

RAPPORT
Luftkvalitet i överbyggda stationsmiljöer
Del 2



Trafikverket

Postadress: Röda vägen 1, 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Luftkvalitet i överbyggda stationer

Författare: Ebba Malmqvist, Lunds Universitet

Dokumentdatum: 2020-10-20

Ärendenummer: TRV 2019/123237

Publikationsnummer: 2020:225

ISBN: 978-91-7725-755-4

Förord

Denna rapport är en slutrapport för Trafikverkets forskarfinansierade projekt med titeln *Luftkvalitet i framtida mer eller mindre slutna järnvägs- och tunnelbanestationer*. Projektet har genomförts av Doc. Ebba Malmqvist, som projektledare för del 2, och den avslutande delen i projektet, som också skrivit denna rapport, och Dr. Emilie Stroh, som projektledare för del 1, som bestod av en kunskapssammanställning, båda från Avdelningen för Arbets- och Miljömedicin, Lunds Universitet. Från samma institution har även Erin Flanagan och Christina Isaxon deltagit som skribent och assistent respektive moderator för slutseminariet som hölls digitalt den 30 september 2020. Sponsor för projektet har varit Kajsa Ström, specialist i arkitektur. Handläggare för projektet, Michelle Benyamine Remahl, vill tacka sponsorn och alla forskare från Lunds Universitet för ett gott samarbete och ett utmärkt genomfört komplext projekt med många olika ansvariga roller och discipliner.

Michelle Benyamine Remahl, Stockholm 2020-12-16

Innehåll

Inledning	6
Syfte och mål	6
Sammanfattning av del 1 i projektet	7
Metod del 2	8
Resultat och diskussion	9
Riktvärdet och olika mikromiljöer	9
Andra utomhushalter.....	10
Arbetsplats- och fritidsexponering	10
Inomhusmiljö.....	10
Olika spårmiljöer	10
Slutsats om mikromiljöer	12
Riktvärden	12
Miljökvalitetsnormerna som utgångspunkt.....	12
Risker vid kortvarigt höga halter	13
Riktvärde för PM _{2,5} eller andra luftföroreningar?	13
Finns det överhuvudtaget evidens för att sätta ett riktvärde?.....	13
Slutsats från diskussionerna om riktvärde	14
Riktlinjer för överskridande	14
Slutsats överskridande.....	15
Kontrollprogram, kvalitetskontroll och kvalitetssäkring.....	15
Mätplats	15
Mätutrustning	15
Urval av stationer	15
Temporala aspekter på mätningen.....	16
Övriga aspekter på kontrollprogram	16
Samhällsekonomisk bedömning.....	16
Förslag på åtgärder	17
Slutsatser om åtgärdsförslag.....	18
Kunskapsluckor och framtida behov av forskning angående åtgärder.....	19
Förslag på forskningsidéer	19

Sammanfattning	22
Referenser	24

Inledning

När många pendlar eller reser längre sträckor med tåg och tunnelbana, blir det mindre klimatpåverkan, trafikstockningar och behov av stora parkeringsplatser. Men även om tågen drivs med el och inte släpper ut avgaser, så skapas luftburna partiklar av underhållsarbeten och friktion mellan spår, hjul och bromsar. I överbyggda stationsmiljöer är halten av sådana partiklar ofta så hög att den hade varit olaglig i vår utomhusmiljö. Dessa partiklar består till stor del av metaller, vilket påverkar deras toxicitet (Stroh 2019). Därför är det viktigt att studera hälsoeffekter ur ett helhetsperspektiv. Trafikverket har inga fastställda rutiner för att utföra, eller för att analysera mätningar eller beräkningar av luftföroreningar och dess hälsokonsekvenser i slutna stationsmiljöer, då föreskrifter omfattande rikt- och gränsvärden hitills saknats. Trafikverket har därför inte heller någon framtagen åtgärdsplan.

Syfte och mål

Projektet består av två delar. Slutsatserna i den första delen bygger på en uppdatering av Bengt Järnholms kunskapssammanställning från år 2013 (Järnholm 2013). Syftet med projektets andra del var att bland annat utifrån slutsatserna i del 1, sammanställa vetenskapligt kunskapsunderlag som kan ligga till grund för framtida nationella beslut om riktvärden för överdäckade/slutna stationsmiljöer längs med järnväg, alternativt metodik för att upprätta riktvärden för respektive stationsmiljö. Målet var också att identifiera kunskapsluckor för framtida studier och på så sätt klargöra och utveckla slutsatserna i detta projekt.

Den här rapporten syftar primärt till att redovisa den andra delen av projektet och består av en sammanställning av kunskap, resonemang och perspektiv från workshops och annan kommunikation med transportutövare, ansvariga myndigheter och nationella forskare.

Uppdraget var inte begränsat till någon specifik spårmiljö, som exempelvis järnväg, tunnelbana eller spårväg. Resultatet var snarare tänkt att kunna tillämpas i samtliga miljöer och förväntas utgöra grund för utveckling av rutiner och åtgärder för att minska halten av luftföroreningar. På så sätt kan risken för ohälsa minska till följd av hög kortvarig eller långvarig exponering av luftföroreningar.

Rapporten innehåller:

- Underlag för beslut om nationella riktvärden.
- Underlag för utformning av kontrollprogram.
- Förslag på upplägg av åtgärdsplaner anpassade till stationssituationer.
- Ett förslag på hur en samhällsekonomisk analys kan se ut för att bedöma kostnader för kontrollprogram och åtgärder i förhållande till hälso nytta.
- Förslag till fortsatta vetenskapliga studier för att kunna uppdatera och förbättra riktvärden och rutiner.

