari – 28 februari 2015.

5.1.2 Utsläpp från ventilationstorn och tunnelmyning

Massflödet av NO_x och PM₁₀ ut från ventilationstornet och mynningen kan beräknas med kännedom om koncentrationen inne i tunneln och luftvolymflödena (Bild 8). Tack vare kontinuerliga mätningar av lufthastigheter och koncentration av NO_x i huvudtunneln före tornavsugget kan utsläppen i torn och mynning beräknas timme för timme med ganska stor noggrannhet.

Utsläppet i mynningen erhålls som skillnaden mellan flödet i huvudtunneln före mynningen och det som sugas av till tornet plus tillskottet från utsläppet mellan tornavsugget och mynningen. För att uppskatta tillskottet mellan torn och mynning används uppgifter om trafikmängden, som mäts kontinuerligt och emissionen per fordonskilometer, samt längden på sträckan mellan torn och mynning.

Bild 8. Illustration av utsläppen från ventilationstorn och mynning.

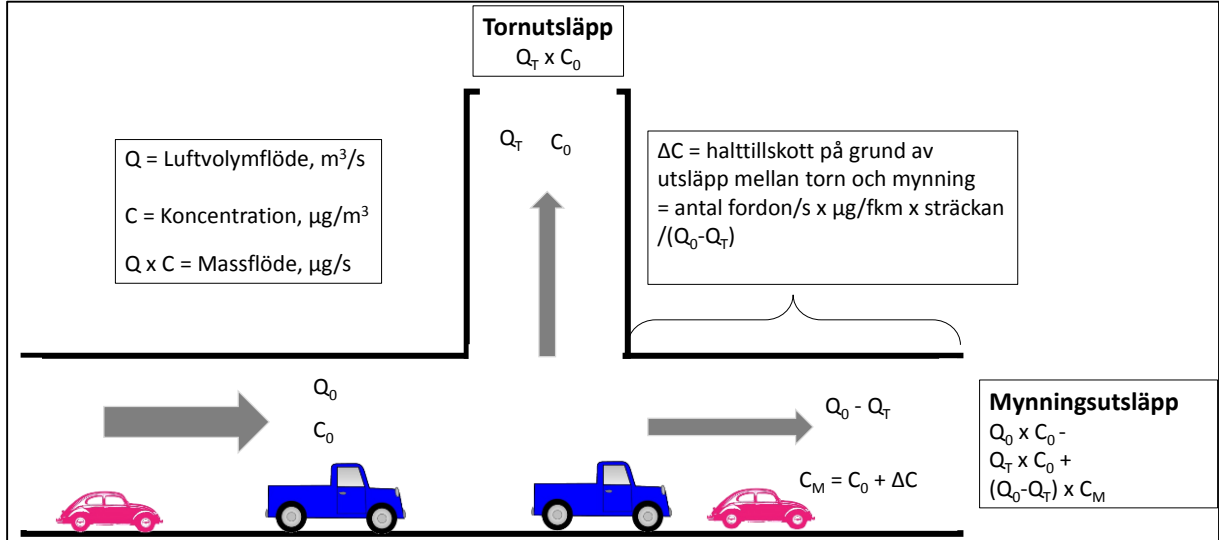


Diagram 10 visar luftvolymflöden i huvudtunneln före tornavsugget och flöden i tornet vid olika antal fläktar i drift. Om alla 4 fläktarna körs sugas 335 m³/s av i tornet, vilket gör att mynningsutsläpp sker endast under högtrafiktid, vilket för den aktuella perioden (9 jan-28 februari) innebär ca 20% av tiden. Med två fläktar sker mynningsutsläpp under drygt 50% av tiden. Med högre trafikflöden kommer troligen andelen som släpps ut via mynningen att öka.

