

Underlag och förutsättningar för fortsatt projektering om luftkvalitet för Förbifart Stockholm

Christer Johansson, Lars Burman & Boel Lövenheim
SLB analys
Miljöförvaltningen
Stockholm

Innehåll

1	NYA FÖRUTSÄTTNINGAR	4
1.1	FÖRÄNDRADE UTSLÄPP BETYDER ATT FÖRORENINGSHALTERNA BLIR ANNORLUNDA	4
1.2	NYTT DIREKTIV	4
2	EMISSIONSMODELLEN ARTEMIS	5
2.1	KLASSIFICERING AV FORDON	5
2.2	KLASSIFICERING AV VÄGNÄTET	6
2.3	EMISSIONSFAKTORER FÖR FÖRBIFART STOCKHOLM	6
2.4	ANDEL NO ₂ I AVGASERNA	7
3	KRAV PÅ LUFTKVALITET I TUNNLAR	8
3.1	BEFINTLIGA KRAV	8
3.2	KRITERIER FÖR KRAV PÅ TUNNELLUFT	9
3.2.1	<i>Utsläpps- och mättekniska aspekter</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Exponeringsaspekter</i>	<i>11</i>
3.2.3	<i>Hälsorisker med exponering i tunnlar</i>	<i>12</i>
4	HUR KAN EXPONERINGEN I TUNNLARNA MINIMERAS?	12
5	REFERENSER	13
6	BILAGA 1. EMISSIONSFAKTORER	14

Förord

Denna rapport är framtagen på uppdrag av Vägverket (diarienummer SA80A 2005:2051). I rapporten redovisas emissionsfaktorer för horisontåret. Dessa behövs för tunnelventilationsberäkningar samt för spridningsberäkningar. Lämpliga krav på luft i tunnlar (inklusive internationell utblick).

Dessutom har uppdraget omfattat att bistå vid ventilations beräkningar och se över tidigare genomförda beräkningar och gå igenom nya förutsättningar i form av nya normer.

Inom ramen för projektet har SLB bistått Vägverket med att uppdatera uppskattningen av kvävedepositionen vid Edeby Ekhage i anslutning till nytt läge för trafikplatsen längs förbifart Stockholm på södra Lovön (detta redovisas dock inte i denna rapport).

Stockholm september 2008

Christer Johansson

1 Nya förutsättningar

1.1 Förändrade utsläpp betyder att föroreningshalterna blir annorlunda

Den nya Förbifart Stockholm skiljer sig i flera avseende jämfört med tidigare. Nya beräkningar kommer att behövas både för utsläppen och halterna av luftföroreningar.

Horisontåret har flyttats betydligt längre fram i tiden och att trafikflödena är olika, inte bara i anslutning till tunneln utan även längs övriga ytvägnätet. Fordonssammansättningen ser annorlunda ut jämfört med i tidigare utredning. Främst har fordonsparken lägre utsläpp per kilometer. Utsläppen från mynningar och torn skiljer sig mot tidigare utredning. Vissa trafikplatser har flyttats eller har fått andra tunnelanslutningar.

Detta kommer att innebära att nya trafikprognoser måste tas fram och att nya emissionsdatabaser måste iordningsställas. Istället för att som tidigare basera utsläppsberäkningarna på Vägverkets EVA modell, kommer den nyligen framtagna emissionsmodellen ARTEMIS (<http://www.trl.co.uk/artemis/index.htm>) att användas. ARTEMIS används av Vägverket i SIMAIR modellen och kan anses ge noggrannare underlag än EVA.

Att horisontåret hamnar längre fram i tiden innebär också att bakgrundshalterna av föroreningar är lägre jämfört med i tidigare utredning. Sammantaget betyder lägre bakgrundshalter och lägre utsläpp per kilometer att risken för överskridanden minskar. I vissa områden kan dock trafikökningen betyda att minskningarna delvis äts upp.

1.2 Nytt direktiv

Det nya EU direktivet 2008/50/EG om luftkvalitet och renare luft i Europa gäller från den 11 juni 2008. Detta nya direktiv innehåller gamla ramdirektivet och flera dotterdirektiv som redan implementerats i svensk lagstiftning. Men direktivet innehåller också nya parametrar som behöver kontrolleras. För partiklar har ett nytt mått tillkommit, nämligen PM_{2.5} (partikelmassekonzentrationen av alla partiklar med en diameter mindre än 2.5 µm). Gränsvärdet (enligt direktivet) för PM_{2.5} är 25 µg/m³ räknat som kalenderårsmedelvärde och det bör ha uppnåtts 1 januari 2015 (Tabell 1). Till den 1 januari 2020 skall halten understiga 20 µg/m³. Som tidigare gäller inte gränsvärdena på vägars körbana och i mittremsa, utom om fotgängare normalt har tillträde till mittremsan. För mätningar gäller att den provtagna luften skall vara representativ för luftkvaliteten för en gatsträcka som är minst 100 m lång. Mätning i trafikmiljöer ska ligga minst 25 m från kanten av större vägkorsningar men högst 10 m från trottoarkanten.