Sammanfattning av del 1 i projektet

Då svenska tåg (med få undantag) är eldrivna och således inte bildar avgaspartiklar, är det främst luftburna partiklar från slitage som bidrar till de höga halterna i dessa miljöer. Slitagepartiklarna härrör från nötning och förslitning av räls, hjul och mekaniska och elektriska bromsar, förslitning av kablar samt material som virvlar upp från banvallen. Även allmänt underhållsarbete (städning, reparationer) och individer (passagerare, tunnelbanepersonal med flera) som vistas i spårmiljöer kan tillföra aerosoler (luftburna partiklar och gaser) som påverkar luftkvaliteten och dess sammansättning (Reche, Moreno et al. 2017, Triadó-Margarit, Veillette et al. 2017).

Partiklar, som härrör från slitage mot räls och bromsar, består till stor del av järn och andra mineraler såsom krom (Cr), mangan (Mn), nickel (Ni), koppar (Cu), zink (Zn), molybden (Mo), barium (Ba), kalcium (Ca), kisel (Si), Antimon (Sb) och kalium (K). Förutom en hög andel järn ($\approx 90\%$), kan övriga mineraler variera, inte enbart mellan olika studier utan även mellan olika stationsmiljöer inom en och samma tåglinje (Martins, Moreno et al. 2016). Halterna varierar också med stationsutformningen, lokaliseringen och med trafikintensiteten (Qiao, Xiu et al. 2015, Reche, Moreno et al. 2017, Cha, Olofsson et al. 2018). Såväl resenärer som reser sällan, pendlare och personer som utför arbete i området, exponeras av partiklarna.

I bedömningen av hälsoeffekter finns två särskilt viktiga frågor att ta hänsyn till:

1. Är halten av partiklar högre i överbyggda stationsmiljöer än i andra urbana miljöer?
2. Skiljer sig dessa partiklars toxiska potential mot andra urbana partiklar?

Befintlig europeisk forskning tyder på att partikelhalterna i överbyggda stationsmiljöer och tunnelbanor är betydligt högre än i motsvarande urbana miljöer ovan mark. Detta gäller även i kommersiella miljöer i anslutning till överbyggda stationer (Spagnolo, Ottria et al. 2015). När det gäller partiklarnas toxiska potential, anser vi att det är det högre metallinnehållet som ökar toxiciteten och risken för att de ska utgöra en hälsofara. Både in vitro och in vivo-studier visar att partiklar med högt metallinnehåll framkallar såväl inflammatoriska som cytotoxiska effekter (Molinelli, Madden et al. 2002, Pagan, Costa et al. 2003, Gerlofs-Nijland, Rummelhard et al. 2009, Perrone, Gualtieri et al. 2010). Till exempel har Gerlofs-Nijland et al. (2009) visat att partiklar med högt metallinnehåll ger en större inflammatorisk respons än andra partiklar (Gerlofs-Nijland, Rummelhard et al. 2009). Nyare studier - specifikt på järnvägs- eller tunnelbanepartiklar - ger däremot inte belägg för att den toxiska effekten generellt skulle vara lägre hos dessa partiklar än hos andra partiklar i utomhusmiljön. En studie fann att järnvägspartiklar hade en liknande cytotoxisk eller oxidativ stresspotential som partiklar insamlade i urban miljö (Spagnolo, Ottria et al. 2015). Janssen et al. (2014) fann att tunnelbanepartiklar hade en högre oxidativ potential jämfört med motsvarande partiklar från urban bakgrundsluft (Janssen, Yang et al. 2014) och en studie av Loxham et al. (2015) tyder på att en antioxidantreaktion sker i luftvägarnas epitelceller när de exponeras för tunnelbanepartiklar (Loxham, Morgan-Walsh et al. 2015). Till skillnad från tidigare nämnda litteraturgenomgång från år 2013, där partiklarnas toxiska potential ansågs likvärdiga, visar nyare forskning snarare att järnvägspartiklar riskerar att ha en högre inflammatorisk potential än partiklar i urban utomhusmiljö. I dagsläget saknar vi kunskap om det orsakas av något specifikt ämne.

En modelleringsstudie av Martins et al. (2015) fann att ca 80% av de partiklar (mätt som massa) som tunnelbanependlare andades in deponerades i luftvägarna (Martins, Moreno et

al. 2015). Den största delen av de inhaleda partiklarna (68%) deponerades i de övre luftvägarna, 4% i bronker och ca 10% i alveoler (Martins, Cruz Minguillón et al. 2015). Hur länge man pendlar med tunnelbana påverkar hur många partiklar man andas in. Det förekommer till exempel studier som indikerar att även friska individer kan få minskad hjärtfrekvensvariabilitet vid tunnelbanependling (Yang, Jia et al. 2018). Effekterna på hälsan vid begränsad vistelse i denna typ av miljö bör också ha störst inverkan på individer med sårbara luftvägar (exempelvis astmatiker) eller hög risk för hjärt-kärlhändelser (exempelvis personer med nyligen haft hjärtinfarkt), varför ett korttidsriktvärde bör fokusera på att skydda dessa riskgrupper. Järholm et al. (2013) utgick från studier på riskgrupper (astmatiker) och de hälsoeffekter man såg på dessa vid inandning av tunnelbaneluft (Järholm 2013). Därför anser man att ett skyddande gränsvärde, som även gäller riskgrupper, bör ligga på 200 µg/m³ som timmedelvärde för PM10 (Järholm 2013). Järholm et al. (2013) (Järholm 2013) och Stroh et al. (2019) (Stroh 2019) har dessutom beräknat riktvärdet så att den totala dygnsdosen inte ska riskera överskrida miljö kvalitetsnormerna.

