2016-06
STADSBYGGNADSKONTORET, GÖTEBORGS STAD

LUFTKVALITETSUTREDNING FÖR BEBYGGELSE OVANPÅ GÖTALEDEN

UNDERLAGSRAPPORT

COWI

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A079228	A079228/04/02/01/RAP001 - Luftkvalitetsutredning för bebyggelse ovanpå Götaleden

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
2	2016-06	Underlagsrapport	Marie Haeger-Eugensson Christine Achberger Helen Nygren Marian Ramos García	Jessica Lovell	Gert Swenson

INNEHÅLL

1	Sammanfattning	7
2	Inledning	9
2.1	Bakgrund	9
2.2	Planförslaget	10
2.3	Syfte	10
2.4	Luftkvaliteten i Göteborg	11
2.5	Riktvärden – miljömål och MKN	12
2.5.1	Miljökvalitetsnormer	12
2.5.2	Nationella miljömål	12
2.5.3	Lokala miljömål för Göteborg	13
3	Underlag för beräkningarna	13
3.1	Framtida utformning av området	13
3.2	Utsläpp från vägtrafiken	15
3.2.1	Trafikarbete	15
3.2.2	Trafikflödesvariation	16
3.2.3	Emissionsberäkningar	17
3.3	Spridningsmodellering	19
3.3.1	Uppskattning av urban bakgrundshalt	19
3.3.2	Modellering av tunnelutsläpp	21
3.3.3	Validering av beräkningarna	22
3.4	Detaljer kring scenarierna	22
4	Resultat	23
4.1	Validering av beräkningsmetodik	23
4.2	Nuläge år 2016	25
4.3	Noll-scenario år 2026	27
4.4	Bebyggelsealternativ år 2026	29
4.5	Bebyggelsealternativ år 2035	32

5 Diskussion 35

6 Förslag på åtgärder 36

7 Referenser 38

Bilaga A Beskrivning MISKAM-modellen 39

Bilaga B Miljökvalitetsnormer och miljömål 41

Bilaga C Trafik 2016 44

Bilaga D Trafik 2026 och 2035 45

Bilaga E Modellering av tunnelemissioner 47

1 Sammanfattning

Inledning
Stadsbyggnadskontoret i Göteborg håller för närvarande på med detaljplanearbete för bebyggelse ovanpå Götaleden nära Centralstationen i Göteborg. Det är i dagsläget både dålig luftkvalitet och höga bullernivåer i området på grund av den stora mängden trafik som finns inom planområdet. Planförslaget innebär en exploatering på ca 100 000 kvadratmeter med bostäder, kontor, verksamheter, skola, parkering och tekniskt ändamål fördelat på fem kvarter, varav fyra ovanpå leden.

Syftet med luftutredningen är att beräkna luftkvaliteten i området med avseende på kvävedioxid (NO_2) och partiklar (PM_{10}) för dagens situation, 2026 samt 2035.

Metod
Beräkningarna har fokuserat på fem olika scenarier:

- Validerings-scenario. Nuvarande trafik och bebyggelse i och omkring planområdet. Meteorologi för år 2015 har använts. Resultaten har validerats mot oberoende mätningar i markplan nära Centralstationen under 2015 genomfört av Miljöförvaltningen.
- Nu-scenario 2016. Typårsmeteorologi, nuvarande trafik och bebyggelse. För jämförelse med framtidsscenarion.
- Noll-scenario år 2026 – Götaleden överdäckas men bebyggs inte. Stadsutveckling och trafikemissioner motsvarande år 2026. Typårsmeteorologi.
- Bebyggelsescenario år 2026. Bebyggelse enligt planförslaget på överdäckningen. Stadsutveckling och trafikemissioner motsvarande år 2026. Typårsmeteorologi.
- Bebyggelsescenario år 2035. Bebyggelse enligt planförslaget på överdäckningen. Stadsutveckling och trafikemissioner motsvarande år 2035. Typårsmeteorologi.

Beräkningarna har gjorts med CFD-modellen Miskam. Området är komplicerat med flera nedsänkta tunnel- och rampmynningar under marknivå, vilket krävde att varje scenario beräknades i två steg, dels i markplan med utsläpp från alla vägar i markplan och högre, och dels en tunnelberäkning av de ackumulerade utsläppen från tunnel- och rampmynningen i de körfält som lämnar tunneln. Resultaten från de två beräkningarna har sedan adderats timvis och en för området relevant (korrigerad) urban bakgrundshalt, baserat på mätningar från Miljöförvaltningens mätstation ”Femman” 25 m över mark, har adderats för att halterna ska kunna jämföras med MKN och miljömål.

Resultat
Resultaten av valideringen visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade resultat och mätningar både avseende NO_2 och PM_{10}. Metodiken både för tunnelberäkningarna och övriga delar anses därmed vara relevant att använda vidare för framtidsstudierna.

Nu-scenariot visar på överskridanden av både MKN och miljömål i stora delar av beräkningsområdet för NO_2 (alla parametrar) och 90-percentilen dygn för PM_{10}. I Noll-scenariot ses en förbättring av NO_2-halterna, men med fortsatta överskridanden av percentilerna, samt en försämring av PM_{10}-halterna och överskridanden av även årsmedelvärdet för PM_{10}.

Resultaten från Bebyggelsealternativet är sammanfattade i tabellen nedan. Överskridanden av MKN inom planområdet sker för båda årtalen. Miljömålen överskrids för alla parametrar.

Sammanställning av risk för överskridanden inom planområdet av MKN eller miljömålet. JA= om risk föreligger NEJ=inte risk, TM=höga halter endast vid tunnelmynningar. Röda fält visualiserar haltgränser som absolut inte får överskridas.

Scenario	Parameter	MKN	miljömålet
2026	*NO_2 år*	TM	JA
	NO_2 98%il dygn	JA	-
	NO_2 98%il timme	JA	JA
	PM_{10} år	NEJ	JA
	PM_{10} 90%il dygn	JA	JA
2035	*NO_2 år*	NEJ	JA
	NO_2 98%il dygn	JA	-
	NO_2 98%il timme	TM	JA
	PM_{10} år	TM	JA
	PM_{10} 90%il dygn	JA	JA

Diskussion

Riskerna för överskridande av MKN i framtidsscenarierna har sammanfattats i tabellen ovan. Resultaten visar att det är en utmaning att exploatera detta område, framför allt med bostäder, samtidigt som det på sikt finns en stor potential att det kommer att bli bättre i området om biltrafiken skulle minska. Men då halterna 2035 fortfarande visar på överskridanden för hela området, alltså inte bara för planområdet, så rekommenderas att åtgärder genomförs. Detta skulle sannolikt gynna även framtida exploatering i närområdet, och beroende på åtgärd även området vid västra mynningen av Götatunneln vid Järnvågen (vid bortventilering av föroreningar ur Götatunneln via ventilationstorn skulle tunnelmynningsutsläppen kunna minska även vid Järnvågen).

Förslag på åtgärder

Förändrad utformning eller lokalisering av byggnader kan fungera som avspärrning för förorenad luft eller öka nedblandningen av renare luftmassor. På grund av att överdäckningen är konstruerad för max den höjd på husen som räknats med kommer detta dock inte att vara aktuellt. Dessutom kommer det sannolikt inte ge en tillräckligt stor förbättring p g a att omgivande luft också sannolikt är förorenad.

Att minska trafikmängderna, minska andelen tung trafik eller sänka hastigheten på Götaleden skulle ha en positiv effekt på luftkvaliteten. En hastighetsminskning skulle framför allt sänka halterna av PM_{10} men skulle kunna leda till en ökning av NO_2.

Då en stor del av problemen härrör från tunnelmynningarna skulle riktade åtgärder ha bäst effekt här. En överdäckning av området mellan planområdet och Götaledens nuvarande mynning skulle förbättra situationen i planområdet betydligt. En baksida är dock att tunnelemissionerna då kommer att öka i båda ändar av tunneln . Effekten av detta bör i så fall utredas innan man går vidare med endast denna åtgärd.

Bortventilation av luften i Götatunneln och överdäckningen skulle minska bidraget från mynningarna och även förbättra luftmiljön vid Götatunnelns västra mynning vid Järnvågen. Om denna åtgärd övervägs föreslås även här kontroll av effekten genom kompletterande beräkningar av tunnelemissionerna för bedömning om åtgärden skulle ge en tillräckligt bra effekt på luftkvaliteten och hur mycket som i så fall skulle behöver ventileras bort.

Ovan nämnda åtgärderna kan förstås även kombineras och då sannolikt med ett ännu bättre slutresultat.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

För närvarande pågår detaljplanearbete för överdäckning av Götaleden vars syfte är att möjliggöra stadsutveckling genom ny bebyggelse ovanpå Götaleden mellan Stadstjänaregatan och Torsgatan. Området är i dagsläget utsatt för stor påverkan på luftkvaliteten från främst fordonstrafik men även från fartyg och mätningar i området visar frekventa överskridanden av miljökvalitetsnormerna (MKN). Stadsbyggnadskontoret i Göteborg planerar nu att överdäcka delar eller eventuellt hela Götaleden från dagens mynning av Götatunneln till ungefär i höjd med Gasklockan. Överdäckningen kommer även att bebyggas. Man har i dagsläget ännu inte bestämt om hel överdäckning kommer att ske. Detta medför att det kommer att finnas schakt/öppningar i nedsänkningen som fortfarande kommer att vara öppna uppåt, och därmed ”läcka ut” luftföroreningar. För att kunna bebygga det redan tidigare, med avseende på luftkvalitet, belastade området måste därför en luftkvalitetsutredning göras.

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg har därmed gett COWI i uppdrag att bland annat utreda luftsituationen i området vilket ska ge ett viktigt underlag för att kunna bedöma om föreslagen markanvändning, enligt detaljplanens förslag, är lämplig. Detaljplaneområdet som visas i Figur 1 är ett utpräglat trafikområde med genomfartstrafik på Götaleden. I angränsning till leden finns i dagsläget bebyggelse på både södra och norra sidan om leden. Luftkvaliteten är dålig och bullernivåerna i området är idag höga på grund av den stora mängden trafik som finns inom planområdet.

Figur 1 Detaljplaneområdets avgränsning. Bild från SBK.

Detaljplanen innebär att området även fortsättningsvis starkt kommer att präglas av Götaleden och omgivande trafik. Med Götaleden förlagd i tunnel möjliggörs dock en påbyggnad med nya kvarter och gator ovanpå leden, och området blir en del i utvecklingen av Centralenområdet.

2.2 Planförslaget

Planförslaget innebär en exploatering på ca 100 000 kvadratmeter med bostäder, kontor, verksamheter, skola, parkering och tekniskt ändamål fördelat på fem kvarter, varav fyra ovanpå leden. Figur 2 visar föreslagen bebyggelse och trafikapparat inom planområdet. Bebyggelsen ovanpå överdäckningen kommer vara ungefär 10 våningar hög. Förslaget är i linje med, och har som mål att, uppfylla många av de stadskvaliteter som finns presenterade i stadsutvecklingsprogrammet för Centralenområdet version 1.0. Bebyggelsen beräknas stå färdig år 2026.

Figur 2 *Planerad bebyggelse inom planområdet. Kvarter A-D byggs ovanpå Götaleden medan kvarter E byggs öster om Regionens hus. Trafikerade gator kommer finnas norr och söder om kvarteren med av- och påfarter ner till Götaleden under överdäckningen markerade med orange cirklar. Kämpegatan förlängs över Götaleden och mellan hus A och B kommer det gå en lokalgata. Väster om hus A går Stadstjänaregatan mellan Centralenområdet och den nya Hisingsbron. Karta erhållen från SBK, CAD-ritad av Tengbom och modifierad av COWI.*

2.3 Syfte

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg avser att ta fram en plan-MKB inför granskningsskedet av detaljplanen för överdäckningen av Götaleden. MKB:n ska behandla påverkan och konsekvenser som förslaget medför utifrån god boendemiljö. Föreliggande utredning av luftkvalitet är en underlagsrapport till denna MKB.

Syftet med luftutredningen är att undersöka och beräkna luftkvalitet i området med avseende på kvävedioxid (NO_2) och partiklar (PM_{10}) för dagens situation, 2026 samt 2035. Resultatet kommer att jämföras med MKN och miljömål för luftkvalitet (NO_2 och PM_{10}), inklusive de lokala miljömålen för Göteborg.

Resultatet kommer även att ingå i den totala bedömningen, plan-MKB:n, för bedömning av möjligheten att bebygga området efter överdäckning.

2.4 Luftkvaliteten i Göteborg

Luftkvaliteten i Göteborg, med avseende på NO_2 har förbättrats betydligt under de senaste årtiondena. Fortfarande sker dock överskridanden av miljökvalitetsnormerna (MKN) för utomhusluft för NO_2 både i gaturum och i urban bakgrund på flera platser i Göteborg. Enligt Naturvårdsverkets föreskrifter avseende MKN för luftkvalitet (NFS 2013:11) anges att MKN inte får överskridas någonstans, med undantag för vägkorsningar.

Av de totala emissionerna av kväveoxider står, i dagsläget, fordonstrafik (bussar, lastbilar och personbilar) för knappt 25 % av de totala utsläppen jämfört med 1990 då fordonstrafik utgjorde nästan 50 %. Den stora minskningen av fordonsemissionerna beror på en mycket positiv teknikutveckling, men denna har delvis "ätits upp" av att mängden fordon har ökat. Trots att fordonen inte står för majoriteten av emissionerna så är haltandelen från dem ofta stor i urbana områden. Detta beror på att emissionerna sker i markplan där spridningen är sämst jämfört med emissioner från upphöjda källor (t.ex. skorstenar). Dessutom ska mätningar, enligt gällande normer för kontroll av luftkvalitet (NFS 2013:11), ske på mellan 1,5-4 (men max 8) meter över mark. Haltandelen beror även av lokalisering i staden. Enligt en tidigare genomförda utredning (Haeger-Eugensson m.fl. 2010) är andelen kväveoxidutsläpp från fordon vid Gårdaleden ca 60 % för höghaltstillfällen och drygt 50 % av årsmedelvärdet. Vid större trafikleder kan alltså halterna bli mycket höga nära vägen men halterna avklingar ofta relativt snabbt. Hur snabbt beror dock på emissionens storlek och de lokala spridningsförutsättningarna, vilka i sin tur beror på bebyggelsen, markanvändningen (t.ex. vegetation), topografin och den lokala meteorologin.

Avseende NO_2 i Göteborg återfinns de högsta halterna längs de större lederna så som E6 från Mölndal och förbi Gårda samt genom Tingstadstunneln och längs Götaleden, speciellt vid Centralstationen. Data från Miljöförvaltningens (MF) mätstation (vid Gårda längs E6) år 2013 visar att MKN överskreds under ca 600 timmar, vilket är betydligt mer än de 175 timmar då överskridande tillåts. Orsaken till de höga halterna där är dels den stora trafikmängden och dels att spridningen till stor del begränsas av både omgivande dalgång och bebyggelse. Exempel på hur luftkvaliteten påverkas av bebyggelse kan ses i Haeger-Eugensson m.fl. (2014a), och hur den påverkas av olika åtgärder ses i Haeger-Eugensson m.fl. (2014b). Även vegetation har visats kunna minska halten av både NO_2 och partiklar betydligt (Yang m.fl. 2008).

Årsmedelvärdet av PM_{10} i Göteborg har minskat med 50 % sedan mitten av 2000-talet, då ett åtgärdsprogram för partiklar infördes med bl a dubbdäcksförbud på vissa gator och spridningen av partikeldämpande medel. MKN för årsmedelvärdet klaras nu vid alla mätstationer. Även 90-percentilen av dygnsmedelvärdet har klarats de senaste 7 åren enligt MF:s mätningar. Förutom vägtrafik så är fartygstrafik en viktig källa till bakgrundshalter av partiklar i de delar av Göteborg som ligger nära hamnen. Det nya svaveldirektivet för fartyg som innebär att högsta tillåtna svavelhalt i bränslet minskas från 1 % till 0,1 % har även positiv effekt på partikelutsläppen, och emissionerna av partiklar från fartyg i Göteborg förväntas halveras i och med det nya direktivet.

2.5 Riktvärden – miljömål och MKN

2.5.1 Miljökvalitetsnormer

I samband med att Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999 infördes miljökvalitetsnormer som ett nytt styrmedel i svensk miljörätt. Systemet med miljökvalitetsnormer regleras framförallt i Miljöbalkens 5:e kapitel. Till skillnad mot gränsvärden och riktvärden skall miljökvalitetsnormerna enbart ta fasta på vad människan och naturen tål utan hänsyn till ekonomiska intressen eller tekniska förhållanden. En norm kan meddelas om det behövs för att i förebyggande syfte eller varaktigt skydda människors hälsa eller miljön. De kan även användas för att återställa redan uppkomna skador på miljön.

Utgångspunkten för det regelsystem som gäller i Sverige idag beträffande miljökvalitetsnormer för utomhusluft är två EU-direktiv. Direktiven 2008/50/EG och 2004/107/EG samt rapporteringsbestämmelserna (beslut 2011/850/EU) har i Sverige genomförts genom miljöbalken (SFS 1998:808), luftkvalitetsförordningen (SFS 2010:477) och Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet (NFS 2013:11). Gällande miljökvalitetsnormer för NO_2 och PM_{10} i utomhusluft redovisas i Tabell 1. Miljökvalitetsnormerna gäller generellt för luften utomhus, men med undantag för luften i tunnlar för väg- eller spårtrafik och på arbetsplatser. Luften på vägbanor som enbart fordonsresenärer exponeras för är också undantagen från MKN (se vidare Bilaga B).