Ytterligare tre begrepp har införts: nationellt exponeringsminskningsmål, exponeringskoncentrationsskyldighet och ett målvärde. Dessa har sannolikt ingen betydelse för den nu aktuella planen. Avsikten med dessa värden är att begränsa befolkningens exponeringen för fina partiklar (PM_{2.5}). Värdena baseras på mätningar urban bakgrund i de större tätorterna som ska representera de halter som den genomsnittliga befolkningen exponeras för. I förslaget ska ansvaret för att ta fram en indikator för genomsnittlig exponering ligga på nationell nivå (Naturvårdsverket). I det nya direktivet har även utvärderingströsklarna för PM₁₀ förändrats jämfört med tidigare (Tabell 1).

För konskvensutredningen för Förbifart Stockholm är det främst PM10 som kan vara problematiskt att klara. Det nya värdet för PM2.5 bör inte bli dimensionerande om inte den svenska normen hamnar betydligt lägre än direktivet. Den nya svenska förordningen kommer tidigast att träda ikraft 2009. Det är ännu oklart exakt hur det kommer att se ut.

Tabell 1. Gällande direktiv för PM10, PM2.5 och NO₂. Värdena för PM2.5 har ej implementerats i svensk lagstiftning.

Ämne	Gränsvärde	Nedre utvärderingströskel	Övre utvärderingströskel
NO ₂	200 Timmedelvärde som får överskridas max 18 gånger under ett kalenderår	100 Timmedelvärde som får överskridas max 18 gånger under ett kalenderår	140 Timmedelvärde som får överskridas max 18 gånger under ett kalenderår
NO ₂	40 Kalenderårsmedelvärde	26 Kalenderårsmedelvärde	32 Kalenderårsmedelvärde
PM10	50 Dygnsmedelvärde som inte får överskridas mer än 35 gånger under ett kalenderår	25 Dygnsmedelvärde som inte får överskridas mer än 35 gånger under ett kalenderår	35 Dygnsmedelvärde som inte får överskridas mer än 35 gånger under ett kalenderår
PM10	40 Kalenderårsmedelvärde	20 Kalenderårsmedelvärde	28 Kalenderårsmedelvärde
PM2.5	25 Kalenderårsmedelvärde	12 Kalenderårsmedelvärde	17 Kalenderårsmedelvärde
Bör klaras 1 januari 2015			
PM2.5	20 Kalenderårsmedelvärde	Ej angett	Ej angett
Bör klaras 1 januari 2020			

2 Emissionsmodellen ARTEMIS

Emissionsmodellen ARTEMIS (<http://www.trl.co.uk/artemis/index.htm>) är en internationellt accepterad emissionsmodell. Vägverket engagerade sig i början av 2000-talet i EU-projektet ARTEMIS. Implementeringen av ARTEMIS som emissionsmodell för de nationella beräkningarna har gjorts inom projektet, SvArtemis, som initierats inom Emissionsforskningsprogrammet (EMFO). Emissionsfaktorer i ARTEMIS har validerats för svenska förhållanden och aktivitetsdata och emissions samband vidareutvecklas för ökad kvalitet i de svenska beräkningarna. Samma emissionsfaktorer används av Vägverket i SIMAIR modellen.

2.1 Klassificering av fordon

Trafikdata per länk ges normalt som total trafik och andelen tung trafik. För att uppnå större flexibilitet vid olika analyser har de lätta respektive tunga fordonen ytterligare uppdelats i ARTEMIS. De lätta fordonen är uppdelade på personbilar, lätta lastbilar och tvåhjulingar. Personbilarna är dessutom uppdelade på bensin, diesel, FFV och biobränsle. De tunga

fordonen är uppdelade på stadsbuss, långfärdsbuss, lastbil utan släp samt lastbil med släp. Stadsbussarna är dessutom uppdelade på diesel, etanol och gas.

2.2 Klassificering av vägnätet

I ARTEMIS klassas vägarna principiellt enligt kriterierna i Tabell 2, d.v.s. tätort/landsbygd, vägtyp (funktion i kombination med utformning), hastighetsgräns samt trafikflödesklass. Statliga vägar motsvarar det som i ARTEMIS karaktäriseras som "National-" eller "Regional roads" samt "Primary roads". Kommunala och enskilda vägar motsvarar huvudsakligen ARTEMIS "city eller district connectors" samt lägre rang.

Tabell 2. Principiell klassning av vägar i ARTEMIS. T. ex. betyder kod 110091 rural, motorway med hastighetsgräns 90 km/h och free flow.

Rural/Urban	Roadtype (funktion)	Hastighetsgräns	Trafikflödesklass
1=rural (landsbygd)	10=motorway	03=30 km/h	1= free flow
2= urban (tätort)	12=semimotorway (två plus ett väg)	04=40 km/h 05=50 km/h	2=heavy flow 3=congested
	20=national primary trunkroad	06=60 km/h 07=70 km/h	4=stop & go
	21=primary city trunkroad	08=80 km/h 09=90 km/h	
	11=motorways city	10=100 km/h	
	30=distributor	11=110 km/h	
	31=distributor (with curves)	12= 120 km/h 13= 130 km/h	
	40=local collector	14= >130 km/h	
	41=local collector with curves		
	50=access road, residential		

Emissionsfaktorerna i Artemismodellen består av varmemissioner, kallstartstillägg och avdunstning. Emissionsfaktorer finns för åren 2004, 2010 och 2020 (ARTEMIS version 3b). Dessa omfattar emissionsfaktorer för HC, CO, NO_x, avgaspartiklar, CO₂, metan, NMHC, SO₂, N₂O, NH₃, Pb och bränsleförbrukning.