Metod del 2

Vi höll två inledande workshops/arbetsmöten – det ena med deltagare från myndigheter och transportutövare (intressentgruppen) och det andra där nationella forskare (forskargruppen). Dessa möten ägde rum under två heldagar då man diskuterade olika frågor, kopplade till målen med projektet. Den största skillnaden mellan de två första arbetsmötena var att man i intressentgruppens diskussion utgick från riktvärden som togs fram av Stroh et al. i del 1 på 200 µg/m³ (PM10) (Stroh 2019), medan forskargruppen utgick från Transportstyrelsens förslag till riktvärden på 240 µg/m³ (PM10). Båda förslagen finns i sin helhet längre ner i metodavsnittet. Anledningen till att gruppernas diskussioner utgick från olika riktvärden, var att Transportstyrelsen parallellt med projektet hade arbetat med att ta fram föreskrifter för luftkvalitet i vägtunnlar, spårväg, tunnelbana och järnväg. Dessa föreskrifter var dock inte klara och kunde därför inte presenteras för intressentgruppen. Men alla deltagare fick ta del av båda förslagen via mötesanteckningar och slutseminarium och fick således möjlighet att diskutera dem. Vid övriga diskussionspunkter, till exempel åtgärdsförslag och kontrollprogram, fanns inte samma skillnad. Här kunde forskargruppen direkt börja diskutera utifrån de oklarheter som intressentgruppen lyfte. Samtliga deltagare fick tillgång till mötesanteckningar och en sammanställning av svar med möjlighet att komplettera för att fånga upp om någon åsikt gått förlorad och nå konsensus. Svaren kommunicerades till alla berörda. Parallellt med detta arbete, sammanställdes också de samhällsekonomiska värden som ingår i denna rapport. I rapporten finns också de idéer på ny forskning presenterat, som deltagarna lämnat.

Deltagarna fick läsa utkast till rapporten inför den slutgiltiga workshoppen, som på grund av rådande pandemisituation fick hållas digitalt. De viktigaste slutsatserna och oenigheterna presenterades för deltagarna innan de delades upp i fyra förvalda grupper - två grupper diskuterade riktvärde, en grupp diskuterade kontrollprogram och den fjärde gruppen diskuterade åtgärder. Därefter möttes samtliga deltagare i storgrupp där de fick möjlighet att presentera sina viktigaste slutsatser innan de fortsatte diskussionen. Hela rapporten skickades sedan ut till samtliga deltagare för synpunkter. Den data som samlats in från slutseminariets deltagare, forskare och intressenter, se Bilaga 1, tabell B1, ligger till grund för den slutgiltiga rapporten.

De riktvärden som diskuterades presenteras nedan:

Förslag från Stroh et al. (Stroh 2019):

Utifrån befintligt kunskapsläge och med hänsyn tagen till känsliga individer och riskgrupper anser vi det lämpligt att bibehålla det tidigare föreslagna riktvärdet avseende ett timmedelvärde på 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och ett dygnsmedelvärde på 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för PM10. Utöver detta anser vi även att ett riktvärde, etablerat som skydd för människors hälsa, också bör baseras på partikelhalter för PM2,5. Detta riktvärde bör då ligga på 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som dygnsmedelvärde av PM2,5 för att en individs sammanlagda partikelexponering inte ska överskrida rådande miljö kvalitetsnormer.

Utkast till underlag till diskussion från Transportstyrelsen:

Luftkvalitet

15 § För plattformsrums i spårtunnlar eller vid överdäckning av perronger ska ett riktvärde för utformning av tunnelsystem med tillhörande mekanisk ventilation, för skydd av människors hälsa, bestämmas.

Riktvärdet ska vara så lågt att riskhöjningen på grund av hela tunnelpassagen inte blir oacceptabelt hög för den pendlare som dagligen reser under de mest ogynnsamma omständigheterna. Riktvärdet ska formuleras som ett högsta timmedelvärde av partiklar (PM10).

Allmänna råd

Som oacceptabelt stor riskhöjning kan betraktas att en regelbunden tur- och returresa under maxtimmen ger ett bidrag till exponeringen för PM10 så att den totala dosen överskrider vad som motsvaras av årsmedelvärdet för miljö kvalitetsnormen. Risker beror på uppehållstiden på perrongen, tid av resan som sker under mark och uppskattad halt för övrig tid.

Detta motsvarar ett riktvärde för partiklar (PM10) på 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ uttryckt som ett högsta timmedelvärde. Detta riktvärde får överskridas 175 timmar per år.

Förhållandet mellan olika luftföroreningar och dess hälsoeffekter bör vid behov uppdateras för att följa teknikutveckling samt nya hälsorön.

Resultat och diskussion

Riktvärdet och olika mikromiljöer

Båda förslagen till riktvärden baseras på en uppskattning av totalexponering. Med totalexponering menas att man försöker beräkna en individs totala exponering under till exempel ett dygn. Den beräknas på tiden gånger halten vilket betyder att även om individerna bara tillbringar en bråkdel av dygnet i stationsmiljöer, skulle de höga partikelhalterna där, utgöra en större del av en individs totalexponering. I uträkningarna har halten en individ påverkas av resten av dygnet beräknats på att vi resten av dygnet utsätts för urbana utomhushalter. Man har således inte vägt in att individen kan påverkas av andra partikelhalter vid arbete, fritid, inomhus, andra spår miljöer eller om man bor på landet.

Stroh et al:s riktvärden är beräknade på de halter som påverkar individen under hela pendlingen. De är inte beräknade på olika halter och tider i vagn, plattform eller i tunnelmiljöer till och från plattformen, så kallade mikromiljöer.

I kommande avsnitt ska vi diskutera dessa mikromiljöer och föreslå hur de kan beaktas vid beräkning av riktvärde.

Andra utomhushalter

Grupperna enades om att överbyggda stationer framför allt finns i städer och att man inte behövde göra justeringar för halter på landsbygden.