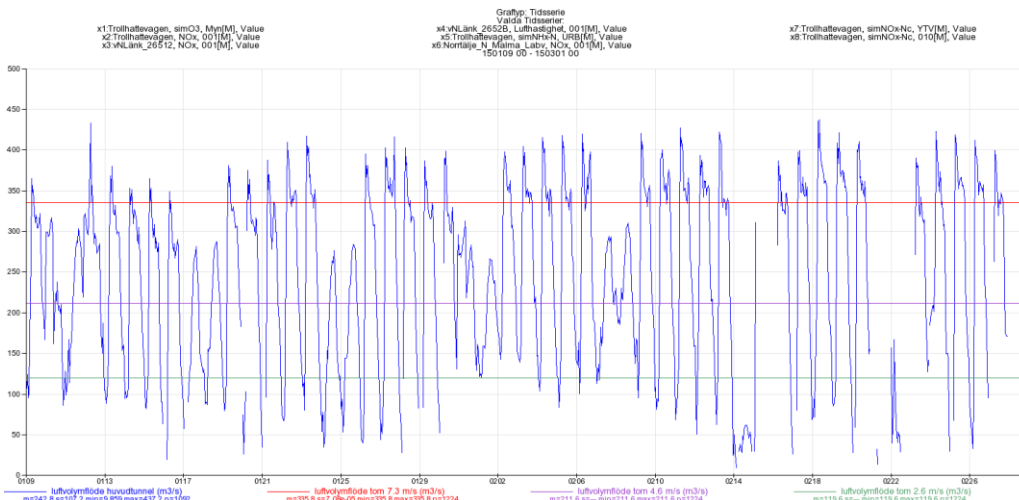


Diagram 9. Luftvolymflöden i huvudtunneln (uppmätt) före avsug till tornet (blå) samt beräknade volymflöden i tornet beroende på antal fläktar som körs; röd = 4 fläktar, lila = 2 fläktar och grön = inga fläktar (självventilering).

PM10 mäts inte inne i tunneln. Halterna och emissionerna av PM10 beror främst på mängden slitagepartiklar som bildas på grund av användningen av dubbdäck. Men en viktig faktor är också vägbanans fuktighet som varierar både inne i tunneln och utanför beroende på nederbörden och luftfuktigheten. Även mängden trafik och hastigheten på fordonen kan påverka hur snabbt vägbanan torkar upp. För att skatta PM10 emissionerna och haltbidragen från torn, mynning och ytvägar används kvoten mellan PM10 och NOx vid mätningen utanför mynningen. Den genomsnittliga kvoten mellan PM10 och NOx för perioden 9 jan – 28 feb 2015 var 0,34.

5.2 Utsläppet i tornet

Halten inne i tunneln som sugts av till tornet är uppmätt (diagram 10). För samma halt inne i tunneln ger högre ventilationshastighet också högre utsläpp i tornet.

Beräknade utsläppet i tornet vid olika lufthastigheter (olika antal fläktar) i tornet framgår av diagram 11. Utsläppet är beräknat som en funktion av den uppmätta halten av NOx i tunneln, varierar ganska regelbundet under vardagar och helger i enlighet med trafikflödets variation, dock utan någon eftermiddagstopp, endast en förhöjd koncentration på morgonen. Avsaknaden av eftermiddagstopp i NOx halten är oklar, men kan bero på att utsläppen sjunker på grund av lägre hastigheter och/eller att utsläppen domineras av lastbilar som har en mer jämn fördelning under dygnet. NOx-halten ligger på mellan 1200 och 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ under dagtid. Luftvolymflöden, lufthastigheter och genomsnittligt utsläpp i tornet vid olika luftflöden framgår av tabell 12. Vid självventilering är utsläppet drygt en tredjedel av utsläppet om alla fläktar körs.

Tabell 12. Luftvolymflöden i tornet vid olika antal fläktar igång. Utsläpp av NOx är beräknade för fallet att halten skulle vara densamma. Utloppsarean är 46 m^2 . Utsläppen av PM10 fås genom att multiplicera NOx utsläppen med 0,34.

Antal fläktar	Luftvolymflöde m^3/s	Lufthastighet m/s	Utsläpp av NOx vid en konstant lufthastighet i tornet ton/år
0	120 (självventilation)	2,6	3,0
1	160	3,5	4,0
2	210	4,6	5,3
3	295	6,4	7,3
4	335	7,3	8,4