Emissionsfaktorer för kallstart och avdunstning finns i ARTEMIS för personbil och lätt lastbil. Dessa emissionsfaktorer är framtagna för ett genomsnittligt år för riket. Avdunstningsutsläppen kan delas upp i running losses (g/km) under färd, hot soak (g/stop) i samband med att bilen stängs av samt diurnal losses (g/dag och fordon) i samband med parkering.

2.3 Emissionsfaktorer för Förbifart Stockholm

I bilaga 1 listas emissionsfaktorer angivna i enheten gram per fordonskilometer för kväveoxider och partiklar. Totala emissionen i gram per timme för ett visst vägvagnsnitt erhålls genom att multiplicera emissionsfaktorn med antalet fordon per timme för avsnittet och längden på detsamma.

Emissionsfaktorer (g/km) för kväveoxider och avgaspartiklar är hämtade från ARTEMIS gällande år 2020. Detta innebär sannolikt att de är något högre än horisontåret (2020-2025). Utsläppen avser trafikflödesklassen ”Freeflow” med hastigheter från 90 km/h upp till 130 km/h för personbilar (PC) och tunga fordon (HDV). Dessutom anges olika utsläpp för olika väglutningar.

Emissionsfaktorer för slitagepartiklar är framtagna utifrån mätningar utförda av SLB-analys, VTI (Linköping) och ITM Stockholms universitet (Johansson et al., 2004; Johansson et al., 2008). Dessa avser fordonsparkens utsläpp vid hastigheter från 90 km/h upp till 120 km/h för olika andelar dubbdäck (personbilarnas dubbdäckandel). Summan av slitage- och avgaspartiklar motsvarar ungefär inandningsbara partiklar, PM10 (då bortser vi från att broms- och däckpartiklar kan bidra något).

2.4 Andel NO₂ i avgaserna

Kunskapen om andelen av NO_x i avgaserna som är NO₂ är något bristfällig, speciellt om man ser till framtidens fordonspark. Mätningar i Stockholm visar att andelen NO₂ i utsläppen har ökat under de senaste 10-15 åren (Johansson & Forsberg, 2005). Den slutliga andelen NO₂ i vägtunneln beror främst på fordonsammansättningen. I en engelsk rapport påvisar man att NO₂ andelen kommer att förändras i framtiden beroende på fordonsutvecklingen (AQEG, 2006). För Euro II dieselfordon är andelen NO₂ av NO_x i avgaserna 20% - 70%. De pekar på att direktemissionerna av NO₂ även kan vara betydelsefulla för NO₂ halterna i omgivningsluften i framtiden, men samtidigt sjunker de totala NO_x emissionerna vilket betyder att NO₂ halterna ändå kan komma att minska. Men det beror på fordonsutvecklingen.

I svenska modellen SIMAIR (www.luftkvalitet.se) som bygger på emissionsfaktorer från ARTEMIS används de andelar för olika fordonstyper som framgår av Tabell 3. Det är främst dieseldrivna fordon som har hög andel NO₂. I Tunnel 2004 (Vägverket 2004:124) anges att NO₂ andelen vid emissionsberäkningar i tunnelluft skall sättas till 8 %. Med tanke på fordonssammansättningen och de värden som anges i tabellen nedan skulle 8% ge alldeles för låg NO₂ halt i tunneln. Istället bör värdena för olika fordonstyper år 2020 enligt Tabell 3 användas. (den slutliga andelen beror på vilken fordonsammansättning som kommer råda i tunneln, beräknas av WSP).

Tabell 3. Andelar NO₂ i utsläpp från olika fordonstyper.

Fordonstyp	2004	2010	2020	Referens
Pb bensin, E85 samt CNG	9%	9%	9%	Gense et al. 2006
Pb diesel	18.5%	47%	59%	Gense et al. 2006
Stadsbuss, diesel	23%	26%	30%	SIMAIR
Övriga tunga dieselfordon	8%	8%	8%	SIMAIR

3 Krav på luftkvalitet i tunnlar

3.1 Befintliga krav

Det saknas fortfarande mycket kunskap kring vilken luftkvalitet som finns i tunnlar och vilka krav som bör ställas på tunnelluften. Det finns inget EU direktiv som reglerar luftkvaliteten i tunnlar. Däremot finns ett tunnelsäkerhetsdirektiv inom EU (2004/54/EC) som reglerar säkerhetsorganisationen för tunnlar, allt från planeringsstadiet till byggande och drift. Direktivet är en följd av brister i säkerhetsorganisationerna i olika tunnlar som bidragit till att flera olyckor utvecklats till katastrofer.