Arbetsplats- och fritidsexponering

Eftersom individer inte enbart påverkas av partikelhalter vid pendling eller utomhus, diskuterade vi om man till exempel skulle väga in annan exponering, till exempel vid arbete och fritid. Stroh et al. (Stroh 2019) och Järholm et al. (Järholm 2013) lyfte svårigheterna med att ta höjd för arbetsplats- eller fritidsexponering, då den är ytterst individuell. De valde istället att använda ett säkert avstånd till maxvärdet (i detta fall miljö kvalitetsnormerna, MKN). De flesta projektdeltagare ansåg att ett riktvärde borde ta höjd för eventuell arbetsplats- och fritidsexponering. De var tveksamma till om Transportstyrelsens föreslagna riktvärde tagit höjd för detta i sina beräkningar.

Inomhusmiljö

En annan fråga som deltagarna tog upp, var om riktvärdet skulle justeras för inomhusmiljö då de flesta tillbringar större delen av dagen inomhus. Men det ansågs svårt att tillämpa eftersom halterna inomhus varierar och är svåra att sätta en schablon på (såsom man kan göra för utomhusluft). Partikelhalten kan exempelvis höjas av matlagning och tända ljus. Man enades därför om att det var bättre att utgå från nivåerna utomhus.

Olika spårmiljöer

Ett förslag var att dela upp exponeringstid och halter i olika mikromiljöer, som till exempel vagn och plattform. Att välja ett riktvärde som även väger in exponering inne i vagnen, där individer ofta vistas längre tid, ansågs kunna vara ett incitament för renare luft där. Men frågan ansågs komplex och det fanns stora invändningar mot att dela upp exponeringstiden så. Tid och halter i andra mikromiljöer vid stationer, exempelvis när individer tar sig till en plattform eller byter linje, skulle då inte räknas med. Dessutom var man osäker på vilken halt man skulle använda inne i vagnar eftersom den varierar med fordonets ålder och filtreringseffektivitet samt om fordonet gick under eller över jord. Teoretiskt torde detta kunna simuleras med ett avancerat mät- och modelleringsprogram och fördelen ligger i incitament för bättre vagnsmiljöer. Det finns dock flera faktorer som påverkar den tid som individen väntar och därmed exponeringen. Det kan bero på 1) beteende, exempelvis om folk kommer tidigt till plattformen 2) oförutsedda händelser, exempelvis om tåget är försenat 3) möjlig miljö rättvisa och 4) turtäthet, enskilt eller i kombination.

Beteende

Forskarna med ett medicinskt perspektiv, hävdade att om väntetiden ska beaktas i exponeringsmättet, så bör resenärerna få information om att de har möjlighet att aktivt välja att minska sin exponering genom att vistas kortare tid på plattformen. De har rätt att få veta hur de skyddar sin hälsa. Men en sådan informationskampanj skulle kunna leda till ökad oro i samhället och vara kontraproduktiv ur kollektivtrafiksynpunkt. Flera föredrog därför att man skulle undvika att justera för olika halter i olika mikromiljöer.

Oförutsedda händelser

En plan måste finnas för att hantera förseningar och minska den tid som individerna vistas på plattformen.

Möjlig miljöorättvisa

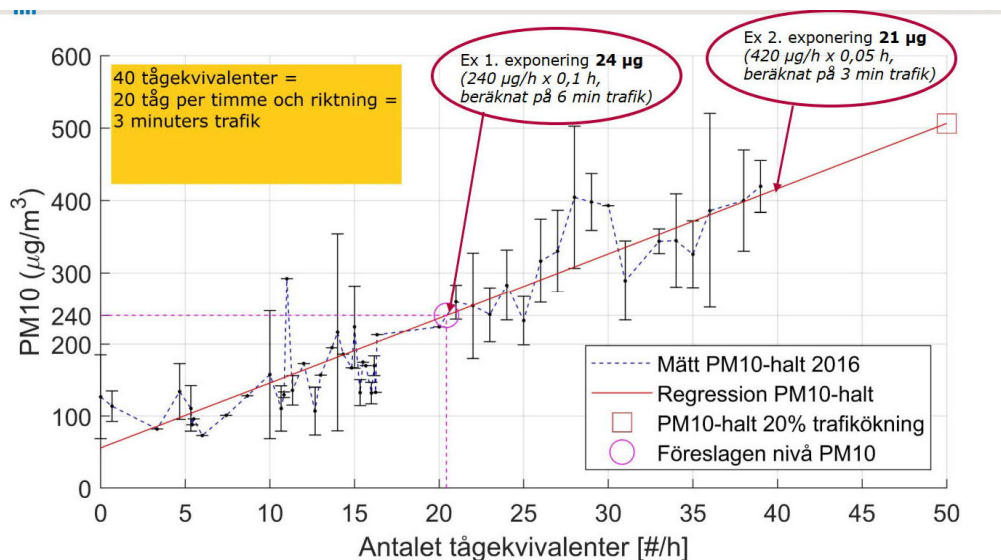
Att använda en genomsnittlig tid för att räkna ut väntetid på plattform skulle potentiellt, på ett systematiskt sätt, öka miljöorättvisan i samhället, ansåg flera av forskarna. Detta skulle kunna ske om det finns en socioekonomisk gradient i att de från ytterförorter får vänta längre tid på plattformarna vid hemresor från centrala Stockholm, eftersom deras tunnelbanelinje går mer sällan. Många tunnelbanelinjer delar sig innan de kommer till ytterområden och de som bor i dessa områden kan få vänta tre gånger så lång tid jämfört med de som bor närmare centrum. Boende i socioekonomiskt utsatta ytterområden anses pendla oftare med tunnelbana än med bil jämfört med de med större socioekonomiska förutsättningar i ytterförorter.