Tabell 1 *Miljökvalitetsnormer för utomhusluft enligt Luftkvalitetsförordningen SFS 2010:477. Normerna avser halt i luft för skydd av människors hälsa i utomhusluften med undantag av arbetsplatser samt vägtunnlar och tunnlar för spårbunden trafik.*

Förorening	Medelvärdesperiod	MKN-värde (µg/m³)	Antal tillåtna överskridanden per år
PM_{10}	Dygn År	50 40	35 dygn
NO_2	Timme Dygn År	90 60 40	175 timmar[1] 7 dygn

[1)] Förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

2.5.2 Nationella miljömål

Det svenska miljömålssystemet innehåller ett generationsmål, sexton miljökvalitetsmål och tjugofyra etappmål. Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljökvalitetsmålen ska nås. Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till. Det finns även preciseringar av miljökvalitetsmålen. Preciseringarna förtydligar målen och används i det löpande uppföljningsarbetet av målen.

Ett av målen, Frisk luft, berör direkt halter i luft av olika föroreningar. Miljömålet Frisk luft definieras enligt följande: Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. För miljökvalitetsmålet Frisk luft finns preciseringar i form av halter av luftföroreningar som inte ska överskridas, se Tabell 2 för preciseringar för NO_2 och PM_{10}. Miljökvalitetsmålen ska nås senast år 2020.

Tabell 2 Preciseringar avseende kvävedioxid och partiklar för miljökvalitetsmålet Frisk luft.

Förorening	Medelvärdesperiod	Miljömål (µg/m³)	Antal tillåtna överskridanden per år
PM_{10}	År Dygn	15 30	- -
NO_2	År Timme	20 60	- 175 timmar

2.5.3 Lokala miljömål för Göteborg

Göteborgs stad har antagit ett lokalt miljömål för frisk luft som lyder som följer: *"Luften i Göteborg ska vara så ren att den inte skadar människors hälsa eller ger upphov till återkommande besvär."* Det lokala miljömålet ska vara uppfyllt senast år 2020. Preciseringen av de lokala delmålen visas i Tabell 3.

Tabell 3 Preciseringar avseende kvävedioxid och partiklar för det lokala miljökvalitetsmålet för frisk luft.

Förorening	Medelvärdesperiod	Miljömål (µg/m³)	Kommentar
$PM_{2,5}$	År	12	I taknivå
PM_{10}	Dygn	30[1]	I marknivå
NO_2	År	20	Vid 95 % av alla förskolor och skolor i Göteborg samt vid bostaden hos 95 % av göteborgarna.

1) Får överskridas max 37 dygn per år.

3 Underlag för beräkningarna

3.1 Framtida utformning av området

Beräkningarna av luftkvalitet har fokuserat på tre olika år; 2016 (Nu-scenario och valideringsscenario), 2026 (Nollalternativ och utbyggnadsalternativ) och 2035 (utbyggnadsalternativ). Då planområdet ligger i nära anslutning till ett flertal stora planprojekt som kommer att genomföras före eller parallellt med den aktuella planen, beskrivs nedan vilka utbyggnadsfaser som utredningen fokuserat på.

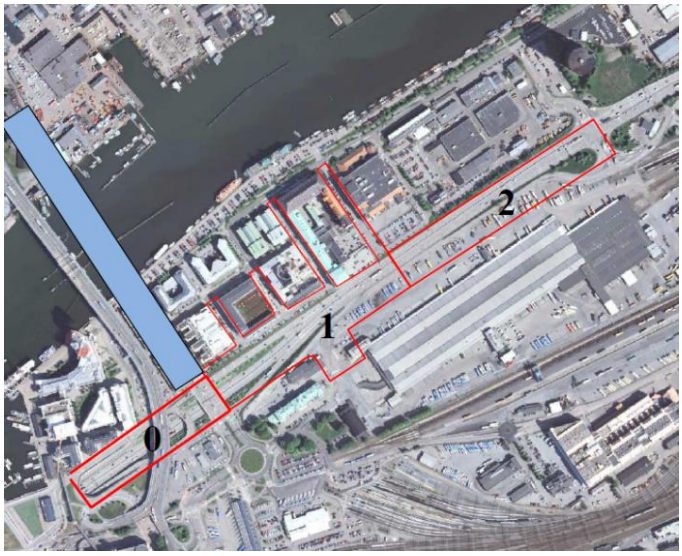
År 2016
Nulägessituation för jämförelse med framtida scenarion. Här har ingått nuvarande bebyggelse och dagens trafik.

År 2026
För scenariona år 2026 har en del stadsutveckling i närområdet inkluderats. Här förutsätts att den nya Hisingsbron ska vara färdigbyggd, med tillhörande kvartershus vid södra brofästet. Exploateringen med höghus vid Centralstationen förväntas ha kommit halvvägs, och Västlänkens stationshus vid Centralstationen är byggt. Även Regionens hus nära Götaleden förväntas vara uppfört. År 2026 är Götaleden enbart överdäckad i mitten,

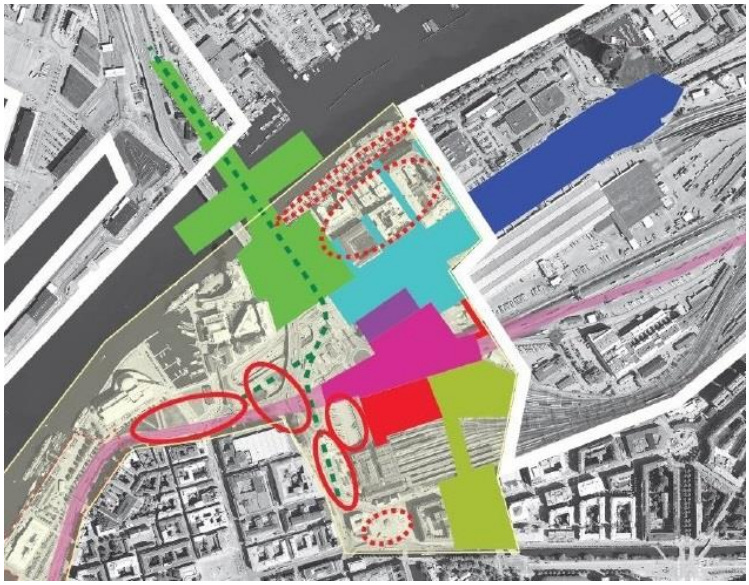
motsvarande planområdet, se Figur 3. Figur 4 visar övriga omkringliggande planers lokalisering.

År 2035

För scenariot år 2035 förväntas ytterligare en etapp av Götaleden vara överdäckad öster om planområdet, motsvarande mörkblå plan i Figur 4. Bebyggelse kommer att finnas ovanpå den här delen av överdäckningen. Höghusen vid Centralstationen förväntas vara färdigbyggda och Bangårdsförbindelsen vara byggd.



Figur 3 *Överdäckningen planeras att ske i tre steg. Först kommer område 1 att överdäckas, vilket motsvarar det aktuella planområdet. Därefter kommer område 2 att överdäckas och sist område 0 i bilden. Bild från SBK.*



Figur 4 *Omkringliggande projekt. Ljusblå plan är den aktuella planen för bebyggelse ovanpå överdäckningen av Götaleden. Kommande överdäckning med bebyggelse öster om planområdet motsvarar mörkblå plan. Grön plan är nya Hisingsbron, mörklila plan är Regionens hus, ljuslila plan motsvara Västlänken station Centralen, röd plan är området för höga hus vid Centralstationen och gulgrön plan motsvarar Bangårdsförbindelsen. Bild från SBK.*

3.2 Utsläpp från vägtrafiken

Utsläppen från trafiken har beräknats från trafikdata (antal fordon per gatan som t. ex. årsdygnstrafik (ÅDT) samt mixen av tunga och lätta fordon, hastighet, information om lokaltrafik mm) och har baserats på emissionsfaktorer rekommenderade av Trafikverket.

Utsläpp från trafiken har beräknats för år 2016 (Nu-scenario och validering), 2026 (nollalternativ och bebyggelsescenarier) och 2035 (bebyggelsescenarier).

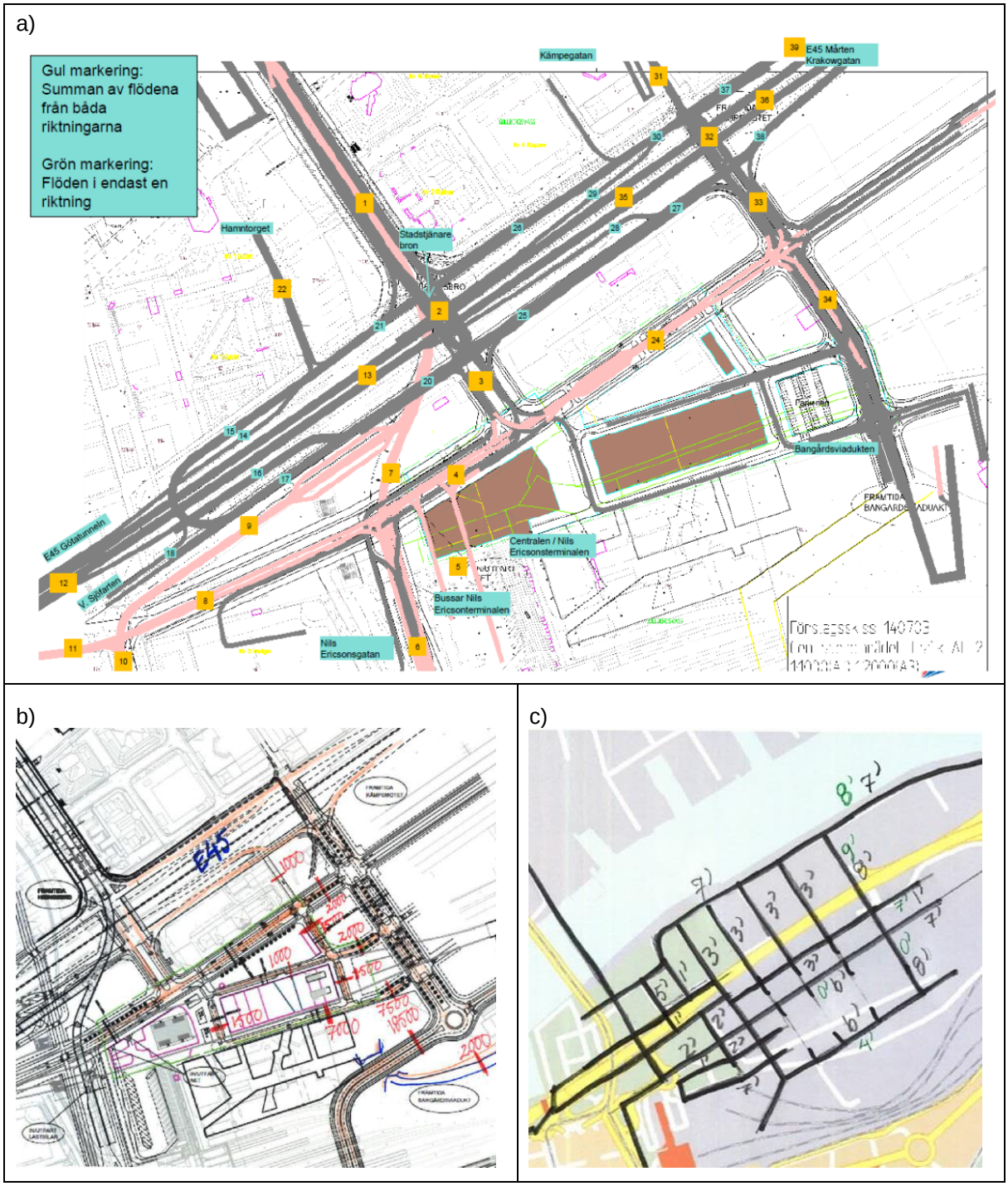
3.2.1 Trafikarbete

Uppgifter om *dagens trafikarbete* kommer från Göteborgs stads trafikmätningar. De senaste uppmätta trafikflödessiffrorna som finns tillgängliga har använts, och där det behövts har dessa uppdaterats/kompletterats av Johan Jerling på Trafikkontoret. De trafikmängder som använts för emissionsberäkningar för år 2016 kan ses i Bilaga C.

Information om *framtidens trafikarbete* har erhållits från Stadsbyggnadskontoret (SBK) och Trafikkontoret (TK), Göteborgs stad. Trafiken i området kommer att påverkas av de många olika pågående projekten i området så som byggandet av en ny bro över Göta älv, Västlänken station Centralen mm. Dessutom kommer lokalgatorna där man idag får köra 50 km/h att få sänkt hastighet till 40 km/h. Hastigheten på Götaleden förväntas däremot höjas från dagens 70 km/h till 80 km/h i framtidsscenariona.

De kartor med trafikuppgifter som utgjort indata gällande framtidens trafikflöden kan ses i Figur 5. De trafikmängder som använts för emissionsberäkningar för år 2026 och 2035 kan ses i Bilaga D. På grund av osäkerheter i framtidens trafikmängder har samma trafikuppgifter använts för både år 2026 och 2035.

Götaleden är den ur trafikmängdshänseende dominerande vägsträckan inom beräkningsområdet, med stora mängder trafik och relativt hög hastighet. Trafikmängderna förväntas öka på delar av leden i framtiden, medan en minskning antas på andra sträckor av leden. I Götatunneln kommer trafiken att öka, från 53 000 till 60 800 ÅDT (årsdygnstrafik, antal fordon/dygn). I området som kommer överdäckas, mellan Stadstjänaregatan bort till Falutorget, beräknas istället med en minskning av trafiken, från 55 000 2016 till 46 400 i framtiden. Öster om Falutorget räknas det med en ökning av trafiken från 55 000 till 64 100 ÅDT.

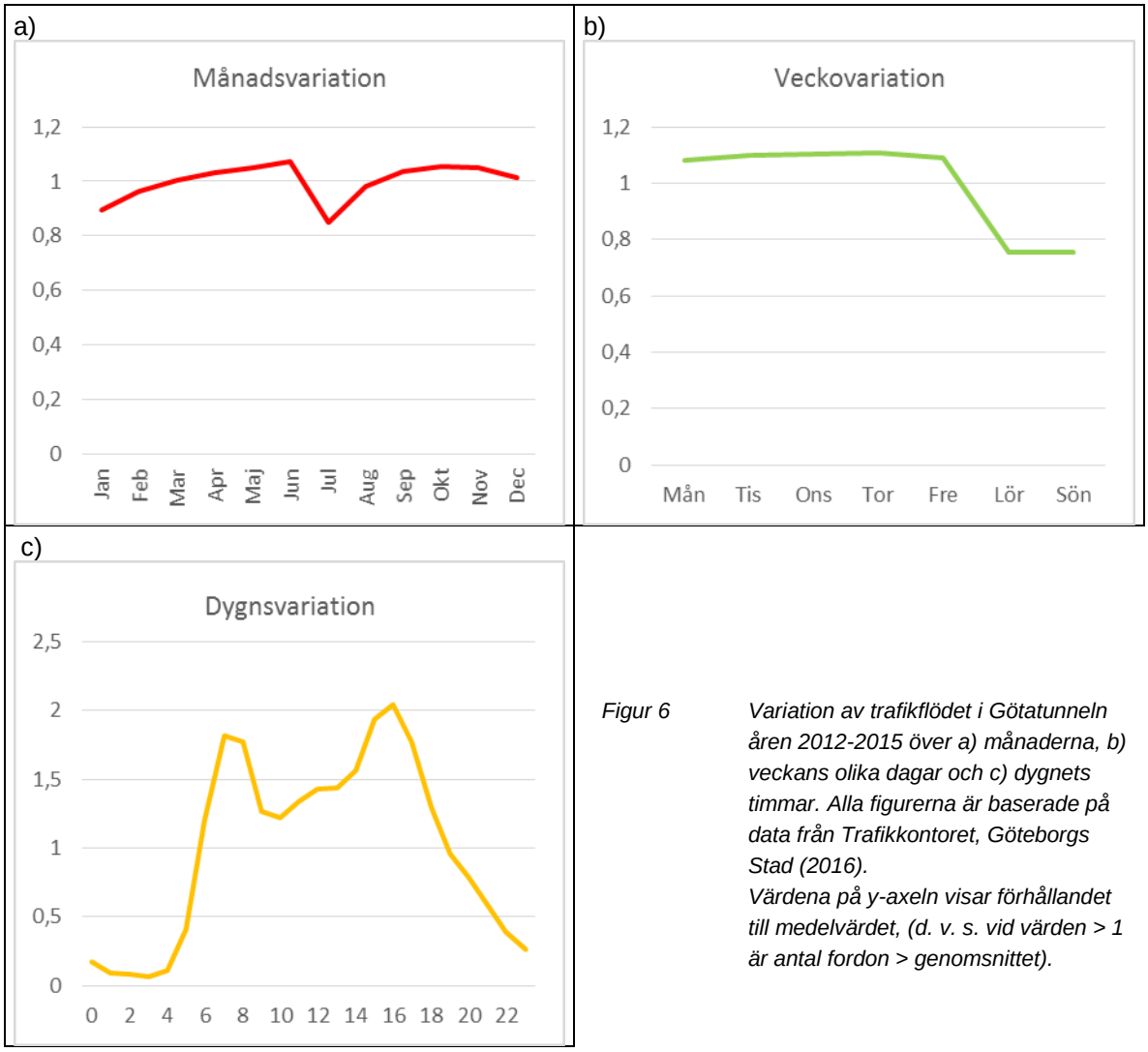


Figur 5 *Indata för framtidens trafikflöden från SBK och TK. A) visar gator som trafikflödesberäkningar gjorts för (ÅDT Centralen, WSP), medan b) och c) visar uppskattad ÅMVD (årsmedelvardagsdygnstrafik).*

3.2.2 Trafikflödesvariation

Trafikflödet varierar mycket över dygnet, veckan och månaderna, vilket gör att det vid vissa tillfällen kan vara mycket mer eller mindre trafik än genomsnittet. Trafikkontoret i Göteborg har mätt trafikflödet på timbasis i Götatunneln, och dessa uppgifter har använts för att skapa en trafikflödesfördelning med ett för platsen så representativ tidsupplösning som möjligt. Detta har använts för att skapa en variation av trafiken i beräkningsområdet över året, för att bättre kunna identifiera situationer med höga halter av emissioner och därmed påföljande höghaltstillfällen.