I ett internationellt perspektiv dimensioneras tunnelventilation ofta utifrån rekommendationer givna av PIARC (Permanent International Association of Road Congresses, numera kallad World Road Association), som är ett internationellt samarbetsorgan inom vägtrafiksektorn. I många fall tas hänsyn till WHO's rekommenderade riktvärden för luftkvalitet. Traditionellt har CO använts som dimensionerande förorening från avgasutsläpp. PIARC anger 100 ppm för 1995 och 70 ppm för år 2010. Vissa myndigheter har antagit WHO's riktvärden på 87 ppm som 15 minuters medelvärde och 50 ppm som 30 minutersvärde, som dimensionerande i tunnlar. WHO har angivit faktorer för att räkna upp värdena vid stillasittande exponering jämfört med vid exponering som sker under fysisk aktivitet. Riktvärden för personer som passerar genom vägtunnlar i fordon skulle därmed vara något högre än för personer som promenerar eller cyklar längs vägar i omgivningsluften.

I Norge har man däremot infört designkriterier för ventilationsdimensionering. Värden anges för NO₂, NO_x, CO och partiklar inne i tunnlar (Tabell 4). England har satt upp maximalt tillåtna nivåer för CO, NO₂ och NO under en 15 minutersperiod. Man har också nivåer för reglering av ventilationen. De senare är beroende av tunnelns längd och är satta spå att de maximalt tillåtna nivåerna ur hälsosynpunkt inte skall överskridas.

Efter diskussioner mellan Naturvårdsverket, Miljöförvaltningen, Vägverket m fl inför projekteringen av Ringens tunnlar (Södra Länken, Norra Länken och Österleden) och Yttre tvärleden (Förbifart Stockholm) beslutade Stockholm och vägverket att NO₂ halten i tunnarna inte skulle överstiga 400 µg/m³ luft (räknat som medelvärde under en timme).

I Götatunnelns (Göteborg) kontrollprogram för driftsskedet anges riktvärden för luftkvaliteten i tunneln. Kvävedioxidhalten skall ej överstiga 400 µg/m³ och koloxidhalten skall ej överstiga 30 mg/m³ (Tabell 4). Riktvärdena avser tillåten koncentration som medelvärde vid färd genom tunneln. Riktvärdet för kvävedioxid är uttryckt som en 99,5-percentil, vilket innebär att det kan överskridas 43 timmar per år. Kvävedioxidhalten är mest kritisk för ett eventuellt överskridande av riktvärdet i Götatunneln (Göteborgs Miljöförvaltning, 2006). Kvävedioxidhalterna i Götatunneln fördubblas under färden genom tunneln och de är som högst i direkt anslutning till mynningarna. Halterna avtar relativt snabbt med avståndet från vägområdet.

Observera att värdena för olika platser i Tabell 4 avser olika tidsperioder. Till exempel anges 5 ppm, motsvarande ca 9,6 mg/m³ som gränsvärde för NO₂ för en tidsperiod av 15 minuter i England, medan maxvärdet i Stockholm på 0,4 mg/m³ avser en timmes medelvärde. För samma dos motsvarar exponering för 0,4 mg/m³ under en timme 1,6 mg/m³ under 15

minuter, vilket är betydligt strängare krav jämfört med i England. Likaså om man jämför kraven i Göteborg med värdet i Stockholm så är det svårare att klara kravet i Stockholm. Värdet på 0,4 mg/m³ i Göteborg får överskridas 43 timmar per år och avser dessutom inte högsta värdet på en viss plats i tunneln, utan medelvärdet längs hela tunnelsträckan.

Tabell 4. Riktvärden för luft i tunnlar i olika länder samt i Stockholm och Göteborg. Dimensionerande för ventilation.

Plats	CO	NO _x	NO ₂	TSP	NO	Medelvärdesperiod
Norge ¹⁾	200 ppm (232 mg/m ³)	15 ppm (29 mg/m ³)	1,5 ppm (2,9 mg/m ³)	1,5 mg/m ³	-	?
Österrike	100 ppm (116 mg/m ³)	-	-	-	25 ppm (48 mg/m ³)	?
England ²⁾	200 ppm (232 mg/m ³)		5 ppm (9,6 mg/m ³)		35 ppm (44 mg/m ³)	15 minuter
Stockholm (gränsvärde)			0,4 mg/m ³			Maxvärde för alla platser i tunneln under en timme
Göteborg (gränsvärde)	30 mg/m ³		0,4 mg/m ³			Timmedelvärde för färd genom tunneln. Får överskridas 43 timmar per år.

¹⁾ Designkriterier för ventilationssystem.

²⁾ Maximalt tillåtna nivåer i tunnlar.