Andra ansåg att den ökade exponeringen av längre tid på plattform skulle kompenseras med minskad exponering i vagnar, då deras resor också är längre. Detta förutsätter lägre halter i vagnar. Det fanns dock en oenighet om detta eftersom det anses grunda sig på att exponeringen under kort tid med hög halt på plattform är jämförbart med exponering under längre tid med något lägre halt i vagn både när det gäller korttidseffekter och långtidseffekter. En annan invändning var att resonemanget kräver att större resväg sker under jord.

Sammanfattningsvis borde frågan utredas vidare, både för att få mer kunskap om halter i vagnar, hur dessa påverkar exponeringen och hälsan såväl generellt som i olika socioekonomiska grupper. De flesta ansåg att ifall väntetiden skulle vägas in, borde också den längsta väntetiden vid den tidpunkt när partikelhalten är högst räknas in och inte genomsnittlig tid. På så sätt tar man höjd för en möjlig miljöorättvis exponering.

Turtäthet

En diskussionspunkt som lyftes i slutseminariet är turtäthetens betydelse för minskad tid på plattform. Turtätheten kan också leda till högre halter på plattformen, men enligt Figur 1. av Ulf Olofsson, KTH, blev exponeringsdosen av partiklar däremot mindre av den minskade väntetiden. Andra deltagare menade att vilken hänsyn som bör tas till turtäthet och halter inne i vagnar var kniviga frågor som kräver en djupare utredning än vad som har hunnits med i detta projekt. En deltagare påpekade att 3-minuterstrafik på en innerstadsstation i praktiken kan vara 9-minuterstrafik (för de som reser till hållplatser där linjer delar sig) eftersom upp till tre linjer kan passera en station. Andra ansåg att antagandet om möjlig minskad hälsoeffekt med högre turtäthet skulle kräva att man vet vad som är farligast: en kortvarigt högre halt eller längre tid med en något lägre halt. En annan viktig aspekt som belystes var att hög turtäthet var ett bra incitament för viljan att resa kollektivt.



Figur 1, Turtäthet i relation till halt av Ulf Olofsson, KTH

Slutsats om mikromiljöer

Deltagarna enades om att inte beakta inomhusmiljöer, eftersom halterna inomhus inte generellt är lägre och dessutom varierar mer än utomhusmiljöer. De var också eniga om att använda urbana halter vid beräkningar då detta främst är ett problem i stadsmiljöer. Men de flesta projektdeltagare ansåg att det måste gå att ta höjd för någon annan exponering än enbart utomhusluft och pendling. Flera nämner yrkesexponering eller exponering vid fritidsaktiviteter. Det är dock svårt att göra en beräkning för en generell population. Järholm et al. och Strohm et al. tog viss höjd för detta, se del 1 i projektet, men denna försiktighetsåtgärd saknas i Transportstyrelsens förslag.

Det fanns även ett förslag på ett så kallat "dosbaserat" mått med olika exponeringshalter vid plattform respektive vagn, men forskarna hade avvikande åsikter om det var lämpligt. Sammanfattningsvis bör frågan utredas vidare, dels när det gäller behov av kunskap om halter i vagnar och hur dessa påverkar exponeringen och hälsan såväl generellt som i olika socioekonomiska grupper. De flesta ansåg att om man skulle väga in väntetiden, borde också den längsta väntetiden vid den tidpunkt när partikelhalten är högst räknas in och inte en genomsnittlig tid. På så sätt tar man höjd för en möjlig miljöorättvis exponering med en socio-ekonomisk gradient och har ett visst utrymme vid förseningar. Dessutom måste man vara uppmärksam på att man även tar höjd för hälsoeffekter av kortvariga höga halter.

Riktvärden

Miljökvalitetsnormerna som utgångspunkt

Det lyftes att de föreslagna riktvärdena är baserade på årsmedelvärdet i miljökvalitetsnormerna (MKN) för PM10 på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. MKN är till skillnad från Miljömålet Frisk luft på $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och WHO:s riktlinjer på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inte så låga att de skyddar alla individer, i synnerhet inte känsliga grupper. Det nämndes även att MKN redan är en avvägning mellan hälsa och ekonomi och inte ett värde baserat på att skydda hälsan fullt ut och särskilt inte känsliga grupper. MKN skyddar därför till viss del genomsnittspersoner, men inte särskilt känsliga grupper som barn, äldre, redan sjuka och gravida. Som underlag för riktlinjer och normer finns epidemiologiska studier understödda av toxikologiska

studier. De epidemiologiska studierna ser ingen tröskelleffekt för luftföroreningar. Det betyder att det inte finns några nivåer som kan anses vara helt riskfria. Effekterna ser också ut att vara linjära, det vill säga att varje minskad nivå innebär en minskning av döds- och sjuktal.

I diskussionerna lyftes också att syftet med MKN är att sätta en politiskt acceptabel norm för utomhusluft. Syftet är inte att MKN ska användas som en kvot som verksamheterna har utrymme att fylla upp med sina luftföroreningar så att man precis klarar kvoten, utan att lämna plats för ytterligare exponering än den genomsnittliga utomhusmiljön. Som tidigare diskuterats så har det tidigare föreslagna riktvärdet på 200 µg/m³ PM10 som timmedelvärde, utformats enligt försiktighetsprincipen och därmed har marginal till potentiella ytterligare exponeringskällor (som yrke och fritid). I beräkningarna av Transportstyrelsens riktvärde har någon sådan hänsyn inte tagits, och det ansågs bland forskarna därför föreligga risk att exponeringen leder till ohälsa.