Baserat på ovanstående trafikfördelning har index med olika tidsupplösning beräknats (Figur 6). Månadsindexet för trafiken i Götaleden 2012-2015 visar att trafikflödet är minst under juli och januari (Figur 6a). Mest trafik ses för juni och därnäst oktober. Vad gäller veckovariationen så är det stor skillnad i trafikmängder i Götatunneln mellan vardag och helg (Figur 6b). Tidigare beräkningar av trafikflödesvariationen över veckodagarna utförda av VTI (2005) visar att lastbilar framför allt kör på vardagarna, medan skillnaden mellan vardags- och helgtrafik är mindre för personbilar. Fördelningen av trafik över dygnets timmar i Götatunneln visas i Figur 6c. Här ses tydliga trafiktoppar dels på morgonen vid 7-tiden, dels på eftermiddagen vid 15-17-tiden.



Figur 6 *Variation av trafikflödet i Götatunneln åren 2012-2015 över a) månaderna, b) veckans olika dagar och c) dygnets timmar. Alla figurerna är baserade på data från Trafikkontoret, Göteborgs Stad (2016).*
Värdena på y-axeln visar förhållandet till medelvärdet, (d. v. s. vid värden > 1 är antal fordon > genomsnittet).

3.2.3 Emissionsberäkningar

Bil, lastbil och buss

Emissioner av både NO_x och PM_{10} från vägtrafiken har beräknats för 2016, 2026 och 2035. Avgasemissioner har beräknats med emissionsmodellen HBEFA. HBEFA tar hänsyn till hur fordonsflottans sammansättning förväntas förändras i framtiden och beräknar olika emissionsfaktorer för olika år. I HBEFA antas att det kommer att fortsätta ske förbättringar avseende avgasutsläppen, samt att en större andel av fordonsflottan i framtiden kommer att bestå av fordon med god avgasrening och effektivitet. Detta innebär att avgasemissionerna för ett normalfordon förväntas bli lägre i framtiden varför det är relevant att räkna scenarier för både år 2026 och 2035 trots att trafikmängderna här antas

vara samma dessa år. Emissionsfaktorerna i HBEFA baseras på PHEM-modellen för fordon upp till Euroklass 4. För Euroklass 5 baseras emissionsfaktorerna på mätningar gjorda med icke-reglerade körcykler som täcker ett betydligt större område av körsituationer än de reglerade avgastesterna, och bör därmed återspegla en realistisk emission. Emissionsfaktorerna för Euro 5-fordon är 4-5 gånger högre i modellen än utsläppsgränsvärdet. Emissionsfaktorer för Euroklass 6 utgår bara delvis från mätningar, dessa är främst baserade på kommande lagkrav.

Resuspension, d v s uppvirvling av på vägbanan tidigare ackumulerade slitagepartiklar, har beräknats med Nortrip. Nortrip är en emissionsmodell som utvecklats för nordiska förhållanden där mängden resuspension beror bland annat på meteorologiska indata, trafikmängden (ÅDT), andel tung trafik, dubbdäcksandel och hastigheten fordonen kör i. Den tekniska utveckling och förnyelsen av fordonsflottan som förväntas leda till lägre avgasemissioner kommer inte att påverka emissionen av uppvirvlat material, så en liknande minskning av denna typ av emissioner förväntas inte ske.

Spårvagn

Spårvagnar ger inga direkta utsläpp av avgaser, däremot så ger hjul och bromsar upphov till slitagepartiklar på samma sätt som för bilar och andra fordon. Spårvagnar är inte inkluderade i de emissionsmodeller som används för övrig trafik, utan andra emissionsfaktorer har använts.

Den emissionsfaktor som använts för spårvagnar i denna utredning är 0,33 g/km per spårvagn. Denna emissionsfaktor kommer från BUWAL (2001), och har använts som underlag av IIASA (International Institute for Applied System Analysis) i Rains/Gains-modellen.

För att validera denna emissionsfaktor har jämförelse gjorts med emissionsfaktorer för annan spårbunden trafik. Fridell m. fl. (2010) har tagit fram emissionsfaktorer för regionaltåg, pendeltåg och godståg som bl.a. använts inom EU-projektet Transphorm. Dessa emissionsfaktorer kan ses i Tabell 4, tillsammans med beräknade emissionsfaktorer för en trettio meter lång spårvagn (baserat på längden för den vanligaste spårvagnsmodellen i Göteborg, M31[1]). Emissionsfaktorn 0,33 g/km ligger i intervallet mellan emissionsfaktorn för pendeltåg och regionaltåg. I tabellen ses även att den är i samma storleksordning som emissionsfaktorn för ett 30 meter långt pendeltåg, vilket innebär att detta bör vara en rimlig emissionsfaktor för PM_{10} från spårvagn.

Tabell 4 *Sammanställning av emissionsfaktorer för PM_{10} för regionaltåg, pendeltåg och godståg från Fridell m. fl. (2010), tillsammans med beräkning av emissionsfaktor för 30 meter långt tåg (samma längd som en spårvagn) baserat på den längdjusterade emissionsfaktorn.*

Tågtyp	PM_{10} emissionsfaktor (g/tåg-km)	PM_{10} emissionsfaktor (mg/tåg-km * tåglängd i meter)	Längdjusterad emissionsfaktor för 30 meter långt tåg (g/tåg-km)
Regionaltåg	0,24	3,1	0,10
Pendeltåg	0,48	11	0,34
Godståg	2,9	5,3	0,16

[1] Uppgift från Magnus Lorentzon, Västtrafik, 2016-04-14.

3.3 Spridningsmodellering

För att beräkna haltnivåer ner till markplan (där människor vistas) inne i tätbebyggt område, behövs en tredimensionell flödesmodell som kan beräkna spridningen av föroreningshalter med hög detaljeringsgrad. Modellen måste kunna ta hänsyn till effekten av byggnader i täta urbana miljöer, så som för gaturum, för att kunna återskapa ett 3D-vindfält och därmed relevanta spridningsförutsättningar på många vertikala nivåer, från marken till nivåer över taken. För översiktliga beräkningar i urbana miljöer används ofta till exempel s.k. Gaussiska modeller, som är relevanta för modellering är haltnivån i takhöjd. Gaussiska modeller tar inte hänsyn till effekten av byggnader på ett relevant sätt, och är därmed inte lämpliga verktyg för beräkning av luftkvaliteten i gaturum eller tätbebyggda urbana miljöer. Modellen som har använts här är Miskam (se vidare Bilaga A) som är en tredimensionell CFD-modell (Computational Fluid Dynamic) som simulerar strömningsförhållandena mellan huskropparna och därmed spridningsförhållandena mellan och över byggnaderna.

För att återskapa ett realistiskt vindfält som representerar vindflöden för de aktuella kvarteren har ett mycket större område inkluderats i CFD-beräkningarna. Vindfältsberäkningarna är grunden för haltberäkningarna till luft, vilka också har gjorts med Miskam-modellen.

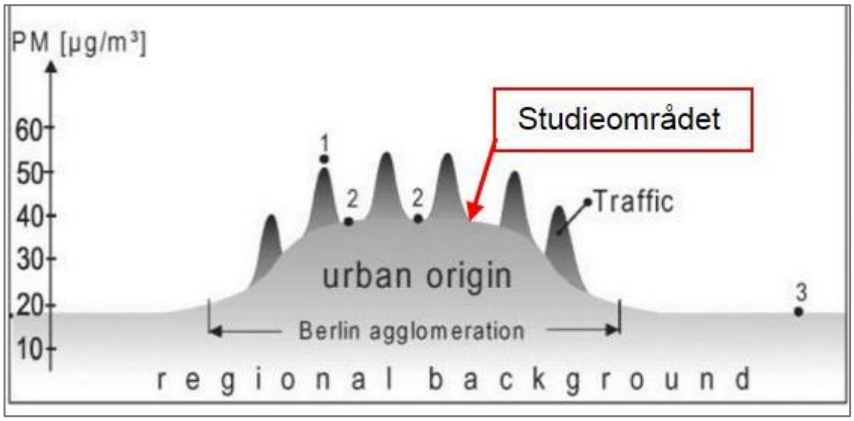
Meteorologin som används som indata till CFD-modellen bör vara representativ för de lokala väderförhållandena. I detta fall finns lokala meteorologiska mätningar i närområdet, från SMHI-stationen belägen vid Skansen Lejonet. Denna lokala meteorologi är indata till vindfälts- och haltberäkningarna i Miskam. Förutom meteorologi behöver Miskam även tredimensionell information om både de planerade byggnaderna samt omgivande bebyggelse.

Då MKN och miljömålen är baserad på statistik för ett helt år måste även de meteorologiska beräkningarna och spridningssimuleringarna göras för ett helt år. Då meteorologin, och därmed spridningsförutsättningarna, kan varierar mycket från ett år till nästa blir resultaten inte representativa för en längre tidsperiod om man använder ett kalenderår med särskilt goda eller dåliga spridningsförhållanden. För att ändå erhålla ett representativt år används ett s.k. typår, det vill säga ett typisk "väderår" med avseende på spridningsförutsättningarna. Detta innebär att året kan bestå av januari 2005, februari 2010 o.s.v., där i detta fall januari 2005 är representativ för januarivädret över en längre tidsperiod.

För jämförelse av de beräknade halterna av NO_2 och PM_{10} med MKN måste en totalhalt beräknas, d.v.s. till den halten som simulerats vid det planerade området (det lokala bidraget) krävs ett tilläggsbidrag från övriga källor, ett s.k. urbant bakgrundsbidrag (både på årsbas och för relevanta percentiler).

3.3.1 Uppskattning av urban bakgrundshalt

För att kunna jämföra beräknade haltnivåer av NO_2 med MKN (för års-, dygns- resp. timmedelvärde) måste även en relevant urban bakgrundshalt *för området* adderas vilken inkluderar övriga källor i området och långdistanstransporterat haltbidrag. I Figur 7 nedan visas hur halten av luftföroreningar fördelas i en stad samt planområdets lokalisering.



Figur 7 *Schematisk bild av föroreningshalter i en stad (Lenschow m.fl. 2001) samt illustration av planområdets lokalisering.*

Punkt 3 till höger i figuren symboliserar den halt som uppmätts på rurala platser, en s.k. regional bakgrundshalt, där det inte finns någon påverkan av föroreningar från städer eller närliggande källor och visar därmed halten från långdistanstransporterade luftföroreningar. Punkt 2 representerar centrala delar av städer, ofta (men inte alltid) i taknivå, en s.k. urban bakgrundshalt. Dessa mätningar fångar in bidraget från både långdistanstransporterade föroreningar och det bidrag som genererats i regionen samt från övriga källor i staden. Motsvarande mätningar för Göteborg görs på Femmans mätstation som är placerad på Nordstadstorgets tak. Punkt 1 representeras av mätningar i markplan samt vid en trafikerad gata. Förutom de föroreningar som fångas in i mätningar av den urbana bakgrundshalten uppmäts här även de mycket lokalt producerade utsläppen längs specifika gator vilket benämns gaturumshalt. Exempel på en sådan plats i Göteborg är mätstationen vid Gårdaleden. I Figur 7 visas därmed även att den urbana bakgrundshalten kan variera beroende på var i staden man är. Högst är halten oftast i de centrala delarna. Längre från centrum minskar generellt halten till följd av mindre mängd emissioner och ofta längre avstånd från källorna, vilket leder till lägre nivåer. En gata i de yttre delarna av en stad kan därmed få en lägre halt än en gata med lika mycket trafik som är belägen inne i de centrala delarna, eftersom bidraget från urban bakgrund är högre i centrum.

Uppskattningen av urban bakgrundshalt för det aktuella planområdet är komplicerat, då beräkningsområdet ligger så nära mätstationen för urban bakgrund, Femman på Nordstadstorgets tak. Området runt Nordstadstorget präglas av en mängd olika närbelägna utsläppskällor, förutom Götaleden även t ex busstrafiken till och från Nils Erikssonterminalen, trafiken på de lokala gatorna runt Nordstan och Centralen, fjärrbussterminalen och spårbunden trafik (tåg, spårvagn), vilka alla även ingår i beräkningarna för överdäckningen. Man kan därför utgå ifrån att en ganska hög andel av föroreningshalterna som mäts vid Femman utgörs av lokalt producerade föroreningar. Emissioner inom beräkningsområdet kommer sannolikt att påverka den urbana bakgrundshalten som mäts på Femman. Risken är därmed stor att räkna det lokala haltbidraget två gånger och därmed överskatta totalhalten.

För beräkning av en relevant totalhalt måste därför Femmans uppmätta bakgrundshalt korrigeras för det närproducerade lokala bidraget utan att relevant bakgrundshalt tas bort. Detta innebär att bidraget från långtransporterade föroreningar och föroreningar från mer avlägsna källor i staden ska inkluderas men det bidrag som härrör från beräkningsområdet inte medräknas i påslaget av urban bakgrundshalt.

Det är dock omöjligt att utifrån mätningar särskilja varifrån, och i vilket omfattning, föroreningarna kommer eller utifrån enbart dessa (mätningarna) bedöma hur stor andel de lokalt producerade föroreningarna utgör. Detta kan dock beräknas med hjälp av modelle-

ring av haltbidrag från endast emissionerna i beräkningsområdet och med meteorologi för aktuell mätperiod. Resultatet extraheras därefter på samma punkt och vertikal nivå som för mätningarna vid Femmans mätstation, varpå det beräknade haltbidraget subtraheras från uppmätt halt. Den resterande halten i taknivå utgör därefter påslaget från både långdistanstransport och alla källor *utom* för de i beräkningsområdet. Det är alltså denna korrigerade bakgrundshalt som kommer användas som ett påslag för beräkningarna i markplan beräkningsområdet både för dagens scenarion och framtida scenarier.

Den korrigerade bakgrundshalten beräknas således som:

Korrigerad bakgrundshalt = Mätningar vid Femman – Simulerad lokalt bidrag i taknivå vid Femmans mätstation.

Totalhalten i planområdet beräknas därmed som:

Totalhalt =Simulerad lokalt bidrag i markplan + korrigerad bakgrundshalt i taknivå.

Det är denna totalhalt som jämförs mot MKN och miljömålet.

3.3.2 Modellering av tunnelutsläpp

När utsläpp från vägtrafiken spridningsberäknas illustreras dessa emissioner i form av en s.k. linjekälla belägen strax över vägbanan. Linjekällans emission beror på en mängd olika faktorer, t ex antal bilar, andel tung trafik och körhastighet på en viss väg eller vägavsnitt (se vidare kap. 3.2.3). Även inne i tunneln följer emissionerna samma princip men till skillnad från en öppen väg eller gaturum, så kommer alla föroreningar som fordonen släpper ut dras med i trafikens riktning och spridas via tunnel- och rampmynningarna, om det inte finns ventilationstorn eller liknande i tunneln. Fordon som kör ut ur tunneln drar med sig tunnelluften, och emissionerna från tunneln koncentreras därför närmast tunnelöppningen vid utfarterna men avtar successivt med avståndet från tunnelöppningen. Dessa ackumulerade föroreningar bidrar till höga halter i tunnelmynningen och dess direkta närhet.

Det finns i dagsläget ingen vedertagen metodik för modellering av utsläpp i tunnlar. Vad det gäller spridning av dessa finns det vissa modeller som säger sig kunna simulera dess spridning. Detta gäller dock främst för spridningen vid tunnlar som mynnar i markplan, inte, som i detta fall, med en tunnelmynning under markplan omgärdat av höga väggar med öppning uppåt.

För beräkning av dessa förutsättningar har COWI utgått från ett snarlikt exempel i Stockholm vilket finns beskrivet i litteraturen (Brydolf och Johansson 2011). I Stockholmsstudien fanns mätningar av NO_2 och trafikinformation presenterade varpå motsvarande utformning som för tunneln i Stockholm kunde göras, men den modell (Miskam) som använts för överdäckningen i Göteborg. Resultatet från våra beräkningar för Stockholmstunneln har validerats mot mätningarna vid och kring tunneln och överensstämde mycket bra (se utförlig beskrivning i Bilaga E).