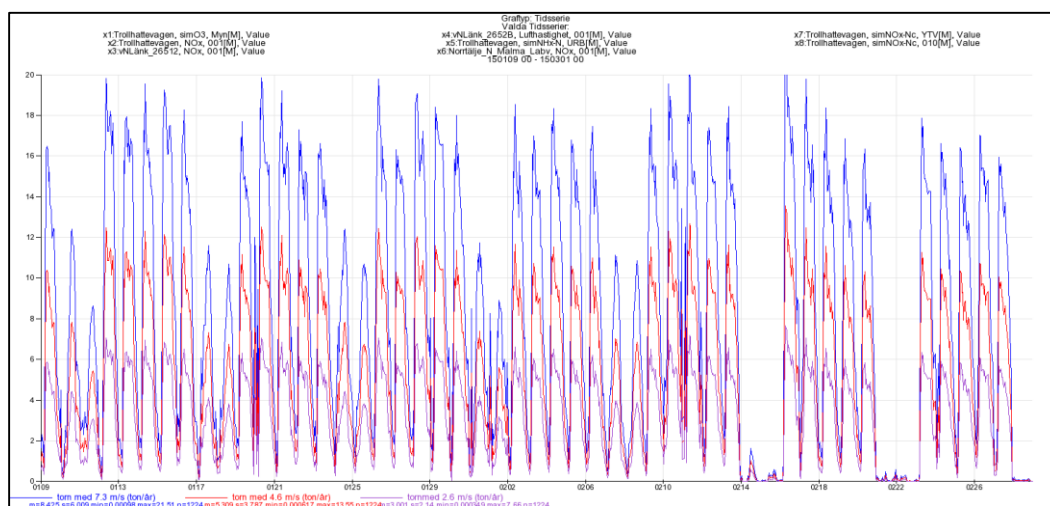


Diagram 11. Utsläpp av kväveoxider från ventilationstornet under perioden 9 jan – 28 februari 2015.

5.3 Utsläpp i mynningen

Utsläppet i tunnelmynningen beräknas som skillnaden mellan massflödet i huvudtunneln och i tornet, plus utsläppet från trafiken mellan tornavsugget och mynningen, diagram 12. Utsläppet från trafiken mellan tornet och mynningen beräknas med kännedom om trafikflödet, emissionsfaktorn och längden på sträckan mellan tornavsugget och mynning

(antog 200 m). Vi använde samma emissionsfaktor som för ytraffiken mellan mynningen och Lidingövägen. I rusningstrafik går ca 1300 fordon/h österut vilket ger ca 1,3 ton/år. Diagram 11 visar tidsvariationen i mynningsutsläppet beroende på antal fläktar.

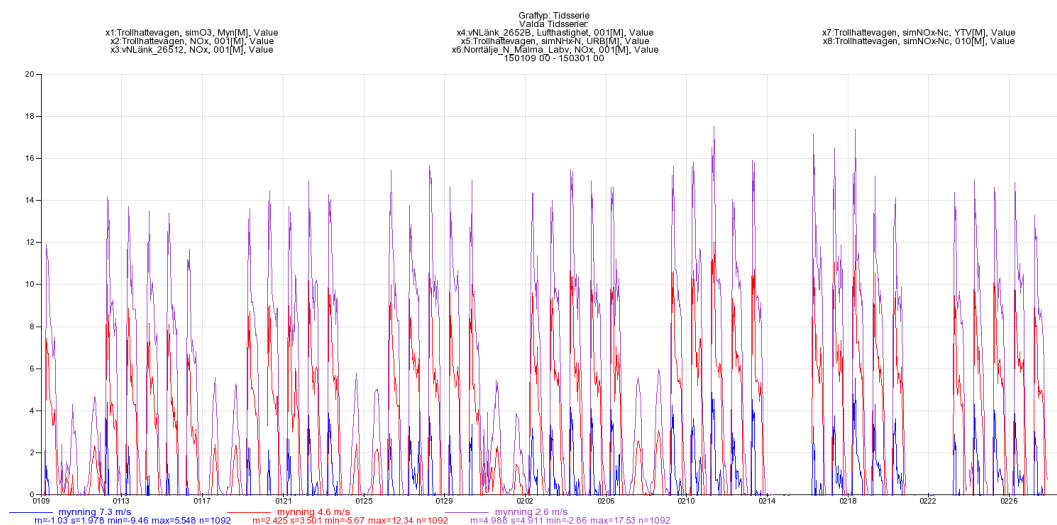


Diagram 12. Utsläpp via mynningen vid olika stort avsgug till tornet.

I tabell 13 redovisas de genomsnittliga utsläppen från torn, mynning och ytväg. Ju mer som släpps ut via tornet desto mindre går via mynningen. Med två fläktar är utsläppet via mynningen nästan lika stort som via tornet och om ingen fläkt körs är utsläppet dubbelt så stort via mynningen som via tornet. Att summan av torn och mynningsutsläppen inte är exakt samma för olika antal fläktar beror på att tidstäckningen på data (NOx halt i tunneln) blir lite olika i de olika fallen.