I Vägverkets Tunnel 2004 (Vägverket 2004:124) anges krav för ”projektering, konstruktion, nybyggnad och förbättring av vägtunnlar av betong eller stål vars längd överstiger 100 m och för vägtunnlar i berg oberoende av längd”. Där beskrivs vad beräkningar av luftkvalitet skall innefatta. Inga absoluta gränsvärden för luftkvalitet är satta utan krav på tunnelluftens innehåll av kvävedioxid, NO₂, skall bestämmas i samråd med den lokala miljö- och hälsoskyddsmyndigheten samt Naturvårdsverket. Halten av kolmonoxid vid olyckor får inte överskrida sådana nivåer att det påverkar människors förmåga att på ett säkert sätt ta sig ut ur tunneln. I detta fall hänvisas till WHO's rekommendationer, som exempelvis att halten CO inte ska överstiga 100 mg/m³ som medelvärde under 15 minuter. Vidare anges att utsläpp från tunnelmynningar och ventilationsöppningar inte får ske så att det uppstår olägenheter och att miljö kvalitetsnormerna inte överskrids. Halten av partiklar (stoff) får inte bli så hög att ”ett hinder på vägbanan inte är synligt inom en siktsträcka som motsvarar stoppsikt för god standard enligt VGU, del Linjeföring”. I Tunnel 2004 anges också att luftkvaliteten i tunneln skall kontrolleras med mätning, men det framgår inte hur mätningarna skall genomföras.

3.2 Kriterier för krav på tunnelluft

I detta avsnitt diskuteras endast krav på luftkvalitet utifrån ett hälsoperspektiv. I många tunnlar kontrolleras också sikten, så som t ex beskrivs i Tunnel 2004.

Tunnelluften innehåller en mycket komplex blandning av gasformiga och partikelburna luftföroreningar, som har väldigt olika kemiska och fysikaliska egenskaper. För ett fåtal

ämnen finns kunskap om emissionerna och halterna, men för de flesta saknas mätningar. Helt uppenbart kan man inte mäta alla föroreningar och många är förmodligen ointressanta ur ett hälsoperspektiv. Till de viktigaste faktorerna att ta hänsyn till vid val av ett eller flera ämnen som kan användas för kontroll av luftkvaliteten och även vid dimensionering av ventilationen i tunnlar hör:

- Utsläpps- och mättekniska aspekter
- Ventilationsaspekter
- Exponeringsaspekter
- Potentiella hälsorisker av kortvarigt förhöjd exponering

Nedan diskuteras olika för- och nackdelar beroende på val av ämne.

3.2.1 Utsläpps- och mättekniska aspekter

Historiskt har kolmonoxid (CO) använts för reglering av tunnelventilation. Men CO utsläppen har sjunkit drastiskt tack vare katalytisk avgasrening, betydligt mera än utsläppen av t ex partiklar och NO₂. Utsläppen per kilometer av CO är större från bensindrivna fordon jämfört med diesel, vilket oftast är tvärtom för partikelutsläppen. Detta gör att CO är en mindre lämplig indikator.

En bättre indikator på avgasemissionerna är den totala halten av kväveoxider, NO_x (summan av NO och NO₂). NO_x är reglerat i avgaslagstiftningen och emissionsfaktorerna för olika fordon är relativt väl kända och uppdateras kontinuerligt. NO_x är i stort sett inert i tunnelmiljön och mätinstrumenten oftast väl kontrollerbara och de ger bra precision och noggrannhet även för korttidsmedelvärden (15 minuter).

Automatiska NO_x instrument baserade på kemiluminescens ger också information om både NO₂ och NO halterna, vilket är en fördel eftersom båda dessa kan vara intressanta ur ett hälsoperspektiv.

Förhållandet mellan partikelemissionerna och NO_x emissionerna i avgaserna ser ut att förändras med tiden beroende på fordonsutveckling och avgasreningsteknik. Om det är partiklar eller partikelbundna komponenter som är mera intressant ur ett hälsoperspektiv bör man kontinuerligt se över gränsvärdet så att det avspeglar hälsoriskerna förknippat med den blandning av föroreningar som finns i tunnelluften. Detta kan antingen göras med stickprovsmätningar i tunneln eller baserat på hur emissionsfaktorerna förändrats för olika fordon (enligt t ex ARTEMIS, som uppdateras kontinuerligt).

Mängden avgaspartiklar kan antingen mätas i form av masskoncentrationen eller antalskoncentrationen. Avgaslagstiftningen innehåller krav på utsläppen av partiklar i form av totala massan, men nya krav från och med Euro 5 eller 6 innebär reglering av antalet partiklar i avgaserna. Mätning av antal partiklar i tunnelluften är sannolikt betydligt mera komplicerat än mätning av massan partiklar eftersom instrumenten för antal kan komma att kräva mera tillsyn. Eventuellt kunde BC (black carbon, sot) mätas.

I dagsläget mäts partiklar i form av PM₁₀ (masskoncentrationen av partiklar mindre än 10 µm i diameter) kontinuerligt i Södra länken i Stockholm. PM₁₀ halterna avspeglar till största delen mängden grova partiklar, som kommer från slitaget av vägbanorna och från slitage av bromsar. Variationerna i emissionerna av grova partiklar skiljer sig drastiskt från variationerna i avgaspartikelhalter både på kort och lång sikt. Därför utgör PM₁₀ mätningar et

bra komplement till NO_x och/eller avgaspartikelmätningar. Hälsoriskerna förknippade med korttidsexponering för de grova partiklarna är sannolikt annorlunda än hälsoriskerna förknippade med avgaspartiklar.