För tunnelberäkningarna i Göteborg användes samma metodik som för Stockholmstunneln men baserat på de för överdäckningen aktuella trafiksiffrorna. De ackumulerade emissionerna från linjekällorna i tunneln har i modellen illustrerats på samma sätt som i Brydolf och Johansson (2011), d.v.s. som veckade linjekällor för de ackumulerade utsläppen från tunnel- och rampmynningen i de körfält som lämnar tunneln, ca 100 meter ut från tunneln.

Området vid överdäckningen är dock mer komplicerat än området som studerades i Stockholm, då det finns ett flertal tunnelmynningar och rampmynningar (både från Götatunneln och från överdäckningsmynningarna) belägna 6 meter under markytan. Till följd av detta har spridningen från tunnel- och rampmynningarna och den nedsänkta vägbanan beräknats separat med ett nollplan 6 meter under den riktiga markytan. Den riktiga markytan och alla byggnader i närområdet till tunneln har höjts med 6 meter i modellen. Baserat på detta, och med samma storlek på beräkningsområdet som de andra luftberäkningarna, har spridningen och därmed bidraget av NO_2 och PM_{10} från den nedsänkta vägbanan och tunnelmynningar beräknats separat. Detta bidrag har därefter adderats timvis till bidraget från emissionerna från omgivande gator som har beräknats i markplan.

Se vidare Bilaga E för en utförligare beskrivning av metodiken för tunnelberäkningarna.

3.3.3 Validering av beräkningarna

För att validera metodiken för luftberäkningar inom detta komplicerade område har beräkningarna av totalhalter (det sammanlagda bidraget från både tunnelberäkningarna och markplansberäkningarna plus korrigerad urban bakgrundshalt (korrigerad för det lokala bidraget) jämförts med mätningar genomförda i markplan ca 100 meter från överdäckningsområdet vid Bergslagsgatan (se Figur 8 för mätstationernas placering).

Figur 8 *Mätvagnens placering under 2015 markerat med rött. Planområdets läge är markerat med orange. Gul markering visar placeringen av Göteborgs Stads mätstation för urban bakgrund i taknivå, Femman.*

3.4 Detaljer kring scenarierna

Uppdraget ska belysa luftsituationen för olika år och bebyggelsealternativ, och kan sammanfattas i följande scenarier:

- Valideringsscenario: samma förutsättningar som för Nu-scenariot, men med uppmätt meteorologi från år 2015 istället för typårs-meteorologi. De beräknade halterna har

jämförts med Göteborgs Stads (MF) mätningar av PM_{10} och NO_2 för år 2015 nära Centralstationen.

› Nu-scenario: avser nuvarande förutsättningar, dvs nuvarande bebyggelse, infrastruktur och trafikarbete (motsvarande situationen år 2016)

› Noll-scenario: avser att Götaleden överdäckas men inte bebyggs. I noll-scenariot är den nya Hisingsbron byggd, samt nya byggnader vid Centralenområdet är delvis färdigställda med Västlänksstationen och ombyggd Centralstation (övriga planer har kommit lika långt som för bebyggelsealternativet år 2026).

› Bebyggelsealternativ år 2026 med bebyggelse på Götaleden: avser överdäckning med bebyggelse ovanpå Götaleden enligt detaljplaneförslag (se Figur 2 sidan 10). Nya Hisingsbron och Västlänken station Centralen är byggd och Centralenområdet är delvis utbyggt.

› Bebyggelsealternativ år 2035 med bebyggelse på Götaleden: avser överdäckning med bebyggelse ovanpå Götaleden enligt detaljplaneförslag. År 2035 kommer Götaleden att vara överdäckad öster om planområdet, med bebyggelse ovanpå leden här (motsvarande område 2 i Figur 3 sidan 14). Nya Hisingsbron och Västlänken station Centralen är byggd och Centralenområdet är helt utbyggt (alla hus är vid det här laget byggda). År 2035 förväntas även bangårdsförbindelsen vara byggd.

4 Resultat

4.1 Validering av beräkningsmetodik

Beräkningarna är uppdelade på två separata spridningsberäkningar:

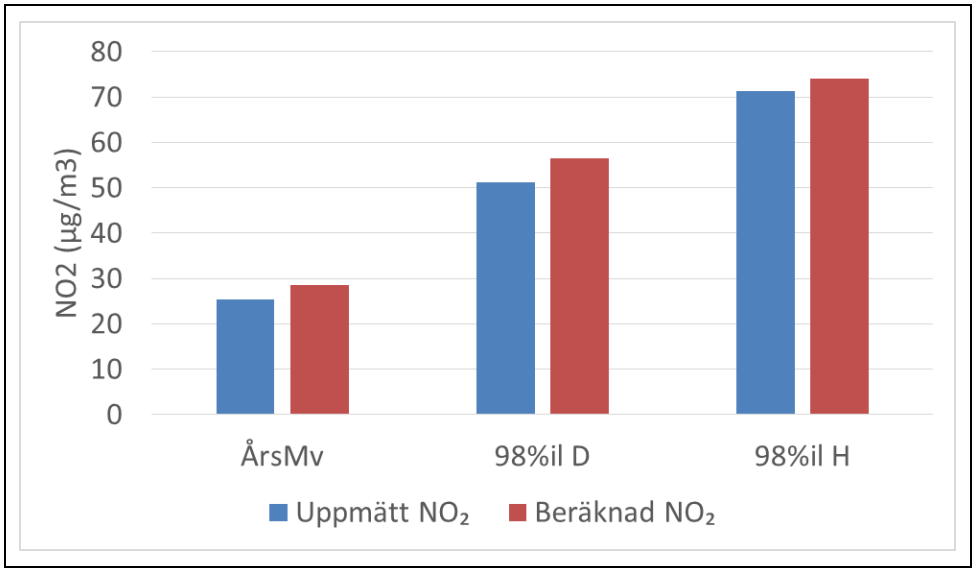
› en för tunnelmynningar och nedsänkt del av Götaleden i schakt

› en med omgivande gator

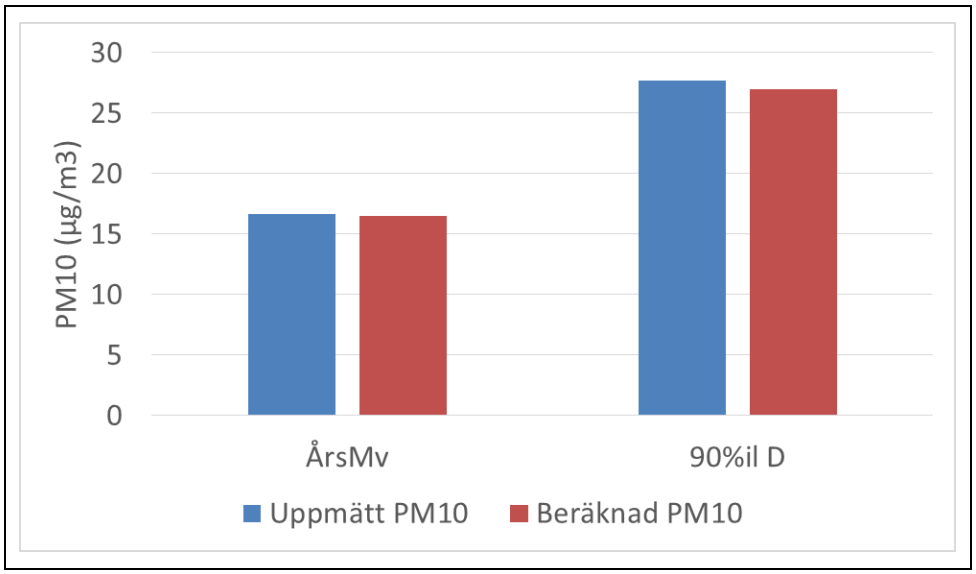
För att erhålla totalhalten läggs resultaten för spridningsberäkningar för tunnelmynning och spridningsberäkningar för omgivande gator ihop timvis. Vidare har den korrigerade urbana bakgrundshalten lagts till (se ovan kap 3.3).

Enligt Luftguiden ska osäkerheten i modellberäkningar av luftföroreningshalter understiga 50 % för tim- och dygnsmedelvärde av NO_2 och för årsmedelvärde av PM_{10}. För årsmedelvärdet av NO_2 ska osäkerheten understiga 30 %. För PM_{10} finns ingen fastställd gräns för osäkerheten avseende dygnsmedelvärdet.

Valideringsberäkningarna har gjort för dagens situation med meteorologi och emissioner för 2015. Resultatet för NO_2 jämfördes med uppmätta halter vid Centralstationen och överenstämmelsen var mycket god (se Figur 9), med mellan 4-13 % överskattning av den beräknade halten. Motsvarande gjordes för $PM_{10.}$ (se Figur 10). Även här sågs god överensstämmelse mellan uppmätt och beräknad halt. Den beräknade halten underskattades med mindre än 5 %.



Figur 9 Jämförelse mellan beräknad och uppmätt NO_2 (µg/m³) vid Centralstationen.



Figur 10 Jämförelse mellan beräknad och uppmätt PM_{10} (µg/m³) vid Centralstationen.

Baserat på ovanstående resultat antas metodiken för beräkningarna i detta komplicerade område vara relevant att använda, avseende emissionsuppskattningar i tunneln och på omgivande vägar, spridning av både tunnel- samt övriga emissioner och illustreringen av 3D-utformningen av området vilket påverkar spridningsförutsättningarna.

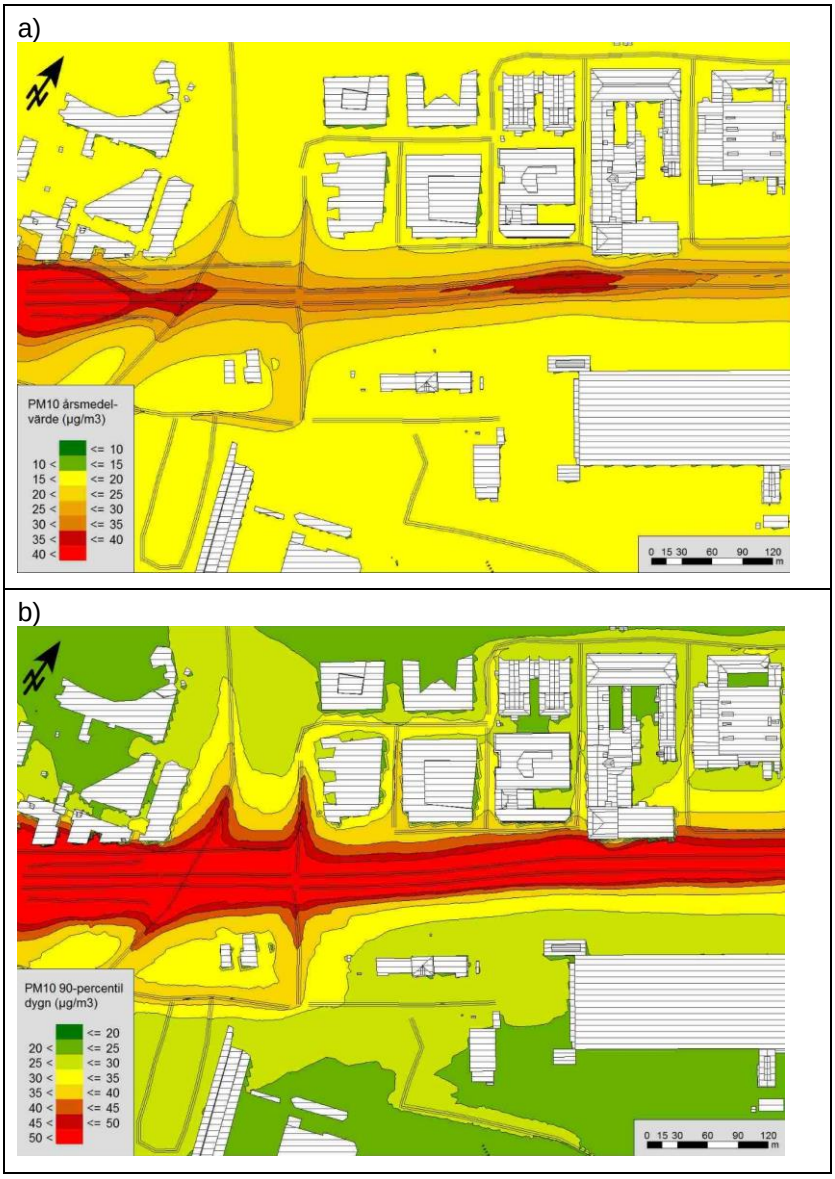
4.2 Nuläge år 2016

Som utgångspunkt för jämförelse med framtida scenarion modellerades Nu-scenariot motsvarande år 2016, med typårets meteorologi. Resultaten visas i Figur 11 och Figur 12.

I Figur 11 visar årsmedelvärdet, 98-percentilen för dygnsmedelvärdet för NO_2 och 98-percentilen för timmedelvärdet för NO_2. Resultatet visar att MKN för årsmedelvärdet överskrids i dagsläget på och intill Götaleden medan miljömålet överskrids i en större del av beräkningsområdet bort till Centralstationen och norrut till Göta älvs strand. MKN för 98-percentilen för dygnsmedelvärdet överskrids i ett större område ner mot Centralstationen och norrut upp mot älvstranden. 98-percentilen för timmedelvärdet överskrider MKN i ett ungefär lika stort område som för dygnsmedelvärdet, och miljömålet i ett ytterligare lite större område.

I Figur 12 visas årsmedelvärdet och 90-percentilen för dygnsmedelvärdet av PM_{10}. MKN överskrids endast vid Götatunnelns mynning för årsmedelvärdet, medan överskridanden av percentilen sker längs hela Götaleden intill några befintliga byggnader. Miljömålet för årsmedelvärdet överskrids i hela området, orsakat av en hög bakgrundshalt, på 14,9 µg/m³, vilket kan jämföras med miljömålet 15 µg/m³. Miljömålet för 90-percentilen för dygnsmedelvärdet överskrids i ett lite vidare område runt Götaleden och in mot Centralstationen.

Figur 11 *Beräknad NO_2-halt (µg/m³) för Nu-scenariot., a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen för dygnsmedelvärdet och c) 98-percentilen för timmedelvärdet. Gul haltgräns indikerar gränsvärdet för miljömålet, röd markerar haltgränsen för MKN för respektive karta. OBS, det finns inget miljömål för 98-percentilen för dygnsmedelvärdet.*

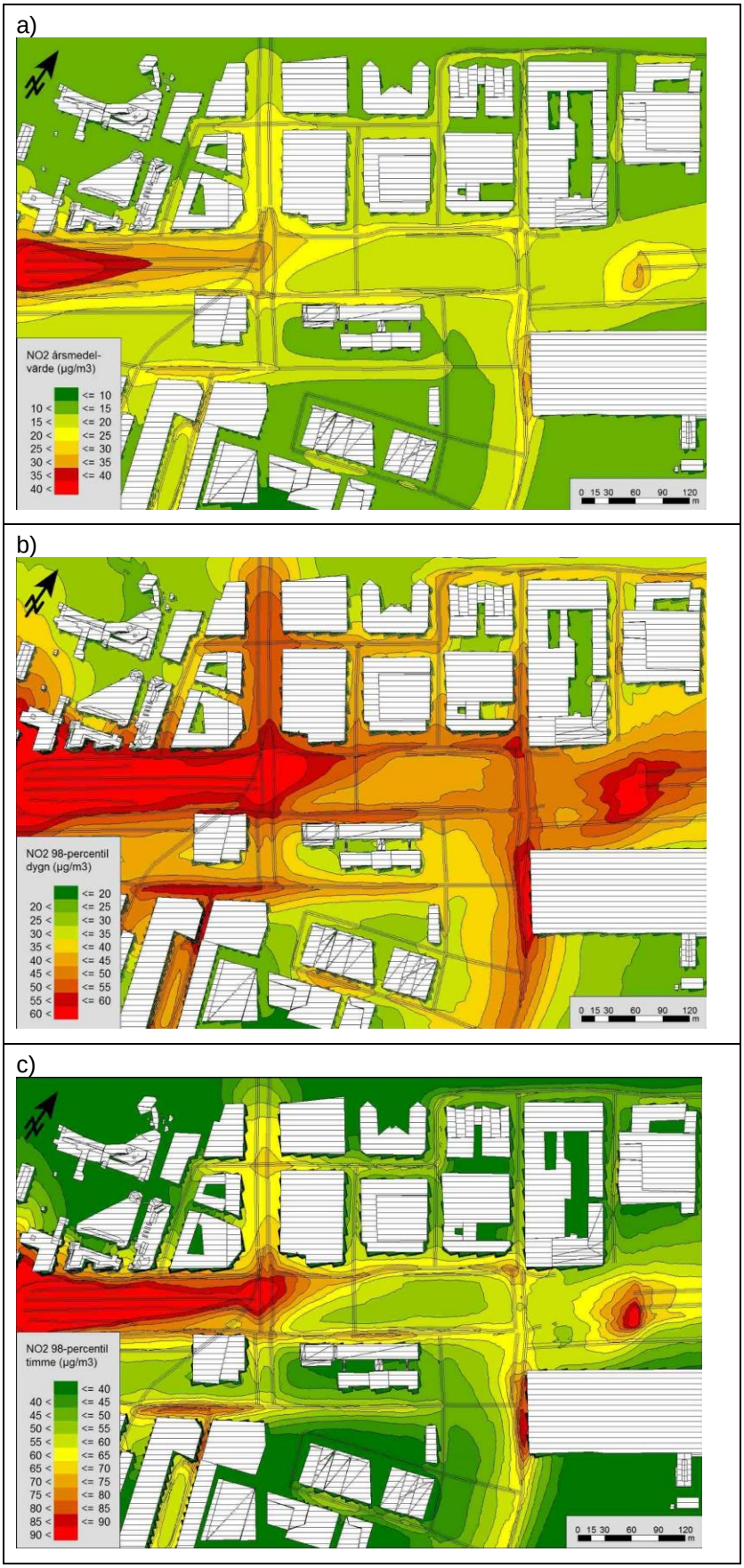


Figur 12 *Beräknad PM_{10}-halt (µg/m³) för Nu-scenariot, a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen för dygnsmedelvärdet. Gul haltgräns indikerar gränsvärdet för miljömålet, röd markerar haltgränsen för MKN för respektive karta.*