Utsläppet längs vägen mellan tunneln och Lidingövägen är nästan lika stort som via tornet och mynningen tillsammans.

Tabell 13. Jämförelse av utsläppen från torn, mynning och ytväg (tunnel-Lidingövägen) då utsläppen är som högst. 1 dec2014 -28 februari 2015. Enhet: ton/år. Utsläppen av PM10 fås genom att multiplicera NOx utsläppen med 0,34.

Fläktar (luftflöde)	Tornutsläpp	Mynning	Ytväg
0 (2,6 m/s)	3,0	6,3	7,9
1 (3,5 m/s)	4,0	5,3	7,9
2 (4,6 m/s)	5,3	4,0	7,9
3 (6,4 m/s)	7,3	2,5	7,9
4 (7,3 m/s)	8,4	1,8	7,9

5.4 Bidrag till halterna från utsläppen via tornet och mynningen

Förutom utsläppets storlek så påverkas halterna i omgivningen av tornets höjd i förhållande till omgivningen, luftflödes hastigheten i utsläppet och temperaturskillnaden mellan luften som släpps ut och omgivande luft. De båda senare påverkar plymlyftet. Låg luftflödes hastighet och liten temperaturskillnad ger lägre plymlyft, vilket ökar bidraget till halterna i omgivningen (i förhållande till högre plymlyft).

Ventilationstornets höjd är 20 meter och det står på en plushöjd på 12,6 meter. Höjdskillnaden mellan tornmynningen och Trollhättevägen är $32,6 - 20,9 = 11,7$ meter.

Temperaturen i utgående ventilationsluft har **antagits vara 1 grad högre än omgivande luft.**

Diagram 13 och 14 visar de genomsnittliga haltbidragen till NO_x respektive PM₁₀ för perioden 9 jan -28 mar 2015 med självdrag respektive 4 fläktar i drift under hela perioden (dag som natt). Relationen i bidrag för NO_x och PM₁₀ är densamma eftersom PM₁₀ har beräknats från NO_x med hjälp av den uppmätta kvoten mellan PM₁₀ och NO_x utanför mynningen.

Beräkningarna visar att bidraget är ca tre gånger högre från mynningen vid självventilering jämfört med 4 fläktar, men bidraget är endast 1,8 µg/m³ eller ca 10% av totala halten. Tornutsläppet bidrar med 0,028 µg/m³ med självventilering och 0,078 µg/m³ med 4 fläktar. I båda fallen är mynningsutsläppets bidrag större än bidraget från ventilationstornet. Om en annan tidsperiod skulle väljas skulle haltbidragen skilja, men förhållandet mellan torn och mynningsbidrag skulle sannolikt vara ungefär detsamma.

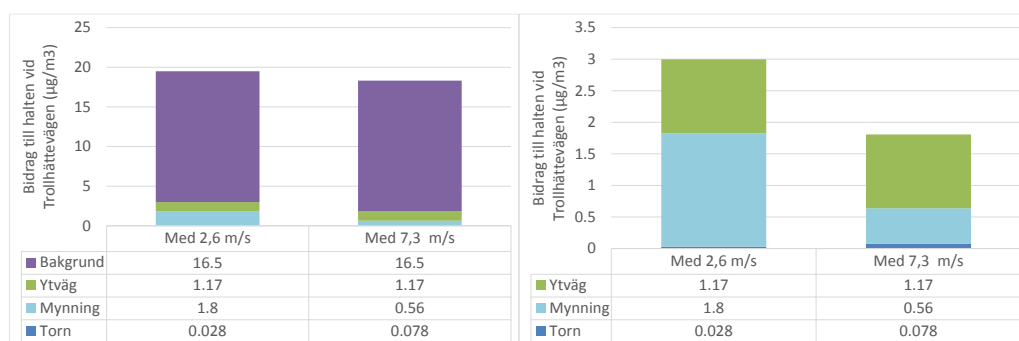


Diagram 13. Genomsnittligt bidrag till halterna av NO_x från utsläppen längs ytvägen, vid mynningen, tornet och övriga källor (bakgrund). Vänstra inklusive bakgrund; högra exklusive bakgrund. Avser perioden 9 jan – 28 feb., 2015, för fallet med 2,6 m/s (självventilering) och 7,3 m/s (4 fläktar) i tornet under hela perioden.