3.2.2 Ventilationsaspekter

I princip ventilers tunnlar antingen med längs- eller tvärventilation. Ventilationen gör att föroreningshalterna minskar i tunneln. Men med ventilationsluften kommer också oxiderande ämnen där ozon är viktigast. Ozonet reagerar snabbt med de ämnen som släpps ut i avgaserna i tunneln. Exempelvis betyder detta att NO₂ andelen i tunneln ökar (NO i avgaserna oxideras till NO₂), speciellt om tvärventilation används. Hur stor andelen NO₂ blir i slutändan beror på luftflödet och ozonhalten, men i princip kommer all ozon att reagera. Även andra ämnen än NO₂ kan oxideras, t ex lätta gasformiga kolväten såsom eten. Ur denna synvinkel kan det vara en fördel med längsventilation, såvida inte en tvärventilationslösning betyder kraftigare utspädning och totalt sett lägre halter.

3.2.3 Exponeringsaspekter

Till frågor om exponering hör hur stor del av ämnena tunnelluften som trafikanterna exponeras för och hur lång tid exponeringen sker. Om det är dosen som är kriteriet ur hälsosynpunkt är det produkten av tiden och halten som intressant.

Sannolikt kan det vara stora skillnader i trafikanternas exponering för luftföroreningar i tunnelluften beroende på skillnader i hur effektivt föroreningarna tränger in i fordonskupén. Tack vare luftfiltren i bilarna kommer en mindre del av de grova partiklarna in i fordonet jämfört med de ultrafina avgaspartiklarna. NO_x uppför sig sannolikt mera som de ultrafina partiklarna. Skillnaderna i halterna inne i fordon mellan olika fordonstyper kan vara mycket stora och varierar dessutom beroende på ventilation, fordonshastighet och totala fordonsflödet i tunneln (Boulter et al., 2004; Sandman, 2007; SLB analys, 1994). Sammanställningen av en mängd mätningar av Boulter et al. (2004) tyder på att skillnaderna mellan halterna av olika gasformiga ämnen i och utanför fordonen kan vara ganska små. Mätningarna av Sandman (2007) och av SLB analys (1994) antyder att halterna inne i fordon av NO_x är lägre än i tunneln. SLB analys mätningar visade att halterna inne i fordonet ökar kraftigt om avståndet till framförvarande fordon minskar, speciellt om det framförvarande fordonet är en lastbil med höga utsläpp. Förhållandena för partiklar är oklart. I slutändan handlar det om frågan hur representativ en fast mätning i tunneln är för exponeringen som trafikanterna utsätts för. Mätningarna av Boulter et al. (2004) i en Österrikisk tunnel visade att halterna vid de fasta stationerna var lägre än halterna precis utanför fordonet. Antingen kan tunnelmätningen placeras så att den representerar en genomsnittlig eller värsta exponering (beroende på hur gränsvärdet är satt), eller så kan halterna korrigeras i efterhand utifrån empiriska samband.

Man kan också fråga sig om ett gränsvärde ska gälla en timme eller en kortare tidsperiod, med tanke på att exponeringen i tunneln är kortvarig. I England gäller värdena 15 minuter. I Stockholm har man utgått från WHO's rekommenderade högsta NO₂ halt under en timme (finns inte något värde för kortare exponeringstid).

De maximala halterna för en 15 minuters period givetvis är högre än om man smetar ut medelvärdet på 1 timme. Relationen mellan 15 minuters värdena och timmedelvärdena kan variera i olika tunnlar och under olika tider beroende på trafik- och ventilationsförhållandena i tunneln. Relationen kan också vara olika för olika ämnen. Som en jämförelse kan det vara

intressant att notera att högsta 15 minuters medelvärdet av NO_x i Södra länken är ungefär dubbelt så högt som högsta timmedelvärdet (enligt data från rampen söderut mot Nynäsvägen). Det borde innebära att om man skalar upp gränsvärdet för en timme till motsvarande värde för 15 minuter med faktor 4 i enlighet med att dosen ska vara densamma, så kan det innebära att risken för överskridanden halveras (eftersom halterna bara är dubbelt så höga för 15 minuter). En närmare undersökning av variationerna i de uppmätta NO_x och NO₂ halterna i Södra länken skulle kunna belysa hur detta kan påverka. För att styra ventilationen behövs kanske ännu kortare medelvärden än 15 minuters värden.

3.2.4 Hälsorisker med exponering i tunnlar

Diskussion om hälsoeffekterna görs i separat rapport (Bertil Forsberg, Umeå universitet).

4 Hur kan exponeringen i tunnelarna minimeras?

Ett sätt som diskuterats är information om luftkvalitetsförhållandena i tunneln till trafikanter som använder tunnelarna. Trafikstyrning mm för att minimera risken för köer kan också vara viktigt. Liksom även styrning av ventilationen.

Möjligheterna att rena luften i tunnelarna har diskuterats inom Vägverket i samband med projektering av tunnlar. I Tunnel 2004 anger Vägverket att ”anläggning för stoftavskiljning skall installeras där utredning visar att behov föreligger med hänsyn till krav på luftkvalitet”. Vidare finns rekommendationer för olika metoder för stoftrening.