Ett annat förslag man tog upp var att om man ska beakta risken för varje verksamhet separat så skulle de enskilda bidragen till exponeringen inte vara större än miljömålen för att bibehålla försiktighetsprincipen. Särskilt då man bygger nytt är det rimligt att ställa krav i relation till miljömålen, menade man, i alla fall att 90- eller 95-percentilen ska klara miljömålen. Andra menade att exponeringen inte ska vara högre än MKN någonstans, inte heller i stationsmiljöer. MKN är redan satt utifrån en godtagbar risknivå, som visserligen inte är ett fullständigt skydd utan är en acceptabel risk för dödsfall och sjukdom.

Risker vid kortvarigt höga halter

Man kan även få besvär av att kortvarigt exponera sig för höga halter av partiklar. Man har i studier sett att astma kan försämrats i samband med nivåerna i det föreslagna riktvärdet. Därför bör riktvärdet ta hänsyn till att kortvarig exponering av för höga halter inte bara är en del av totalexponering för långtidseffekter utan kan ge direkta hälsokonsekvenser. (Järholm 2013): "Vid vistelse under 2 timmar i halter kring 200 µg/m³ (PM10) kunde man påvisa lindriga effekter hos personer med lindrig astma. Personer med svår astma torde kunna ha högre känslighet. Ska man skydda dessa personer är ett riktvärde kring 200 µg/m³ PM10 rimligt."

Riktvärde för PM2,5 eller andra luftföroreningar?

I våra diskussioner lyftes frågan om ett riktvärde även skulle sättas för PM2,5. Men man kom överens om att det i dagsläget borde räcka med PM10, då tidigare svenska studier uppmätte en större andel av PM10 än PM2,5. Det nämndes även att kväveoxider kan finnas i denna miljö, men slutsatsen blev att PM10 fortfarande borde vara fokus för åtgärder i nuläget. Däremot bör det finnas möjlighet att lägga till andra luftföroreningar eller andra partikelfraktioner (särskilt PM2,5) i framtiden, om det visar sig att ett riktvärde på PM10 inte effektivt nog täcker in dessa luftföroreningar.

Finns det överhuvudtaget evidens för att sätta ett riktvärde?

En intressant ifrågasatte om det finns tillräckligt stöd från medicinska studier om hälsoeffekterna av tunnelbanemiljö. En annan deltagare påpekade att sådana partiklar inte ska beaktas som mindre toxiska än de partiklar som finns i urban miljö enligt rådande vetenskapliga konsensus. Frågan om toxicitet är förutom de vetenskapliga

kunskapssammanställningarna av Stroh et al. 2019 och Järholm et al. 2013, utredda av EU-projektet IMPROVE (Martins, Moreno et al. 2015), och Committee on the Medical Effects of Air Pollution (COMEAP), som har gjort en kunskapssammanställning för Transport for London om deras tunnelbana (Loxham and Nieuwenhuijsen 2019). Slutsatserna är desamma, att partiklar från järn- och spårväg är minst lika farliga som de mer organiskt sammansatta partiklarna i utomhusmiljöer. Liknande slutsatser har även gjorts i Korea (Nguyen, Park et al. 2017). Ingen kände till någon sammanställning som skulle stödja att de skulle vara mindre toxiska eller att det inte finns tillräckligt underlag för beslut.

Slutsats från diskussionerna om riktvärde

Det rådde oenighet om vad som är ett acceptabelt riktvärde för hälsan. En åsikt var att man skulle ta större hänsyn till känsliga grupper, ta höjd för effekter av kortvarigt höga halter samt ge utrymme för annan exponering till exempel yrkes- och fritidsexponering. Dessa föredrog riktlinjerna från Järholm et al. och Stroh et al. De flesta var överens om att det föreslagna riktvärdet på 240 µg/m³ för PM10 som årsmedelvärde borde ses som minsta möjliga krav, utan hänsyn till försiktighetsprinciper eller känsliga grupper. Då det ansågs som minsta möjliga krav, hävdade många att man bör undvika att ta hänsyn till osäkra faktorer som vagn och plattform till dess att större kunskap finns om alla faktorer som skulle kunna påverka detta dosbaserade mått. I forskargruppen hävdade de medicinskt inriktade forskarna att riktvärdet dessutom bör kompletteras med ett inriktningsmål med ett lägre värde som även skyddar känsliga grupper och som ligger i linje med miljömålet Frisk luft. Andra ansåg att riktvärdet skulle anpassas till andra mål som att öka resande med spårbunden trafik, bygga nya stationer och ökad turtäthet. Ur detta perspektiv förespråkades ett riktvärde uppdelat på vagn och plattform med MKN som utgångspunkt.

Riktlinjer för överskridande

Flera projektdeltagare ifrågasatte Transportstyrelsens förslag för överskridande av 240 µg/m³ som skulle tillåtas 175 timmar per år. Man menade att det skulle kunna göra det möjligt att överskrida värdet 30 minuter/dag under den mest intensiva pendlingsstiden. Detta låg inte i linje med att tillåta ett överskridande gällande utomhusluft som istället syftar till att ge en öppning för ovanliga händelser, till exempel bränder. De som ifrågasatte Transportstyrelsens förslag, förordade istället maximalt 35 dygn/kalenderår - högst 5 timmar/dygn. Vissa ansåg att detta förslag skulle försvåra för visst underhåll som slipning, svetsning och dieseldrivna maskiner och underhållståg som kortvarigt skulle kunna bidra till högre halter. Andra ansåg att ny teknik, till exempel att gå över till eldrivna maskiner kunde minska en del av dessa emissioner. Det nämndes även bättre planering med parallella tunneldragningar för underhåll för att minska spridningen i tunnelsystemen. Då går det att undvika tillkomst av partiklar i en miljö där det är svårt att ventilera bort partiklarna. Visst underhåll, till exempel slipning och svetsning kan vara svårare att undvika, men 35 dygn kan täcka för underhåll där sådan påverkan inte kan förhindras. På så sätt kan dessutom vanligt förekommande underhåll få incitament för bättre planering såsom tunnelplaceringar och snabbare omställning till renare teknik.