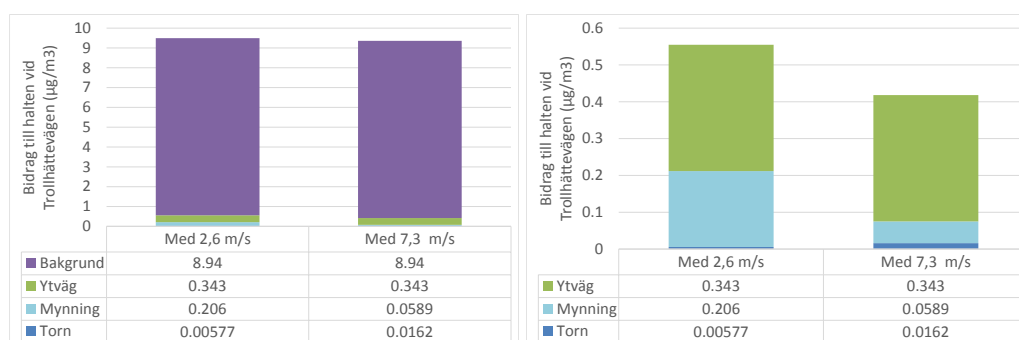


Diagram 14. Genomsnittligt bidrag till halterna av PM₁₀ från utsläppen längs ytvägen, vid mynningen, tornet och övriga källor (bakgrund). Vänstra inklusive bakgrund; högra exklusive bakgrund. Avser perioden 9 jan – 28 feb., 2015, för fallet med 2,6 m/s (självventilering) och 7,3 m/s (4 fläktar) i tornet under hela perioden.

Den geografiska utbredningen av haltbidragen (i marknivå) från tornet, mynningen och ytvägen framgår av bild 9, 10 och 11. Fördelningen blir densamma för PM10 och NOx. Utsläppen från tornet ger högst halter på några hundra meters avstånd i södra delen av Hjorthagen, medan utsläppen från mynningen är som högst intill mynningen och avtar snabbt åt alla håll. Haltbidraget från mynningen sjunker med en faktor 10 inom 200 meter. Bidraget från ytvägen till halterna i Hjorthagen sträcker sig över ett större område jämfört med mynningens och tornets bidrag. Detta gör att utsläppen längs vägen sannolikt ger det största bidraget till exponeringen för befolkningen i närområdet.

De geografiska utbredningen varierar givetvis beroende på rådande vindar under den period som studeras.

Bild 9. Genomsnittliga bidrag till NOx halterna under perioden 9 jan – 28 feb 2015 från tornet med självdrag (2,6 m/s). Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