Generellt vad gäller rening av tunnelluft diskuteras reningsutrustning för partiklar eller för kväveoxider (se review av Child & Associates, 2004). Erfarenheterna från försök i andra länder har varit blandade. För partiklar används elektrostatiske filter i vissa tunnlar, oftast för att inte sikten ska bli för dålig, men de har också använts för att rena luften (i t ex Norge, Japan). De är effektiva för rening av grova partiklar men mindre effektiva för ultrafina avgaspartiklar. För totala partikelmassan (PM₁₀) anges en effektivitet på 80 % - 90 %. I Norge har elektrostatiske partikelfilter använts under lång tid (Henning, 1997; Tønnesen, 1996). Reningsgraden har varit hög (90%-95% för PM₁₀). I Japan är användningen mera utbredd och funktionen verkar mera tillfredsställande.

I Japan renas tunnelluften från NO₂ med en kemisk metodik (denitrifikation). Erfarenheter saknas ännu (Child and Associates, 2004). En hel del nya tekniker för rening av luften i tunnlar finns, men erfarenheter saknas. Exempelvis används en titandioxid i form av en färg för att minska NO₂ halterna mm. i en tunnel i Milano.

Vad gäller grova partiklar som främst uppkommer i höga halter under våren är en minskad dubbandel det bästa sättet för Stockholms tunnlar. Dammbindning har testats i Södra länken med gott resultat men med halkriskproblem. VTI genomför f n studier med dammbindning utanför Linköping. Dammbindning har också genomförts med framgång i Norska tunnlar (Aldrin et al., 2008) och där används dammbindning som en etablerad metod (Pål Rosland Norska Vägverket, personlig kontakt., 2008). Magnesiumklorid används i långa tunnlar i Tromsø, Trondheim, Bergen och Drammen. Denna metod att minska de grova partiklarna innebär mindre än 10 % av kostnaden för användning av elektrostatiske filter. Studier av eventuell ökad korrosion på grund av användningen av MgCl₂ pågår i Norge.

5 Referenser

- Aldrin, M., I. Hobæk Haff, P. Rosland, 2008. The effect of salting with magnesium chloride on the concentration of particular matter in a road tunnel. *Atmos. Environ.*, 1762-1776.
- AQEG – Air Quality Expert Group, 2006. Trends in Primary Nitrogen Dioxide in the UK. Department for Environment, Food and Rural Affairs; Scottish Executive; Welsh Assembly Government; and Department of the Environment in Northern Ireland.
- Boulter, P.G., I S McCrae and K Taylor, 2004. Road tunnel air pollution monitoring. TRL Limited. Report PR/SE/746/03. Opublicerad projektrapport.
- Child & Associates, 2004. M5 East freeway: A review of emission treatment technologies, systems & applications.
- Electrostatic precipitators and ventilation in road tunnels in Japan Report of a visit by a delegation from the NSW Roads and Traffic Authority to Japan from 30 September – 10 October 2003. Annex 8. tunnel ventilation system technology review and best practice. Februari, 2004.
- Gense R. Vermeulen R. Weilenmann M. McCrae I., 2006. NO₂ emissions from passenger cars, In proceedings from Transport and Air Pollution 15 th symposium Reims, France 14-16 June 2006.
- Göteborgs Miljöförvaltning, 2006. Uppföljning av Götatunneln – delrapport 1. Uppdragsrapport 2006:7.
- Henning, J. E., 1997. The Efficiency of Particle Cleaning in Norwegian Tunnels. Presentation vid “The Safety Session of the 1997 INTERNATIONAL ROAD FEDERATION (IRF) XIIIth WORLD MEETING”. Toronto Canada.
- Johansson, C., & Forsberg, B. 2005. Kvävedioxid och ozon i tätortsluften - Halternas samspel och konsekvenser för hälsan. 2005, SEPA (NV), ISBN:91-620-5519-4, report No:5519.
- Johansson, C., Johansson, P-Å. and Burman, L., 1996. Emissioner av kväveoxider och kolmonoxid från trafik. Analys av mätningar i Söderledstunneln. ITM Luftlaboratoriet, Stockholms universitet, rapport nr. 49.
- Johansson, C., Norman, M., Gustafsson, M., 2008. Genomsnittliga emissionsfaktorer för PM10 i Stockholmsregionen som funktion av dubbdäcksandel och fordonshastighet. SLB rapport 2:2008. Miljöförvaltningen, Box 8136 , 104 20 Stockholm.
- Johansson, C., Norman, M., Omstedt, G., Swietlicki, E., 2004. Partiklar i stadsmiljö – källor, halter och olika åtgärders effekt på halterna mätt som PM10. SLB analys rapport nr. 4:2004. Miljöförvaltningen, Box 8136 , 104 20 Stockholm.
http://www.slb.nu/slb/rapporter/pdf/pm10_4_2004_050117.pdf.
- Sandman, T., 2007. PM avseende planeringsmål och driftstrategier för luftkvalitet i Ringens vägtrafiktunnlar. VST infrateknik, 2007-01-11. Vägverket Region Stockholm.
- SLB analys, 1994. Mätningar av luftföroreningar luftflöden och trafik i Söderledstunneln. SLB analys. Miljöförvaltningen, Box 8136 , 104 20 Stockholm.
http://slb.nu/slb/rapporter/pdf6/slb1994_004.pdf.
- Tønnesen, D., 1996. Måling av svevestøv-konsentrasjoner og luftstrøm i Ekebergtunnelen i Oslo. NILU, OR 66/96. ISBN 82-425-0828-4.