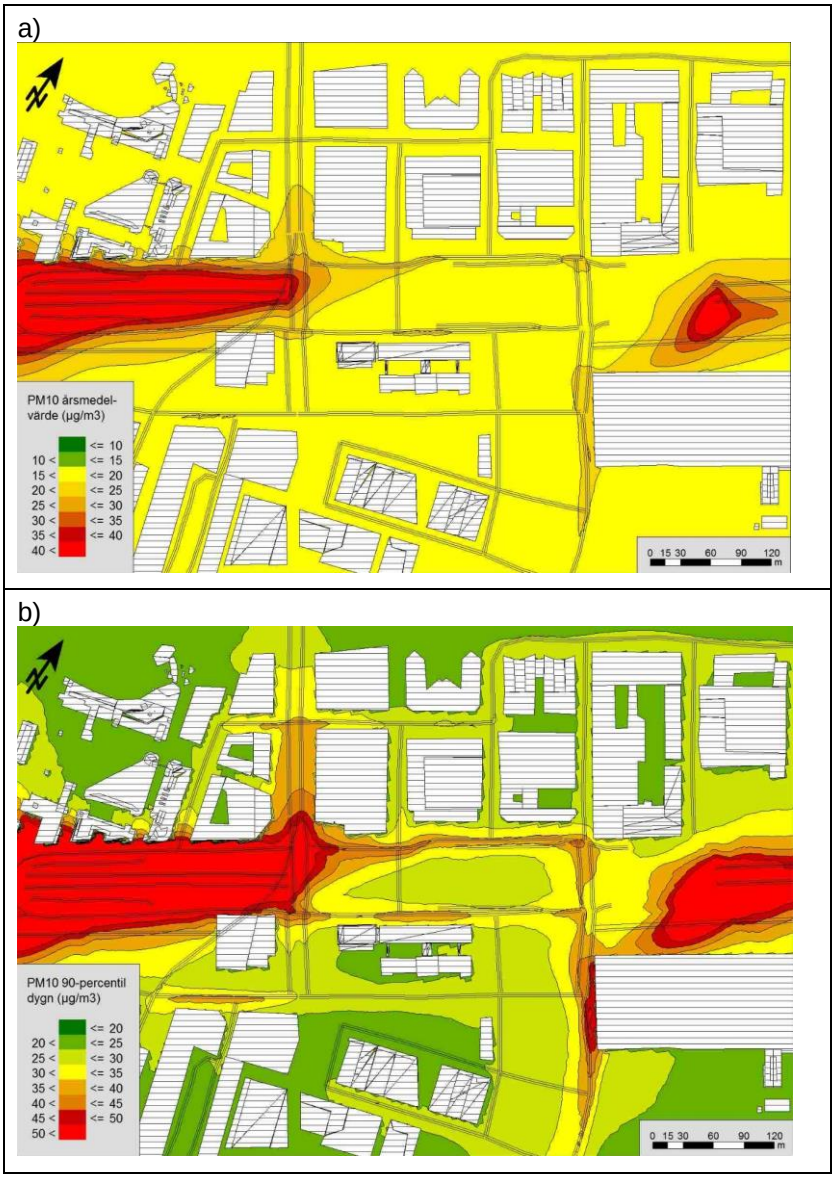
4.3 Noll-scenario år 2026

Spridningsberäkningar har gjorts för Noll-scenariot år 2026, där överdäckningen av Götaleden har genomförts vid planområdet men utan byggnader ovanpå leden. Resultaten för Noll-scenariot visas i Figur 13 och Figur 14.

Resultaten för NO_2 i Figur 13 visar att MKN överskrids vid Götatunnelns mynning för både årsmedelvärdet (Figur 13a), 98-percentil för dygnsmedelvärdet (Figur 13b) och för timmedelvärdet (Figur 13c) samt vid tunnelmynningarna vid överdäckningen för percentilerna. Även intill den förkortade lagerterminalen ses överskridanden av MKN för percentilerna. Miljömålet för årsmedelvärdet och för 98-percentilen för timmedelvärdet överskrids i närheten av Götaleden, tunnelmynningarna och vid andra lite större gator, men i ett mycket mindre område än för Nu-scenariot.



Figur 13 *Beräknad NO_2-halt (µg/m³) för Noll-scenariot, a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen för dygnsmedelvärdet och c) 98-percentilen för timmedelvärdet. Gul haltgräns indikerar gränsvärdet för miljömålet, röd markerar haltgränsen för miljökvalitetsnormen för respektive karta. OBS, det finns inget miljömål för 98-percentilen för dygnsmedelvärdet.*



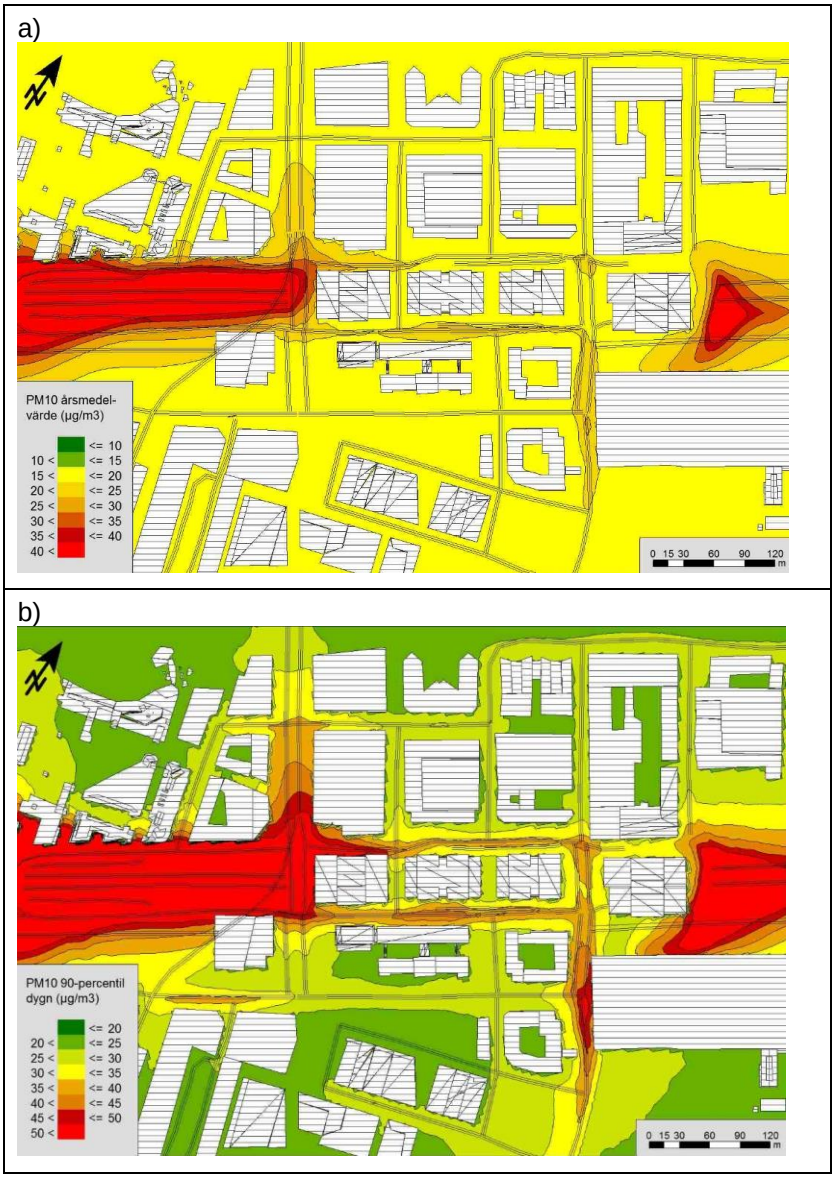
Figur 14 *Beräknad PM_{10}-halt (µg/m³) för Noll-scenariot, a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen för dygnsmedelvärdet. Gul haltgräns indikerar gränsvärdet för miljömålet, röd markerar haltgränsen för MKN för respektive karta.*

För PM_{10} ses att MKN år 2026 fortfarande kommer att överskridas vid Götaleden, vid mynningarna sker överskridanden för både årsmedelvärdet (Figur 14a) och för 90-percentilen av dygnsmedelvärdet (Figur 14b). Percentilen visar även på överskridanden av MKN vid lagerbyggnaden. Liksom för Nu-scenariot överskrids miljömålet för årsmedelvärdet i hela området då samma bakgrundshalt använts. För 90-percentilen av dygnsmedelvärdet finns risk för överskridanden av miljömålet runt Götaleden och längs en del vägar norr och söder om denna.

4.4 Bebyggelsealternativ år 2026

Beräkningar för bebyggelsealternativet har gjorts för två olika år, 2026 respektive 2035. Här visas resultaten för år 2026. Samma trafikmängder och emissionsfaktorer har använts som för Noll-scenariot, enda skillnaden är att här har byggnader uppförts ovanpå överdäckningen över Götaleden (se Figur 2 sidan 10 för bild på den planerade bebyggelsen).

Figur 15 *Beräknad NO_2-halt (µg/m³) för Bebyggelsealternativet år 2026, a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen för dygnsmedelvärdet och c) 98-percentilen för timmedelvärdet. Gul haltgräns indikerar gränsvärdet för miljömålet, röd markerar haltgränsen för miljökvalitetsnormen för respektive karta. OBS, det finns inget miljömål för 98-percentilen för dygnsmedelvärdet.*



Figur 16 *Beräknad PM_{10}-halt (µg/m³) för Bebyggelsealternativet år 2026, a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen för dygnsmedelvärdet. Gul haltgräns indikerar gränsvärdet för miljömålet, röd markerar haltgränsen för MKN för respektive karta.*

Resultaten för NO_2 visar att för årsmedelvärdet (Figur 15a) sker överskridanden av MKN enbart på Götaleden vid tunnelmynningen samt mynningen vid överdäckningen västerut. Då MKN inte gäller på vägbanor klaras alltså MKN för årsmedelvärdet av NO_2 i detta scenario. Miljömålet för årsmedelvärdet överskrids dock både på Götaleden och intilliggande vägar samt på lokalgator inom planområdet.

MKN för percentilerna för NO_2 (Figur 15b för 98-percentilen av dygnsmedelvärdet och Figur 15c för 98-percentilen av timmedelvärdet) överskrids vid hus A (huset längst västerut ovanpå överdäckningen) för båda percentilerna. Även på vägen vid lagerterminalen intill hus E finns risk för överskridanden av MKN för båda percentilerna. MKN överskrids också vid överdäckningens östra tunnelmynning, men inte i direkt anslutning till husen. Söder om hus B, vid Regionens hus, finns risk för höga värden för percentilerna, som närmar sig gränserna för MKN. Miljömålet för 98-percentilen för timmedevärdet överskrids i ungefär samma område som miljömålet för årsmedelvärdet för det här scenariot.

För årsmedelvärdet av PM_{10} (Figur 16a) ses inga överskridanden av MKN inom planområdet, utan enbart på Götaleden. Miljömålet riskerar att överskridas inom hela beräkningsområdet.

För 90-percentilen av PM_{10} (Figur 16b) finns risk för överskridanden av MKN väster och norr om hus A. Även vid sydöstra hörnet av hus D kan överskridanden ske samt vid lagerterminalen nära hus E. Det finns risk för överskridanden av miljömålet på lokalgatorna inom planområdet samt längs med Götaleden.

4.5 Bebyggelsealternativ år 2035

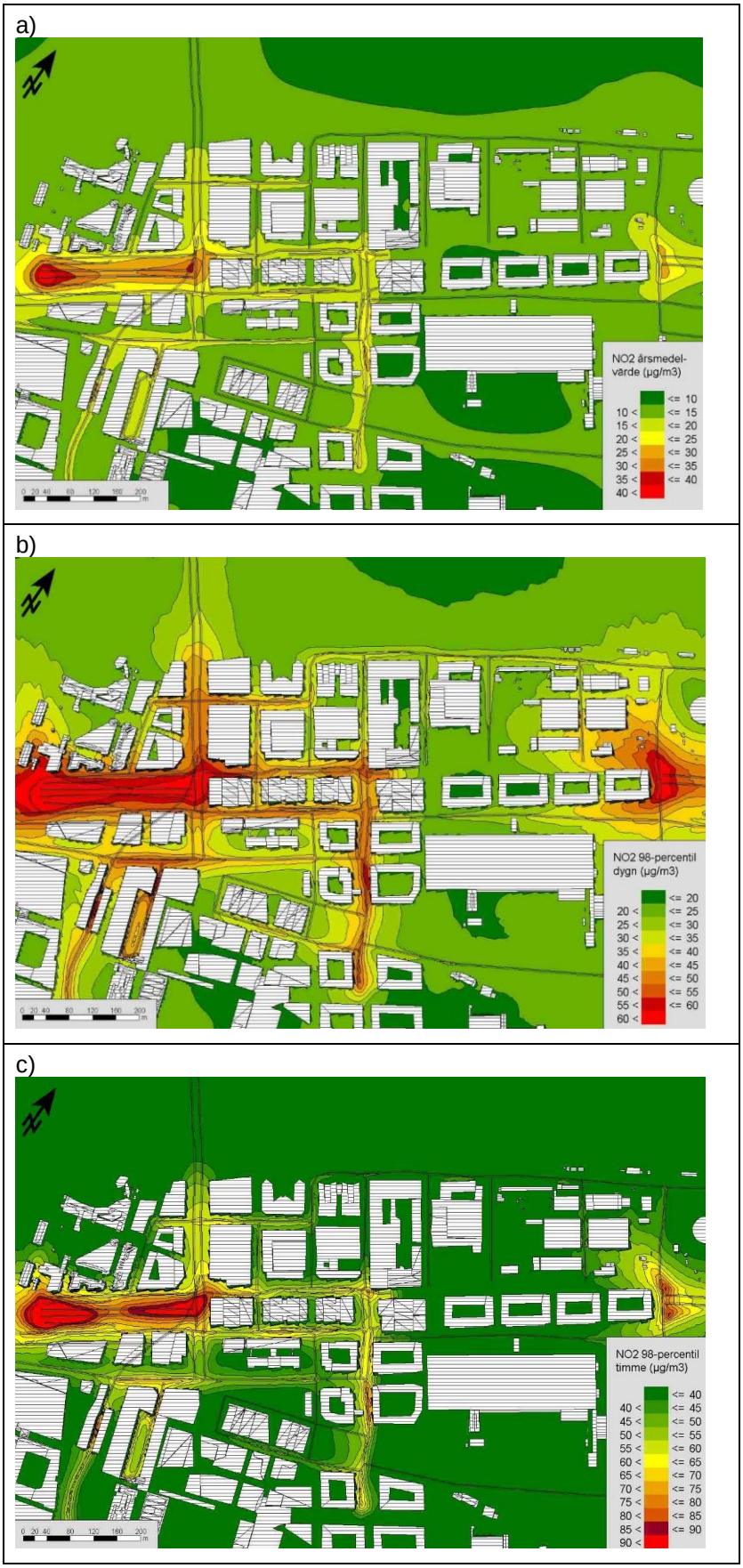
År 2035 antas Götaleden vara överdäckad även öster om planområdet med bebyggelse ovanpå leden. Trafikmängderna är samma som för år 2026, men emissionerna har beräknats med emissionsfaktorer för år 2035, så avgasutsläppen är lägre. Resultaten för beräkningarna för år 2035 visas i Figur 17 och Figur 18.

Årsmedelvärdet av NO_2 (Figur 17a) visar att MKN klaras i hela området utom vid Götaledens tunnelmynning mot Götatunneln. Miljömålet för årsmedelvärdet överskrids vid Götaleden samt i planområdet vid hus A, mellan hus B och Regionens hus, i korsningen norr om hus C samt öster om hus E. Miljömålet överskrids även vid tunnelmynningen österut vid Falutorget.