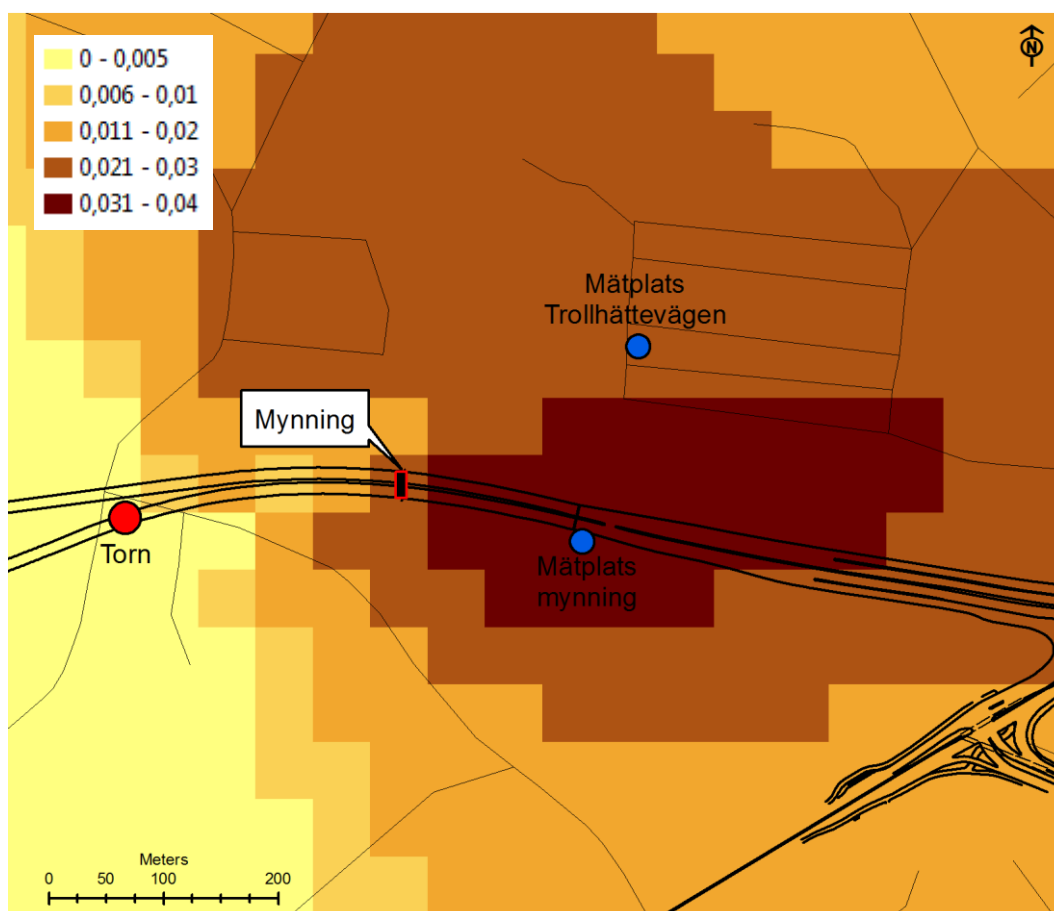


Bild 10. Genomsnittliga bidrag till NOx halterna under perioden 9 jan – 28 feb 2015 från mynningen då utsläppet i tornet sker med självdrag (2,6 m/s). Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