6 Bilaga 1. Emissionsfaktorer

Enhet: gram per fordonskilometer.

Personbilar, NOx (g/km)

(hastighet/lutning)	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
90 km/h	0,014934	0,027877	0,047043	0,064546	0,080687	0,090917	0,109748
100 km/h	0,015358	0,029016	0,049861	0,068821	0,08623	0,097227	0,117737
110 km/h	0,016237	0,030938	0,053817	0,074573	0,093597	0,105701	0,128329
120 km/h	0,017629	0,033775	0,059189	0,082315	0,103649	0,117431	0,142965
130 km/h	0,019662	0,037881	0,066821	0,093613	0,119045	0,136002	0,166481

Lätta lastbilar, NOx (g/km)

hastighet/lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
90 km/h	0,027786	0,074281	0,167183	0,283123	0,442186	0,595901	0,799093
100 km/h	0,033144	0,091751	0,210682	0,361157	0,569987	0,772759	1,039482
110 km/h	0,039636	0,113119	0,264073	0,457248	0,72781	0,991431	1,336872
120 km/h	0,047264	0,138384	0,264073	0,571391	0,915645	1,251903	1,691239
130 km/h	0,047264	0,138384	0,327356	0,571391	0,915645	1,251903	1,691239

Tunga fordon, NOx (g/km)

hastighet/lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
90 km/h	0,134642	0,193853	0,74159	3,464307	7,097456	10,70384	14,4194
100 km/h	0,134642	0,193853	0,74159	3,464307	7,097456	10,70384	14,4194
110 km/h	0,134642	0,193853	0,74159	3,464307	7,097456	10,70384	14,4194
120 km/h	0,134642	0,193853	0,74159	3,464307	7,097456	10,70384	14,4194
130 km/h	0,134642	0,193853	0,74159	3,464307	7,097456	10,70384	14,4194

**Personbilar, PMavg
(g/km)**

hastighet/lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
90 km/h	0,000162	0,000227	0,000339	0,000459	0,000585	0,000688	0,000854
100 km/h	0,000191	0,000267	0,000397	0,000536	0,000684	0,000804	0,000998
110 km/h	0,000228	0,000317	0,000472	0,000637	0,000812	0,000954	0,001184
120 km/h	0,000272	0,000379	0,000563	0,00076	0,000968	0,001138	0,001412
130 km/h	0,000325	0,000453	0,000672	0,000906	0,001153	0,001355	0,001681

**Lätta lastbilar, PMavg
(g/km)**

hastighet/lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
90 km/h	0,008115	0,010765	0,015222	0,020224	0,026047	0,031238	0,038553
100 km/h	0,010029	0,013296	0,018793	0,024962	0,032146	0,038552	0,047578
110 km/h	0,012273	0,016267	0,022983	0,030523	0,039306	0,047139	0,058172
120 km/h	0,014845	0,01967	0,027784	0,036895	0,047511	0,056981	0,070316
130 km/h	0,014845	0,01967	0,027784	0,036895	0,047511	0,056981	0,070316

**Tunga fordon, PMavg
(g/km)**

hastighet/lutning	-6 %	-4 %	-2 %	0 %	2 %	4 %	6 %
90 km/h	0,01532	0,014595	0,025794	0,050688	0,068475	0,09733	0,132997
100 km/h	0,01532	0,014595	0,025794	0,050688	0,068475	0,09733	0,132997
110 km/h	0,01532	0,014595	0,025794	0,050688	0,068475	0,09733	0,132997
120 km/h	0,01532	0,014595	0,025794	0,050688	0,068475	0,09733	0,132997
130 km/h	0,01532	0,014595	0,025794	0,050688	0,068475	0,09733	0,132997

**PM-slitage
(g/km)**

hastighet/dubbandel	25 %	50 %	70 %	75 %	100 %
90 km/h	0,098901766	0,197804	0,276925	0,296705	0,395607
100 km/h	0,132140865	0,264282	0,369994	0,396423	0,528563
120 km/h	0,218165248	0,43633	0,610863	0,654496	0,872661



är en enhet vid Miljöförvaltningen i Stockholm som

- utreder
- mäter
- beräknar
- informerar

avseende kvalitet på utomhusluft. SLB-analys genomför även externa uppdrag vad gäller luftkvalitet.

ISSN 1400-0806

SLB-analys

Miljöförvaltningen i Stockholm

Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4. Box 8136, 104 20 Stockholm

Tel 08-508 28 800, dir. SLB-analys 08-508 28 880

URL: <http://www.slb.nu>