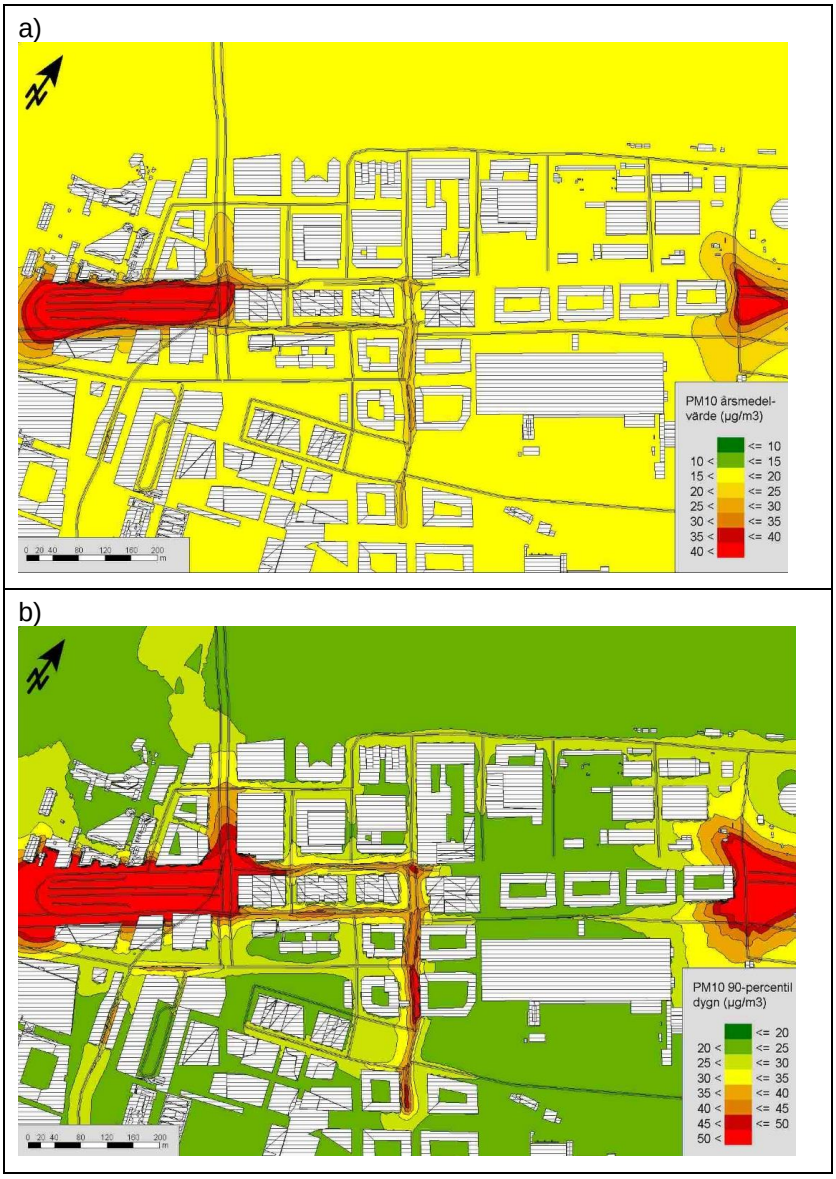
98-percentilen för dygnsmedelvärdet för NO_2 (Figur 17b) visar på överskridanden av MKN vid hus A i västra delen av planområdet. Höga halter ses även längs förlängningen av Kämpegatan över och söder om Götaleden, men inga ytterligare överskridanden av MKN förväntas ske inom planområdet. Även vid östra mynningen av överdäckningen ses halter över MKN vid det närmaste huset ovanpå överdäckningen. För 98-percentilen av timmedelvärdet av NO_2 (Figur 17c) sker överskridanden av MKN enbart vid tunnelmynningarna väster om planområdet, och inte i direkt anslutning till husen. Miljömålet förväntas dock överskridas längs gatorna inne i planområdet. Precis vid östra tunnelmynningen kan det också ske överskridanden av MKN på eller i nära anslutning till Götaleden.

För PM_{10} förväntas det inte ske lika stora utsläppsminskningar mellan år 2026 och 2035 som för NO_2. Detta beror på att det enbart är de avgasrelaterade utsläppen som förväntas minska i och med utvecklingen av bättre förbränning och avgasrening. Mängden partiklar från uppvirvling och slitage av däck och vägbanan antas däremot inte att minska, vilket orsakar den största delen av partikelemissionerna.

Årsmedelvärdet för PM_{10} (Figur 18a) visar överskridanden av MKN vid alla tre tunnelmynningarna (Götatunnelns mynning, överdäckningens västra mynning vid Stadstjänaregatan och överdäckningens östra mynning vid Falutorget). Halter över MKN kan ses vid nordvästra hörnet av hus A. Miljömålet förväntas överskridas i hela området. 90-percentilen av dygnsmedelvärdet för PM_{10} (Figur 18b) visar större områden med överskridanden av MKN vid alla tunnelmynningarna och in bland husen i planområdet runt hus A och längs Kämpegatan mellan hus C och D samt ner vid hus E. Vid östra tunnelmynningen sker överskridanden av MKN vid husen på överdäckningen längst österut. Miljömålet för 90-percentilen av dygnsmedelvärdet överskrids även på lokalgatorna norr och söder om hus A-C samt ner längs Kämpegatan söderut.



Figur 17 *Beräknad NO_2-halt (µg/m³) för Bebyggelsealternativet år 2035, a) årsmedelvärdet, b) 98-percentilen för dygnsmedelvärdet och c) 98-percentilen för timmedelvärdet. Gul haltgräns indikerar gränsvärdet för miljömålet, röd markerar haltgränsen för miljökvalitetsnormen för respektive karta. OBS, det finns inget miljömål för 98-percentilen för dygnsmedelvärdet*



Figur 18 *Beräknad PM_{10}-halt (µg/m³) för Bebyggelsealternativet år 2035, a) årsmedelvärdet och b) 90-percentilen för dygnsmedelvärdet. Gul haltgräns indikerar gränsvärdet för miljömålet, röd markerar haltgränsen för MKN för respektive karta.*

5 Diskussion

Beräkningarna för planområdet omfattar dels en mycket komplicerad miljö spridningsmässigt då det förekom stor variation av hushöjden (26-40 m) varav många av byggnaderna var höga. Detta kan ofta vara en fördel avseende möjligheten för frisk luft att tillföras till området och även att spridningen kan bli förhållandevis effektiv med hjälp av turbulens. I detta fall har dock kringliggande områden också relativt höga luftföroreningshalter varför det finns begränsat med ren luft att tillföra, speciellt vid de tillfällen som MKN överskrids. För NO_2 inträffar detta främst vid inversionstillfällen och/eller stabila luftskiktningar. Orsaken är att utbytet med renare luft från områden utanför Göteborgs centrala delar (utanför den s.k. värmeön) och även den vertikala nedblandning är ytterst begränsad. För Göteborgs del inträffar detta så pass ofta så det även ger avtryck i årsmedelvärdet.

För PM_{10} inträffar de högsta halterna främst under senvinter och vår då tidigare ackumulerade partiklar virvlas upp (s.k. resupension) då vägbanorna torkar. Detta sker ofta samtidigt med förekomst av stabila högtryck som härrör från mer kontaminerade delar av Europa varpå bidrag från långdistanstransport kan bli högt vilket ger en hög bakgrundshalt varför inblandningen av renare luft blir begränsad.

För PM_{10} överskrids miljömålet för årsmedelvärdet inom hela området eftersom bakgrundshalten som adderats till haltbidraget från vägarna är så pass hög (14,9 µg/m³). För att komma ner till nivåer där miljömålet klaras för detta område så måste alltså både det urbana och det lokala bidraget minskas. Det urbana bakgrundsbidraget, som även innehåller bidrag från långdistanstransporterade partiklar, påverkar även möjligheten att klara MKN, och en minskning behövs av både bakgrundshalten och det lokala bidraget för att normerna ska klaras i området.

Göteborgs stad har även ett lokalt miljömål för frisk luft med preciseringar för dygnsmedelvärdet för PM_{10} och årsmedelvärdet för NO_2. PM_{10}-halterna ska utvärderas i marknivå, vilket gjorts i haltkartorna i resultatdelen, och resultaten visar att överskridanden av detta mål kommer ske i alla scenarier. Det lokala miljömålet för årsmedelvärdet av NO_2 ska enligt preciseringen klaras vid 95 % av alla förskolor och skolor i Göteborg samt vid bostaden hos 95 % av göteborgarna. År 2026 överskrids miljömålet längs alla gator i planområdet, men år 2035 ser situationen något bättre ut avseende miljömålet med halter på 20 µg/m³ eller lägre runt alla hus utom hus A. Halter över miljömålet ses dock på gatorna utanför hus B, D och E, men inte direkt vid husväggarna.

Förutom den komplicerade miljön avseende spridningsförutsättningar så försvårades även möjligheterna att simulera spridningen på för området ett realistiskt sätt då en stor del av emissionerna för området härrörde från en eller flera nedsänkta tunnelmynningar. Det finns modeller där tunnelmynningar sägs kunna hanteras men inte nedsänkta sådana. Förutom problematiken kring simulering av spridningen av föroreningarna så är det inte heller helt självklart hur emissionerna i tunnels åskådliggörs. Detta hade även uppmärksammats av Brydolf och Johansson (2011) i Stockholm där man genomfört mätningar kring en tunnelmynning samt testat fram relevant fördelning av emissionerna. Baserat på dessa mätningar och metodik för emissionsfördelning genomfördes först motsvarande test för Stockholm med gott resultat, varför metodiken antogs vara relevant även för Götatunneln och överdäckningen.

Då emissionerna skedde på nivåer lägre än markplan genomfördes tunnelberäkningarna separat för att därefter adderas till beräkningarna för övriga gator. Validering av hela beräkningsmetodiken gjordes genom jämförelse mellan beräknade och uppmätta halter vid en mätvagn (MF) placerad mellan Centralstationen och planområdet. Då resultatet blev

mycket bra antogs det relevant att använda metodiken även för de fortsatta beräkningarna.

För att förtydliga resultatet från alla ovanstående kartorna och kunna göra en sammanlagd bedömning om risken för överskridande av MKN och miljömålet Frisk luft, har en sammanfattande tabell gjorts för beräkningarna 2026 och 2035 (Tabell 5). Markering har gjorts om det föreligger risk för överskridande (markeras med JA) eller ej (markeras med NEJ) av både MKN och miljömålet samt om överskridanden endast sker i områden där avsteg från MKN kan göras, t.ex. tunnelmynningar (markeras med TM).

Tabell 5 Sammanställning av risk för överskridanden inom planområdet av MKN eller miljömålet. JA= om risk föreligger NEJ=inte risk, TM=höga halter endast vid tunnelmynningar. Röda fält visualiserar haltgränser som absolut inte får överskridas.

Scenario	Parameter	MKN	miljömålet
2016	*NO_2 år*	JA	JA
	NO_2 98%il dygn	JA	-
	NO_2 98%il timme	JA	JA
	PM_{10} år	JA	JA
	PM_{10} 90%il dygn	JA	JA
2026	*NO_2 år*	TM	JA
	NO_2 98%il dygn	JA	-
	NO_2 98%il timme	JA	JA
	PM_{10} år	NEJ	JA
	PM_{10} 90%il dygn	JA	JA
2035	*NO_2 år*	NEJ	JA
	NO_2 98%il dygn	JA	-
	NO_2 98%il timme	TM	JA
	PM_{10} år	TM	JA
	PM_{10} 90%il dygn	JA	JA

Enligt resultaten visualiserade i Tabell 5 finns risk för överskridanden av MKN för 5 av ovanstående 10 MKN för framtidsscenarierna på platser vid eller i nära anslutning till bebyggelsen, 3 år 2026 och 2 år 2035. Även miljömålet för Frisk luft överskrids för alla parametrar och scenarier. Det är därmed en utmaning att exploatera detta område, framför allt med bostäder, samtidigt som det på sikt finns en stor potential att det kommer att bli bättre om biltrafiken minskar. Men då halterna 2035 fortfarande visar på överskridanden för hela området, alltså inte bara för planområdet, så rekommenderas att åtgärder, sannolikt ganska omfattande, genomförs. Detta skulle sannolikt gynna även framtida exploatering i närområdet, exempelvis Gullbergsvass och kring Centralen och beroende på åtgärd även andra sidan av Götatunneln, d.v.s. Järnvågen och Masthugget. Förslag på olika åtgärder presenteras nedan.

6 Förslag på åtgärder

Då beräkningarna visat på risk för höga halter och överskridanden av MKN och miljömål både år 2026 och 2035 behövs åtgärder vidtas för att förbättra luftkvaliteten i området. Många gånger kan åtgärder i form av förändrad utformning eller lokalisering av byggnaderna göra stor nytta genom avspärrning av intransport av föroreningar till känsliga områden eller genom att skapa förbättrade spridningsförutsättningar som exempelvis ökad nedtransport av ren luft. Denna typ av åtgärder kommer dock inte att vara aktuell för det

undersökta området på grund av att möjligheterna för förändrad byggnadsutformning är mycket begränsad till följd av att överdäckningen är designad för maximalt denna höjd på husen. Dessutom, enligt resonemang enligt ovan kommer sannolikt den ofta positiva effekten bli begränsad till följd av alltför kontaminerad luft i omgivningen.

Trafiken står för stora emissioner i och nära planområdet, med störst bidrag från Götaleden och tunnelmynningarna. En minskad trafikmängd skulle ge lägre emissioner och därmed lägre halter. Tung trafik släpper ut mycket mer luftföroreningar än personbilar, och en minskning av andelen tung trafik på Götaleden skulle också ha en positiv effekt på luftkvaliteteten. Andra tänkbara åtgärder som kan ge en positiv effekt är lägre hastighet på Götaleden vilket skulle minska PM_{10}-emissionen och därmed PM_{10}-halten. Denna åtgärd skulle inte nödvändigtvis ha en positiv effekt för NO_2-halterna då avgasemissionerna tenderar att öka vid lägre hastigheter (vid hastigheter under ca 90 km/h).

Andra ”vanliga” åtgärder är att använda vegetation som filter, men detta ger, enligt litteraturen (exempelvis Irga m. fl. 2015) endast en påtaglig effekt för partiklar och inte för NO_2. Vegetationsridåer ger dessutom bäst effekt då det används som ett filter mellan en väg och det känsliga området på insidan vägen, och inte som i detta fall, ett planområde som är omgärdat på alla sidor dels både över (Hisingsbron) och underifrån (tunnelmynningarna).

Det framgår av de uppdelade spridningsberäkningarna (tunnel och gator var för sig - se Bilaga E) att en stor del av problemen för detta område härrör från Götatunneln varför åtgärder som innefattar en begränsning av detta bidrag är det som skulle ge absolut bäst resultat. Därför föreslås att även resterande del mellan dagens tunnelmynning och den nya överdäckningen även täcks över (område 0 i Figur 3 sidan 14). Då det tycks vara komplicerat att göra en tung konstruktion på denna del skulle exempelvis ett glastak eller liknande väster om hus A till åtminstone 100 m ut från tunnelmynningen troligen göra stor nytta. Observera dock att om denna del också överdäckas kommer tunnelemissionerna öka öster om överdäckningen vid Falugatan, och även i andra änden av Götatunneln vid Järnvågen.

Den bästa åtgärden skulle sannolikt vara att ventilera bort luften i tunnlarna, både Götatunneln och överdäckningen, eventuellt i kombination med en hel överdäckning. Detta skulle därmed minska eller helt eliminera bidraget från tunnelmynningarna, på båda sidorna av tunneln. Förutom bättre luftmiljö vid Centralen och omgivande nya och gamla områden, skulle detta sannolikt även förbättra miljön vid Järnvågen, som borde ha liknande problembild som vid Centralen, speciellt efter utbyggnad.

För att säkerställa att miljön blir tillräckligt bra efter bortventilering av tunnelluften och/eller hel överdäckning så föreslås kompletterande beräkningar av detta, för bedömning om åtgärden skulle ge en tillräckligt bra effekt på luftkvaliteten och hur mycket som i så fall skulle behöver ventileras bort och rimligheten i detta. Vid ytterligare beräkningar av denna typ av åtgärdsförslag behöver enbart tunnelberäkningarna räknas om, de redan beräknade haltbidragen för markplan kan användas igen.

7 Referenser

Brydolf och Johansson (2011). *Avståndets betydelse för luftföroreningshalter vid vägar och tunnelmynningar. Jämförelser mellan uppmätta och beräknade halter av kväveoxider (NO_x).* SLB-analys, Stockholm och Uppsala läns luftvårdsförbund. LVF 2010:22.

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (2001) *Massnahmen zur Reduktion von PM10-Emissionnen.* Schlussbericht. BUWAL Abteilung Luftreinhaltung und NIS, January, 2001.

Fridell, E., Ferm, M., Björk, A., & Ekberg, A. (2010). *Emissions of particulate matter from railways – emission factors and condition monitoring*. Transportation Research Part D: Transport and Environment. Volume 15, Issue 4, June 2010, Pages 240–245

Göteborgs stads hemsida, trafikmängdsuppgifter: www.goteborg.se. Hämtat februari-mars 2016.

Haeger-Eugensson m.fl. (2010): Vägtrafikens bidrag till kvävedioxid- och partikelhalter vid Gårda. För Trafikverket Region Väst. IVL-rapport U2764.

Haeger-Eugensson m.fl. (2014a), Nya spridningsberäkningar avseende partiklar runt samverkanscentralen – Park1. COWI-rapport A055042.

Haeger-Eugensson och Forsman (2014b): Effekten av olika åtgärder avseende partiklar till luft samverkanscentralen – park1. COWI-rapport A055042B.

IIASA (N.d.). Hämtad 2016-04-19 från http://www.iiasa.ac.at/~rains/PM/docs/documentation.html

Irga m. fl. (2015). *Does urban forestry have a quantitative effect on ambient air quality in an urban environment?* Atmospheric Environment 120, 173-181

Lenschow m. fl.. (2001): Some ideas about the sources of PM_{10}. Atmospheric Environment 35 Supplement No. 1 (2001) S23–S33

Naturvårdsverket (2014). *Luftguiden Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft*. 2014:1.