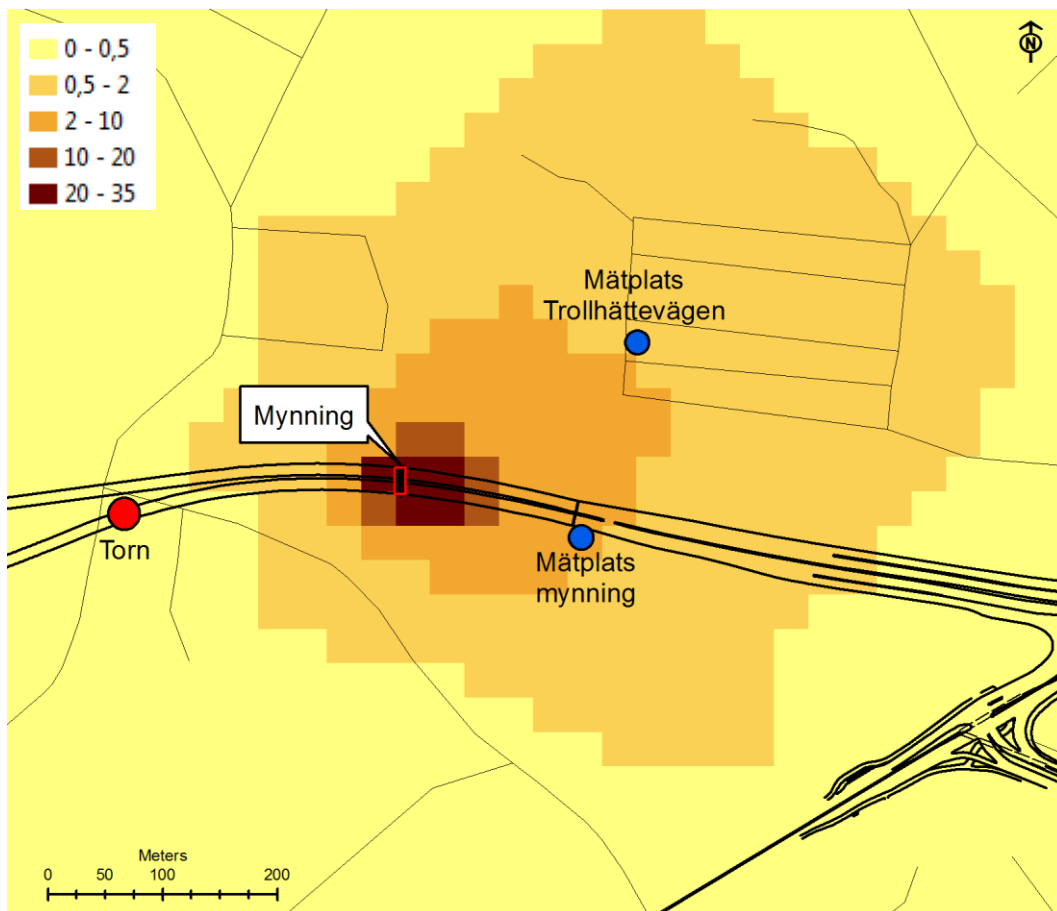
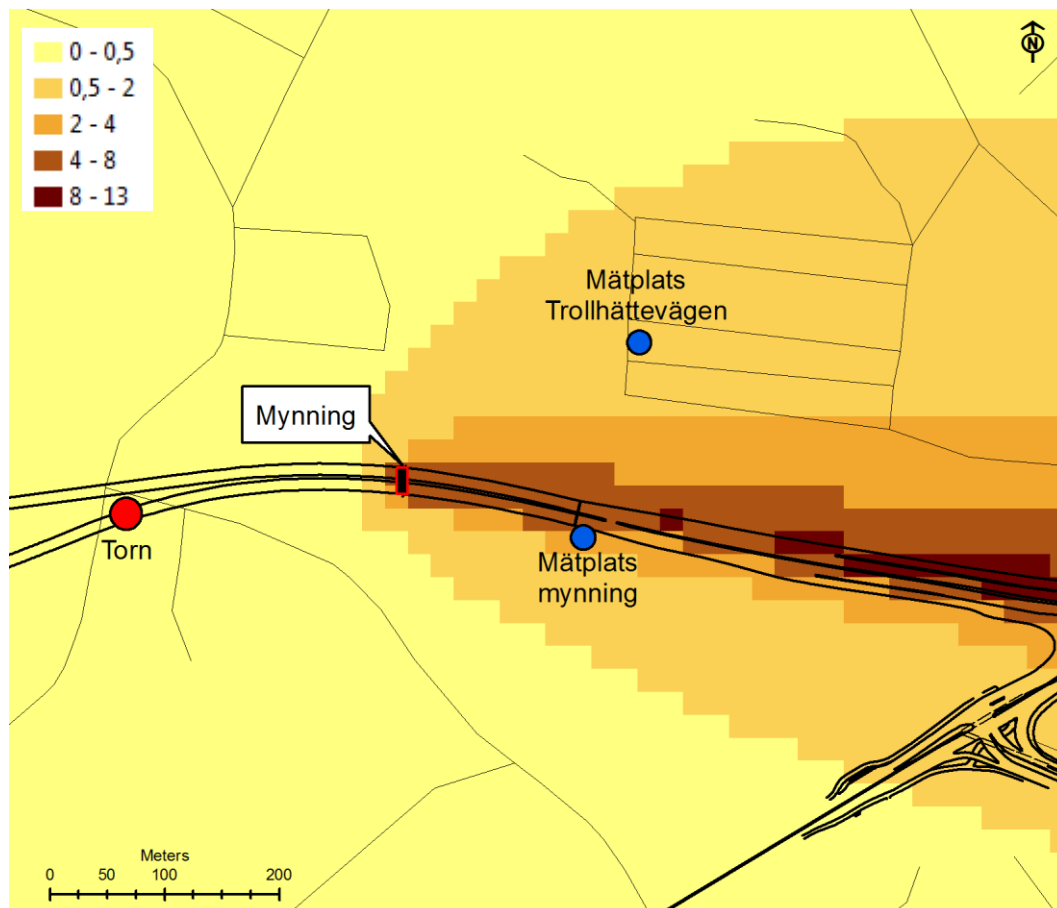


Bild 11. Genomsnittliga bidrag till NO_x halterna under perioden 9 jan – 28 feb 2015 från anslutande väg mellan mynningen och Lidingövägen. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



6 Referenser

1. LVF 2010:22. Haltgradienter. Jämförelser mellan mätta och modellberäknade haltgradienter av kväveoxider (NO_x)
2. SLB 11:2013. Vertikal variation av luftföroreningshalter i ett dubbelsidigt gaturum. Uppmätta halter av kväveoxider vid Sveavägen, Stockholm



är en enhet vid Miljöförvaltningen i Stockholm som

- utreder
- mäter
- beräknar
- informerar

med avseende på kvaliteten på utomhusluften. SLB-analys genomför även externa uppdrag inom luftområdet.

ISSN 1400-0806

SLB-analys
Miljöförvaltningen i Stockholm
Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4.
Box 8136, 104 20 Stockholm
Tel 08-508 28 800, dir. SLB-analys 08-508 28 880
URL: <http://www.slb.nu>