En invändning mot det nya förslaget på 35 dygn, var att även vädret kan påverka och att det var osäkert om det ska räknas till tillåtna undantag, genom särskilda händelser. Vid låga temperaturer kan ventilationen nämligen leda till för låga temperaturer och is även i tunnelbanemiljö. Det rådde oenighet om detta kunde planeras bort bättre eller om högre

halter skulle tillåtas även vid sådana tillfällen. Detta bör beaktas vid utformning av undantag då låga temperaturer snarare är norm än undantag under vinterperioder.

Slutsats överskridande

Diskussionen landade i att särskilda, inte regelbundna, händelser och händelser som kan åtgärdas, ska vara utgångspunkt för att sätta antalet överskridanden av riktvärdet.

Kontrollprogram, kvalitetskontroll och kvalitetssäkring

Mätplats

När det gäller kontrollprogrammet var alla överens om att mätningarna borde göras på representativ plats där människor oftast vistades. Det kanske inte är där som halterna är högst, till exempel precis vid spåret eller tunnelmynningen. Sådana miljöer bör undvikas om vi inte anser att det representerar en genomsnittsexponering. Man lyfte även att tågstationerna hade olika förutsättningar och att det bör vägas in. Mätutrustning bör placeras på mitten av plattformen där flest resenärer uppehåller sig. I de fall där det finns flera in- och utgångar som påverkar ventilationen, så bör man välja den längsta sträckan mellan stationens in- och utgång och tunnelmynning, bland annat då det ofta finns elindragen där. Mätutrustningen bör sitta på tillräckligt avstånd från väggen för att ha bra luftcirkulation. Mätutrustningen bör dessutom placeras utom räckhåll, på höjden, motsvarande utomhusmiljöer (1,5–3,5 meter höjd). Praktiska aspekter som utrymme avgör i befintliga stationer, men för nybyggnation kan planering för förutsättningar för övervakning underlätta hanteringen. Vid nybyggnation bör därför luftkvalitetövervakning ingå som en aspekt att ta hänsyn till av verksamhetsutövaren i tidigt skede.

Mätutrustning

Alla var överens om att använda mätutrustning enligt branschstandard. Man vill gärna att det följer kontrollprogram som redan finns för utomhusmiljö, och endast anpassas där det är nödvändigt. Kvalitetssäkring och kvalitetskontroll bör utgå från samma premisser som nämns i Luftguiden när det gäller mätningar. Det är också viktigt att mätutrustningen är kalibrerad för att mäta på ett så tillförlitligt sätt som möjligt.

Urval av stationer

Alla stationer med liknande förutsättningar behöver inte alla ha kontinuerliga mätningar. Istället kan en kortare mätkampanj göras för att visa att mätningarna på de olika plattformarna stämmer överens. Tidigare studier har funnit att två faktorer som orsakar skillnader i halt verkar vara tunnelns djup och typ av ventilation. Detta kan vara vägledande i val av jämförbara stationer. Inriktningen bör vara att fokusera på stationer som skulle kunna riskera att överskrida värdet eller där det finns väldigt mycket resenärer. Nybyggda stationer bör kontrolleras i ett inledande skede för att kunna identifiera avvikelser. Modeller och beräkningar av emissioner kan göras som ett komplement till mätningarna och är givetvis nödvändigt vid projektering av nya stationer.

Temporala aspekter på mätningen

Kontinuerliga mätningar på ett litet urval av stationer ansågs viktigt för att hitta temporala avvikelser. Det har tidigare uppmätts skillnader mellan vinter- och sommarförhållanden, med högre nivåer på vintern. Mätningar bör därför utföras kontinuerligt (hela året och med medeltimmesvärden) på minst två stationer eller 10% av stationerna. Övriga stationer bör ha ett löpande kontrollprogram med flyttbar utrustning för kortare mätperioder (två veckor och timmedelvärde). Om halterna i stationsmiljöerna riskerar överskridas under sommarhalvåret, bör mätningarna upprepas nästföljande vinter då halterna generellt är högre. Mer kunskap efterlystes om hur jämförbara kortvariga mätkampanjer är över säsonger och stationsmiljöer.

Övriga aspekter på kontrollprogram

Ett dosbaserat riktvärde (uppdelat på vagn och plattform) ansågs svårt att övervaka och sätta upp kontrollprogram för givet olika tider och turtäthet. Kontrollprogrammet får samtidigt inte sätta begränsningar, menade man. Modelleringar kan fungera som ett bra komplement till mätningar i en sådan situation, vilka däremot ändå bör valideras med mätningar. Vid nya projekteringar bör luftföroreningar och hälsoperspektivet beaktas tidigare än vad som görs nu med stöd av simuleringar och modelleringar.

Samhällsekonomisk bedömning

Den samhällsekonomiska analysen har värderat hälso nyttan i förhållande till kostnader för övervakning och åtgärder i syfte att minska ohälsa som orsakas av dålig luftkvalitet på underjordiska stationsmiljöer. Samhällsekonomisk analys, SEA, användes som metodik baserat på de ASEK-värden som redan tagits fram för luftföroreningar, se tabell 1 (Trafikverket 2020).