Trafikkontoret Göteborgs Stad, Karin Björklind (2016). Trafikflödesinformation för mätningar i Götatunneln för åren 2012-2015.

Transphorm (2009). *Report on emission factors for wear particles from railways*.Deliverable D1.2.6, type R.

Yang m.fl. (2008): *Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago*. Atmospheric Environment 42 (2008) 7266–7273

Bilaga A Beskrivning MISKAM-modellen

MISKAM (Microscale Climate and Dispersion Model). MISKAM-modellen är en av de idag mest sofistikerade modellerna för beräkning av spridning avseende luftföroreningar i mikroskala. Det är en tredimensionell dispersionsmodell som kan beräkna vind- och haltfördelningen med hög upplösning i allt från gaturum och vägavsnitt till kvarter eller i del av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tre-dimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under flow d.v.s. effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt eller linje- eller ytkällor.

Modellen simulerar ett tredimensionellt vindfält över beräkningsområdet varför t.ex. turbulens runt hus samt s.k. trafikinducerad turbulens och därmed marknära strömningsförhållanden återges på ett realistiskt sätt. Denna typ av modell lämpar sig därmed väl även för beräkningar inom tätbebyggda områden där beräkning av haltnivåer ner i markplan skall utföras.

MISKAM är speciellt anpassad för planering i planeringsprocesser av nya vägdragningar eller nybyggnation i urbana områden. Modellen är utvecklad av The Institut für Physik der Atmosphäre of the University of Mainz.

MISKAM-modellen ingår i ett modellsystem s.k. SoundPLAN där även externbuller kan beräknas. Programmet kan räkna i enlighet med alla större internationella standarder, inklusive nordiska beräkningsmetoder för buller från industri, vägtrafik och tågtrafik. Resultatet kan bestämmas i enskilda punkter eller skrivas ut som färgkartor för större ytor.

Bilaga B Miljökvalitetsnormer och miljömål

Miljökvalitetsnormer av NO_2 och PM_{10}

I samband med att Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999 infördes miljökvalitetsnormer som ett nytt styrmedel i svensk miljörätt. Systemet med miljökvalitetsnormer regleras framförallt i Miljöbalkens 5:e kapitel. Till skillnad mot gränsvärden och riktvärden skall miljökvalitetsnormerna enbart ta fasta på vad människan och naturen tål utan hänsyn till ekonomiska intressen eller tekniska förhållanden. En norm kan meddelas om det behövs för att i förebyggande syfte eller varaktigt skydda människors hälsa eller miljön. De kan även användas för att återställa redan uppkomna skador på miljön.

De miljökvalitetsnormer som först fastställdes i svensk lagstiftning behandlade högsta tillåtna halter i utomhusluft av svaveldioxid, kvävedioxid och bly (SFS 1998:897). Den 19 juli 2001 trädde en ny förordning om miljökvalitetsnormer i kraft (SFS 2001:527). Denna ersatte den gamla förordningen och behandlade normer för bl.a. kvävedioxid och partiklar (PM_{10}). Förordningen (SFS 2001:527) har uppdaterats vid ett antal tillfällen och idag gäller Luftkvalitetsförordningen SFS 2010:477 och Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet, NFS 2013:11. Gällande miljökvalitetsnormer för NO_2 och PM_{10} i utomhusluft redovisas i Tabell B.1.

Tabell B.1 Miljökvalitetsnormer för utomhusluft enligt Luftkvalitetsförordningen SFS 2010:477. Normerna avser halt i luft för skydd av människors hälsa i utomhusluften med undantag av arbetsplatser samt vägtunnlar och tunnlar för spårbunden trafik. Där inget annat anges är enheten µg/m³.

Förorening	Årsmedelvärde	Dygnsmedelvärde – värdet får överskridas 35 ggr per kalenderår (90-percentil)	Dygnsmedelvärde – värdet får överskridas 7 ggr per kalenderår (98-percentil)	Timmedelvärde – värdet får överskridas 175 ggr per kalenderår [1)] (98-percentil)
Kvävedioxid (NO_2)	40	-	60	90
Partiklar - PM_{10}	40	50	-	-

[1)] Värdet får överskridas 175 gånger per kalenderår förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

Var gäller miljökvalitetsnormerna för utomhusluft?

På följande platser anser Naturvårdsverket att MKN 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*. I gatumiljö bör därför luften där normer tillämpas vara representativ för en gatusträcka på minst 100 meter.

**T.ex. direkt i anslutning till frånluft från exempelvis tunnel.*

Vad gäller normers årsmedelvärden tillämpas de enbart i utomhusluft för vilken enskilda människor direkt eller indirekt exponeras för under längre perioder, t.ex. utomhusluften vid vägar angränsande till bostäder, skolor, daghem och vårdboenden.

Normers nivåer för årsmedelvärde är satta för att skydda mot långtidsexponering. Vad gäller normers värden för dygn och timmar tillämpas de utöver platser där människor vistas under längre tider även där människor vistas under kortare perioder, t.ex. generellt i stadsmiljön längs med gång- och cykelbanor, torg, parker, (dock ej för gång- eller cykelbana korsande väg). Dessa nivåer är satta för att ge skydd för korttidsexponering av föroreningarna.

Miljömål

Det svenska miljömålssystemet innehåller ett generationsmål, sexton miljökvalitetsmål och tjugofyra etappmål (www.miljomal.se). Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljökvalitetsmålen ska nås. Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till. Det finns även preciseringar av miljökvalitetsmålen. Preciseringarna förtydligar målen och används i det löpande uppföljningsarbetet av målen. Ett av målen, Frisk luft, berör direkt halter i luft av olika föroreningar. Nedan redovisas preciseringar av miljökvalitetsmålet ”Frisk luft”.

Frisk luft

Miljömålet ”Frisk luft” definieras enligt följande: Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas. I miljökvalitetsmålet ”Frisk luft” finns preciseringar som avser halter i luft av kvävedioxid och partiklar, se Tabell 2:2.

Tabell B.2 Preciseringar avseende kvävedioxid och partiklar för miljökvalitetsmålet ”Frisk luft”.

Förorening	Årsmedelvärde	Dygnsmedelvärde	98-percentil för timmedelvärden under ett år [1)]
Kvävedioxid (NO_2)	20	-	60
Partiklar (PM_{10})	15	30	-

[1)] Värdet får överskridas 175 gånger per kalenderår.

Referenser

Miljömålsportalen: www.miljomal.nu

SFS 2001:112 och SFS 2001:527 (2001), Förordning om miljökvalitetsnormer för utomhusluft.

SFS 2010:477, Uppdaterad förordning om miljökvalitetsnormer för utomhusluft.

Bilaga C Trafik 2016

Gata	ÅDT Bil	ÅDT Lastbil	ÅDT buss på egen vägbana	ÅDT spår-vagn
Mårten Krakowgatan	48 386	6 598	0	
Götatunneln	46 702	6 368	0	
Stadstjänaregatan S om Götaleden	19 140	2 610	0	
Götaälvbron	16 438	1 049	0	690
Bergslagsgatan V om rondellen	13 781	1 879	0	
Nils Ericsonsgatan (Köpmansgatan – Spannmålsgatan)	12 632	1 723	1 700	370
Drottningtorget	12 128	2 140	0	
Stadstjänaregatan N om Götaleden	9 187	1 253	0	
Götaleden(1)	7 886	1 075	0	
St Eriksgatan	7 656	1 044	0	
Gullbergs Strandgata (Falutorget – Tingstadstunneln)	6 729	1 188	0	
Falutorget	6 499	722	0	
Påfart Götatunneln	5 895	804	0	
Gullbergs Strandgata (Kilsgatan – Falutorget)	5 090	566	0	
Gullbergs Strandgata (Hamntorgsgatan – Kilsgatan)	4 698	522	0	
Bergslagsgatan Ö om rondellen	4 176	1 044	0	
Vikingsgatan	4 133	218	0	
Partihandelsgatan väster om Gullbergsmotet	3 946	1 535	0	
Västra Sjöfarten	3 698	0	653	
Kämpegatan	2 480	131	0	
Torsgatan	2 480	131	0	
Trollhättegatan	2 480	131	0	
Kruthusgatan	2 182	689	0	
Östra Hamngatan norr om Nordstan	1 566	174	550	320
Östra Hamngatan (Norra Hamngatan – Köpmansgatan)	1 455	198	900	320
Avfart Götatunneln	1 378	188	0	
Nils Ericsonsgatan (Norra Hamngatan – Köpmansgatan)	1 281	111	0	370
Östra Hamngatan (Köpmansgatan – Spannmålsgatan)	1 225	167	900	320
Kilsgatan	827	44	0	
Nils Ericssonterminalens bussområde och utfart	0	0	800	

Bilaga D Trafik 2026 och 2035

Numrering*	Gata	ÅDT Bil	ÅDT Lastbil	ÅDT Buss	ÅDT Spårvagn
1	Hisingsbron	26 800	1 400	1 900	1 300
2	Stadstjänarebron	17 700	900	400	0
3	Stadstjänaregatan	9 800	500	600	0
4	Bergslagsgatan västra delen	9 200	500	1 600	0
5	Bussgata till NE-terminalen	0	0	1 100	0
6	Nils Ericsonsgatan	1 000	100	1 500	600
7	Busspåfart till Hisingsbron 1	0	0	1 500	600
8	Ö Hamngatan norr om Nordstan	0	0	500	0
9	Busspåfart till Hisingsbron 2	0	0	700	700
10	Östra Hamngatan	0	0	700	700
11	St Eriksgatan	0	0	700	0
12	Götatunneln	54 600	6 100	100	0
13	Götaleden tunnel-Stadstjänaregatan	47 300	5 300	0	0
14	Påfart Götatunneln	5 100	300	0	0
15	Norra Sjöfarten	2 600	100	0	0
16	Avfart från Götatunneln	2 500	100	0	0
17	Södra Sjöfarten	5 500	300	0	0
18	Västra Sjöfarten	8 000	400	0	0
20	Södra Sjöfarten efter avfart	7 900	400	0	0
21	Norra Sjöfarten innan påfart	7 500	400	0	0
22	Hamntorgsgatan	1 800	100	0	0
24	Bergslagsgatan östra delen	1 000	0	1 000	0
25	Ny gata	13 200	700	100	0
26	Ny gata	10 900	600	100	0
27	Ny gata	15 800	800	0	0
28	Avfart från Götaleden efter Stadstjänarebron	2 600	100	100	0
29	Påfart till Götaleden innan Stadstjänarebron	3 300	200	0	0
30	Ny gata	16 400	900	100	0
31	Kämpegatan	2 480	131	0	0
32	Ny bro över leden vid Kämpegatan	16 700	900	100	0
33	Kämpegatan söder om leden	20 800	1 100	200	0
34	Kämpegatan söder om rondellen	23 600	1 200	600	0
35	Götaleden Stadstjänarebron-Kämpebron	41 800	4 600	0	0
36	Götaleden öster om Kämpegatan	41 700	4 600	100	0
37	Norra Sjöfarten öster om Kämpegatan	5 900	300	200	0
38	Södra Sjöfarten öster om Kämpegatan	10 700	600	100	0
39	E45 Mårten Krakowgatan	57 300	6 400	400	0
40	Ny gata	1 653	87	0	0
41	Bergslagsgatan östra delen, sista biten	1 653	87	0	0
42	Ny gata	1 653	87	0	0
43	Ny gata	1 653	87	0	0

44	Ny gata	827	44	0	0
45	Ny gata	1 240	65	0	0
46	Ny gata	6 200	326	0	0
47	Ny gata	15 290	805	0	0
48	Ny gata	1 653	87	0	0
49	Ny gata	5 786	305	0	0
50	Ny gata	1 240	65	0	0
51	Vikingsgatan	4 133	218	0	0
52	Kilsgatan	827	44	0	0
53	Torsgatan	2 480	131	0	0
54	Trollhättegatan	2 480	131	0	0
55	Ny gata	2 480	131	0	0
56	Falutorget	7 439	392	0	0
57	Gullbergs Strandgata öster om Falutorget	5 786	305	0	0
58	Gullbergs Strandgata väster om Falutorget	6 612	348	0	0
59	Partihandelsgatan öster om Falutorget	5 786	305	0	0
60	Partihandelsgatan väster om Falutorget	2 480	131	0	0
61	Gata över leden från Vikingsgatan	827	44	0	0
62	Ny gata	5 786	305	0	0
63	Ny gata	3 306	174	0	0

**Numrering: Nummer 1-39 motsvarar numreringen i Figur 5a, medan övriga gator motsvarar de gator som ses i kartorna i Figur 5b och Figur 5c. Trafikmängderna i kartorna är i tabellen omräknade från ÅMVD till ÅDT.*

Bilaga E Modellering av tunnelemissioner

1. Introduktion

En nödvändig förutsättning för att bedöma luftkvaliteten vid bebyggelsen ovanpå överdäckningen av Götaleden var att på ett så korrekt sätt som möjligt återge spridningen och därmed haltbidraget av föroreningar vid och runt de tunnelmynningar och rampmynningar som finns, vilket kommer att adderas till den redan höga haltnivån inom planområdet. Problemställningen är både att geografiskt lokalisera emissionen rätt, det vill säga hur mycket emissioner kommer ut tunnelmynningen, därefter redogöra hur dessa sprids på ett realistiskt sätt.

För att kunna göra en bra modellering av spridningen av föroreningar från tunnel- och rampmynningar har en genomgång gjorts av tidigare studier som finns på området. Det finns i dagsläget ingen vedertagen metodik för modellering av tunnelutsläpp, speciellt inte om tunnelmynningen är nedsänkt i förhållande till omgivande markyta. COWI har därför utgått från de få exempel som finns beskrivna i litteraturen, vilka har vidareutvecklats, testats och validerats mot tidigare genomförda mätningar vid en tunnelmynning i Stockholm. Metoden applicerades därefter på aktuella förhållanden vid överdäckningen i Göteborg (se vidare nedan).

2. Syfte

Att beskriva metoden för uppskattning och spridning av NO_2 vid nedsänkta tunnelmynningar.

3. Bakgrund

I litteraturen finns det ett antal modeller som anges kunna ta hänsyn till spridning från tunnelmynningar (bl.a. GRAAL, Öttl, 2014). Dessa antar en spridning från en mynning i (eller i vissa fall över) markplan. Om tunnelmynningen ligger nedsänkt i förhållande till omgivande markyta, ofta i förhållandevis djupa schakt, kommer spridningen av luftföroreningar från tunneln försvåras då dessa först måste blandas upp till marknivå och sedan vidare ut i omgivningen. Om dessutom, som för fallet överdäckningen av Götatunneln, mynningen och schakten är omgärdat av mer eller mindre kompakt och hög bebyggelse blir spridningen ytterligare mer komplicerad. Studier som täcker in alla dessa förutsättningar har inte återfunnits i litteraturen.

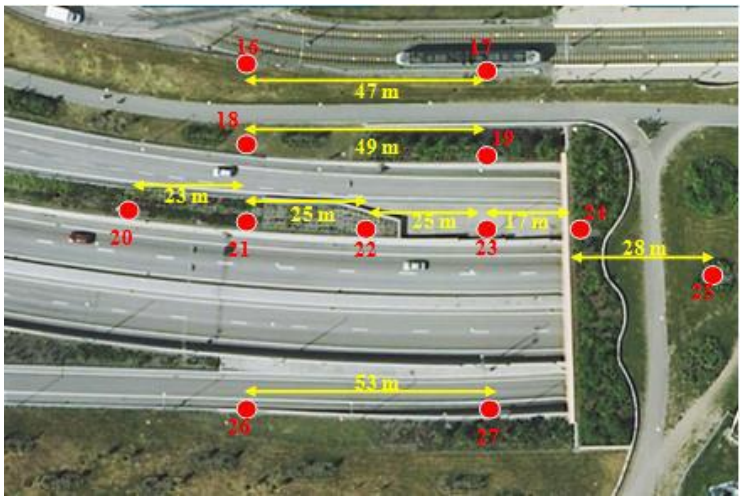
En studie som innefattar dispersionen vid tunnelmynningar genomfördes av Guordol m.fl. (2004) där spridningen studerade i vindtunnel. Resultaten visade att gaturummet vid tunnelmynningen påverkade hur strömmen av förorenad luft som kommer ut ur tunnelmynningen blandas med de högre luftlagren. Luftströmmens påverkan på hastigheten i luftlagret över gaturummet var liten. För att modellera detta använde Guordol en linjekälla för vägen ut från tunneln med en Gaussisk plymkälla för de ackumulerade tunnelemissionerna.

En litteraturstudie om luftkvaliteten i och runt tunnlar har även gjorts i Australien 2008 (Longley och Kelley 2008). Här konstaterades att tunnlar ofta byggs med syfte att förbättra luft- och bullersituationen, men att en konsekvens av detta blir att

stora mängder luftföroreningar släpps ut via tunnelmynningarna och orsakar lokalt höga halter. Mätningar har visat på förhöjda halter av föroreningar inom 100-200 meter från mynningarna.

En utmaning när det gäller modellering av tunnelutsläpp är att de flesta modeller inte klarar av att modellera tunnelmynningar med deras nedsänkta vägbanor, instängda gaturum och den ström av förorenad luft som bilarna drar med sig ut från tunneln till dess mynning och blandas med den omgivande luften.

Om det inte finns ventilationstorn eller liknande i tunnlar så kommer alla föroreningar som fordonen släpper ut att spridas via tunnel- och rampmynningarna. Dessa ackumulerade föroreningar bidrar till höga halter i mynningens direkta närhet. I en studie av SLB Analys (Brydolf och Johansson 2011) undersöktes hur luftföroreningar sprids vid tunnelmynningar, dock inte nedsänkta sådana. Här konstateras att det inte finns någon vedertagen metodik för beräkning av halter runt tunnelmynningar. I denna studie undersöktes spridningen av NOx vid Södra Länkens västra mynning i Årsta i Stockholm. NO_X-halter mättes på olika avstånd från tunnelmynningen mellan körbanorna och ut på sidorna, se Figur 19, och därefter modellerades emissionerna med modellen SMHI-Airviro som är en Gaussisk modell. Man erhöll relativt god överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade halter med avvikelser mindre än 40 %.



Figur 19 *Mätpunkter vid Södra Länkens västra mynning i Årsta. Bild från Brydolf och Johansson 2011, SLB Analys.*

Eftersom en Gaussisk modell användes kunde inte den detaljerade utformningen av själva nedsänkningen av tunnelmynningen tas hänsyn till i modelleringen, då detta inte kan inkluderas i denna typ av modeller. I fallet för Årstatunneln var sannolikt inte detta något problem, då omgivningarna kring tunneln var öppna utan närliggande bebyggelse. Det gick alltså inte att applicera metodiken direkt på överdäckningen i Göteborg då de lokala förutsättningarna är mycket mer komplicerade här. Däremot användes metodiken för uppskattning och geografisk placering av emissionerna vid tunnelmynningen. Baserat på dessa indata beräknades spridningen som skulle användas för överdäckningen i Göteborg, d.v.s. den typ av modell som bättre kan beskriva 3D-förutsättninngar, CFD-modellen Miskam. 3D-modelleringen testades för Årstatunneln, med hjälp av indata från studien i Stock-

holm vilken finns väl beskriven i litteraturen och där även mätningar av halter har gjorts vilket möjliggjorde validering av haltavklingningen vid tunnelmynningen (Brydolf och Johansson 2011).

Samma metodik har sedan applicerats på Götatunnelns och överdäckningens tunnel- och rampmynningar och tunnelmynningshalterna har adderats till haltbidragen från övriga vägar och ingått i valideringen mot uppmätta halter i Göteborg.

4. Områdesbeskrivning överdäckningen Göteborg

Inom beräkningsområdet för överdäckningen finns ett flertal tunnel- och ramp mynningar. Dessa är dels för nuvarande Götatunneln, dels för mynningarna öster och väster om överdäckningen, samt för av- och påfarter vid Götatunnelns mynning och inom planområdet (se Figur 2 sidan 10 för detaljerad utformning av planområdet med ramper).

I denna studie kommer endast beräkningar som innefattar mynningen av dagens Götatunnel presenteras. Spridningen för framtidsscenarierna inkluderas i beräkningarna i huvudrapporten.

Götatunneln är 1,6 km lång och är lokaliserad längs Göta Älv. Detta är ett av några få huvudstråk för trafik i Göteborg, som både lokal och passerande trafik nyttjar, vilket innebär en stor andel tung trafik, bl a till följd av långtradartrafik från Stenas terminaler. En stor del av den lokala persontrafiken nyttjar dagens ramper vid tunnelmynningen med destination Centralstationen, Hisingsbron och kontorsområdet vid Gullbergsvass.

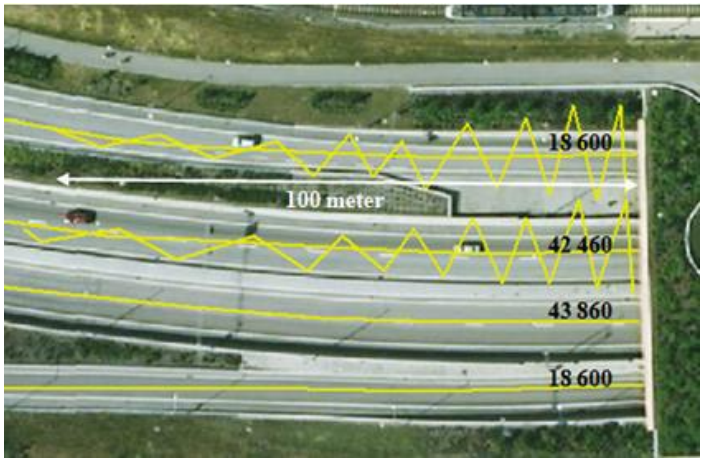
5. Beräkning Årstatunneln

För att testa modelleringen av spridningen från tunnelmynningen genomfördes en spridningsberäkning med Miskammodellen där de lokala förutsättningarna för Södra Länkens västra tunnelmynning, Årstatunneln, baserat på de uppgifter som finns i Brydolf och Johansson (2011). De lokala förutsättningarna kring tunnelmynningen, men med en nedsänkt mynning i förhållande till omgivande markyta, byggdes upp i 3D i Miskam-modellen, med hjälp av huskroppar runt vägarna för att illustrera gaturummets utformning. Lokal meteorologi för mätperioden hämtades från SMHI:s mätstation i Högdalen.

Den geografiska fördelningen av tunnelutsläppen gjordes på samma sätt som i Brydolf och Johansson (2011), d.v.s. med ”vanliga” linjekällor för vägarna och veckade linjekällor för de ackumulerade utsläppen från tunnel- och rampmynningen i västergående körfält som sträcker sig ca 100 meter ut från tunneln, se Figur 20. Veckade linjekällor användes för att ta hänsyn till den geografiska utbredningen av de flerfiliga mynningsöppningarna och luftströmmens utbrednings längs med vägen i körriktningen. De ackumulerade utsläppen inifrån tunneln fördelades på denna sträcka så att totalemissionen motsvarade utsläppen inne i tunneln.

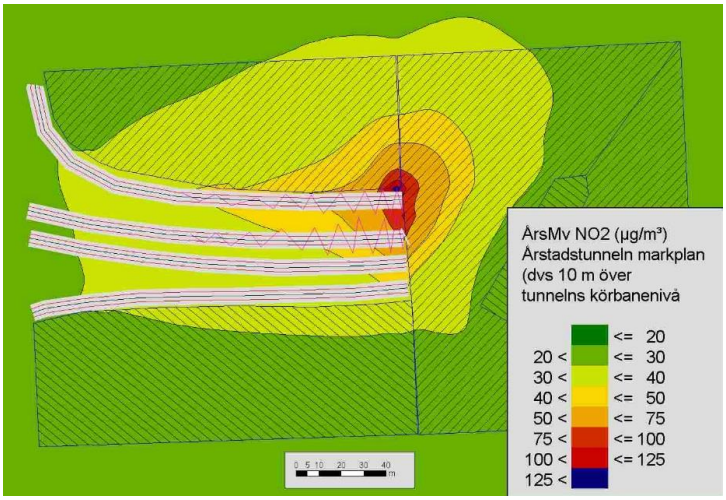
Då Södra Länken är en lång tunnel med ett flertal av- och påfarter, varav en del är under jord med anslutning till andra trafiktunnlar, och inga detaljer angavs i Brydolf och Johansson (2011), antogs här att de ackumulerade emissionerna som släpps

ut i västgående körfält och avfart kommer från ca halva tunnelns totala längd, 2 km.



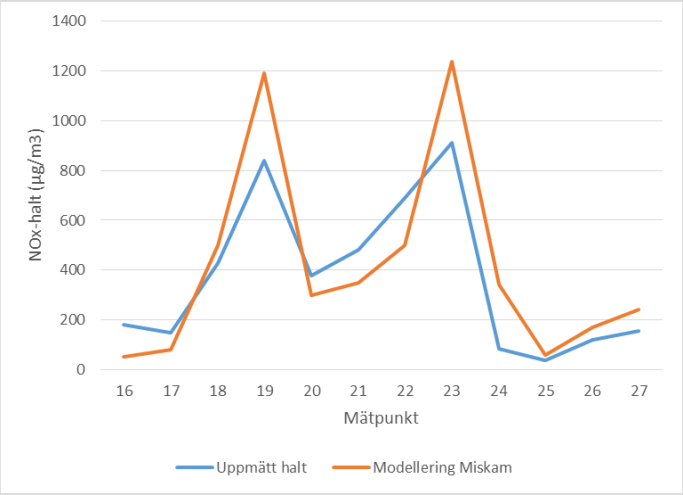
Figur 20 *Veckning av tunnelemissioner i Brydolf och Johansson (2011). Siffrorna visar ÅMVD för respektive körfält.*

Resultaten av Miskam-beräkningarna visade god överensstämmelse med halterna som SLB mätt upp runt tunnelmynningen. Figur 21 visar spridningsmönstret för NOx i markplan, vilket motsvarar ca 10 meter över tunnelmynningens körbanenivå.



Figur 21 *Resultatet från spridningsberäkningarna med Miskam-modellen för Södra Länkens västra mynning i Årsta.*

I Figur 22 ses en sammanställning av resultaten med en jämförelse med uppmätta halter. Resultatet visar på god överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade halter, d. v. s. modelleringen kan mycket väl återskapa det rumsliga mönstret i haltfördelningen runt tunnelmynningen, men har en tendens att överskatta höga halter närmast mynningen. Detta kan förklaras med de osäkerheter som är förknippade med förenklingar avseende tunnelmynningens utformning i modelleringen med Miskam. Då det rumsliga mönstret och haltavklingningen överensstämmer väl med mätningarna antogs metodiken relevant att använda vidare för Götatunnelns mynning och även överdäckningen.



Figur 22 *Jämförelse mellan uppmätta och modellerade halter med Miskam-modellen för Södra Länkens västra mynning i Årsta*

6. Emissionsberäkningar Götatunneln

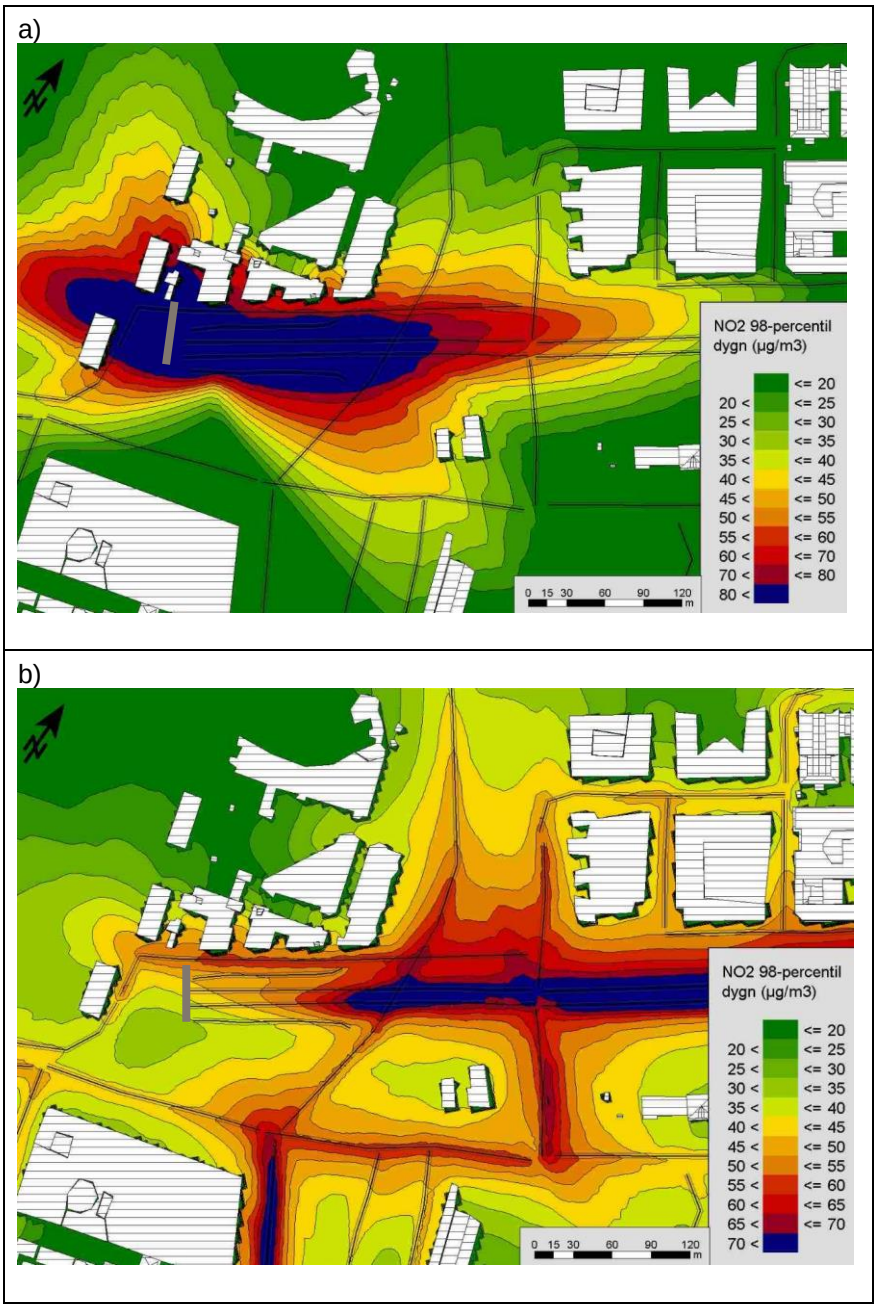
För beräkningarna av emissionerna från tunnel- och rampmynningarna från Götatunneln, har antagits att alla föroreningar som släppts ut inne i tunneln ventileras via tunnel- och rampmynningarna eftersom det inte finns några ventilationstorn och därmed ingen annan väg där föroreningarna kan ventileras ut.

Götaleden har en längd på 1,6 km. För beräkningarna har antagits att utsläppen från bilarna som kör österut ventileras vid den östra tunnelmynningen, och att emissioner från västergående fordon ventileras i andra änden, det vill säga att hälften släpps ut i varje ände. Fördelningen av de ackumulerade emissionerna på tunnelkörfält respektive rampkörfält har skett i förhållande till andelen ÅDT på samma sätt som för Årstatunneln (Brydolf och Johansson 2011).

Den totala emissionen för respektive ackumulerat utsläpp från tunneln har fördelats på en veckad linjekälla så som använts i Brydolf och Johansson (2011). Veckade linjekällor har inte använts för påfarter, då luftströmmen orsakad av fordonens rörelse i dessa fall antas dra in föroreningarna i tunneln snarare än ut.

7. Spridningsmodellering och beräkning av totalhalter

För att kunna modellera negativa (nedsänkta) höjder har, som tidigare nämnts, marken runt tunnel- och rampmynningarna höjts till en höjd på 6 meter, vilket motsvarar vägschaktets negativa nivå. Alla närliggande byggnader har dessutom höjts med 6 meter för att proportionerna i förhållande till den ”nya” marknivån ska vara rätt. Baserat på denna 3D-modell har tunnel- och rampemissionerna modellerats. Haltbidraget från denna beräkning har tagits ut på en nivå som motsvarar 3-4 meter över den ”nya” marknivån, det vill säga på 9-10 meters höjd i tunnelmynningens negativa marknivå (se Figur 23a). Övriga emissioner från omkringliggande gatunät samt upphöjda källor på Hisingsbron beräknas med den ursprungliga byggnads- och markmodellen i 3D. Resultatet från dessa beräkningar tas också ut på en nivå av 3-4 m, vilket här är över den ”riktiga” marknivån. Haltbidraget från denna beräkning visas i Figur 23b.



Figur 23 *Beräkning av spridningen av tunnelemissioner från Götatunneln för dagens situation. Dels a) endast haltbidrag NO_2 från tunneln b) endast haltbidrag NO_2 från övriga gatunät + Hisingsbron. Ljusblå linje markerar tunnelmynningen.*

Det framgår av resultatet i Figur 23 att bidraget från tunnelmynningen sprider sig över stora delar av området. Mönstret från tunnelbidragen är dock något annorlunda än de från omgivande gator.

Haltbidragen från båda beräkningarna har därefter adderats timvis tillsammans med en korrigerad lokal urban bakgrundshalt (se vidare huvudrapport) för att erhålla en totalhalt. Totalhalten har därefter validerats mot oberoende mätningar, se avsnitt 3.3.3 i luftkvalitetsutredningen, med mycket gott resultat.

8. Referenser

Brydolf och Johansson (2011). *Avståndets betydelse för luftföroreningshalter vid vägar och tunnelmynningar. Jämförelser mellan uppmätta och beräknade halter av kväveoxider (NO_x).* SLB-analys, Stockholm och Uppsala läns luftvårdsförbund. LVF 2010:22.

Guordol, F., m.fl. (2004). *Modelling pollutant dispersal at the portals of road tunnels*. 9th Int. Conf. On Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Garmisch-Partenkirchen, Tyskland, 1-4 juni 2004.

Longley. I. och Kelley, F. (2008). *Systematic Literature Review to Address Air Quality in and around Traffic Tunnels.* Prepared for the Commonwealth of Australia, as represented by the National Health and Medical Research Council.

Öttl, D. (2014). *Documentation of the Lagrangian Particle Model GRAL (Graz Lagrangian Model) Vs. 14.8.* Amt der Steiermärkischen Landesregierung. Bericht Nr. LU-08-14.