Tabell 1, Skadekostnad kr/person och år, mikrogram (ASEK 7)

Effekter	Typ av emission	Skadekostnad, kr per ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) och person, år 2017	Skadekostnad, kr per ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) och person), år 2040
Lokala effekter:			
Hälsoeffekter:			
Avgaspartiklar	Partiklar PM _{2.5}	7 800	10 998
Slitagepartiklar	Partiklar PM ₁₀	1 600	2 256

Eftersom avgaspartiklarna inte är i fokus här, så bedöms endast slitagepartiklarna. ASEK-värdet grundar sig enbart på hälsa eller livskvalitet. Här hänvisar vi till https://enveco.se/wp-content/uploads/2019/10/revsek-rapport_slutversion_2019-07-03.pdf där de specificerar att det är skadekostnaderna för hälsa som avses. Värderingen här är per PM10 (mikrogram per kubikmeter): 1 600 kr per person och år.

Vid uträkningen måste man här ta hänsyn till att individerna endast exponeras en kort tid. Som exempel utgår vi från samma resonemang som i Järvholm et al (2013) och Strohm et al. (2019); en genomsnittlig tunnelbanependlare som har en exponeringstid på 480 timmar per år och delat detta med årets 8 760 timmar, vilket ger en genomsnittlig exponeringstid på 5,5% av den totala dosen. Vi använder således endast 5,5% av ASEK-värdet. Då blir värdet istället 88 kr per person och år för varje mikrogram per kubikmeter. Om vi räknar att

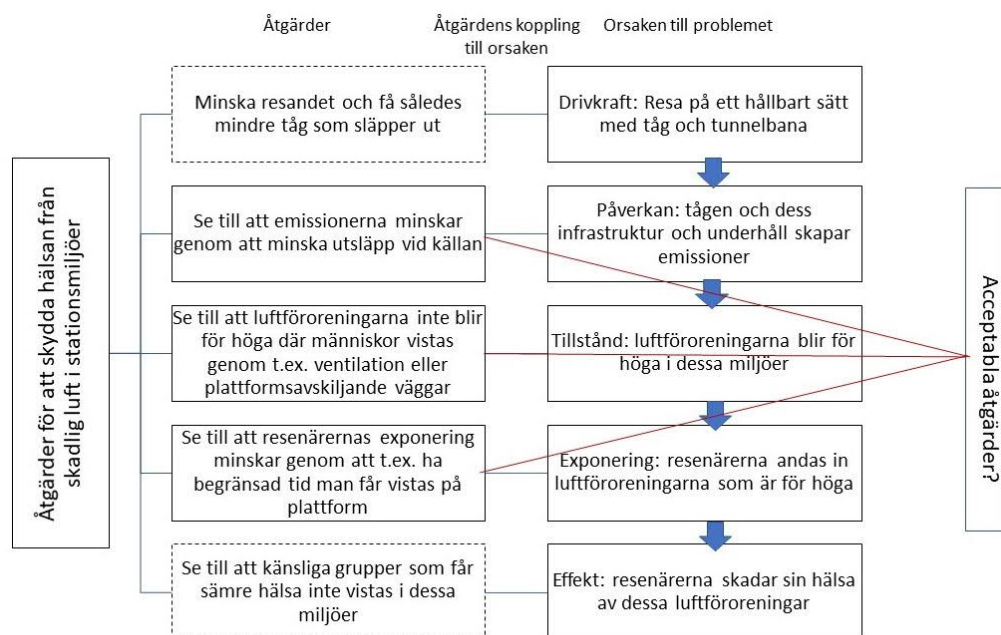
exponeringen är 240 mikrogram per kubikmeter så är kostnaden för varje tunnelbanependlare 21 120 kronor per år. Om tunnelbanemiljön istället har halter på 200 mikrogram per kubikmeter så blir kostnaden 17 600 per person och år. Om vi räknar med en genomsnittlig exponering på 100 mikrogram per kubikmeter blir kostnaden istället 8 800 kr per person och år. Eftersom det är flera hundratusen individer som pendlar med tunnelbana så kan totalkostnaden bli mycket hög. Nyttan med kontrollprogram och åtgärder bör sättas i relation till detta.

Förslag på åtgärder

Förslag på åtgärder presenterades i del 1 Stroh et al. 2019 (Stroh 2019), men sammanfattas här och i figur 2. Figur 2 använder verktyget DPSEEA (Driver, Pressure, State, Exposure, Effect, Action) som är ett vanligt verktyg för att kartlägga åtgärder och används bland annat av United Nations Environment Program (UNEP) och European Environmental Agency (EEA) (García-Onetti, Scherer et al. 2018).

Drivers – Drivkrafter står för de aktiviteter som ligger bakom ett miljöproblem. Pressures – Påverkan står för de fysiska aktiviteter som orsakar problemet. States - Tillstånd står för problemet eller tillståndet i en miljö på grund av påverkan. Exposures – Exponeringar står för tillståndet hos människan på grund av påverkan. Effects – Effekter står för de konsekvenser problemet orsakar. Action – Åtgärder kan vidtas för att minska eller rätta till problemet och kan delas upp på de ovanstående för att få en klarare bild av acceptabla åtgärder och vilka som ansvarar för dessa (Lebret 2016, García-Onetti, Scherer et al. 2018).

Syftet är att klargöra problemets (här luftföroreningar i stationsmiljöer) orsaker och att få en klarare bild av acceptabla åtgärder och vilka som ansvarar för dessa (Lebret 2016, García-Onetti, Scherer et al. 2018). Det kan också ge indikationer på åtgärder som kan göras vid olika tillfällen såsom planering av nya stationer, upphandling eller genom drift. Förslag på åtgärder är sammanfattade i en utvärdering av traditionella och nyare åtgärder för tunnelbana (Park, Son et al. 2019), i IMPROVE tekniska guide här http://www.improve-life.eu/wp-content/uploads/2018/01/Technical-Guide_IMPROVE-final-version.pdf och den finns sammanfattad i del 1 av detta projekt för de som önskar fördjupa sig.



Figur 2, Ett DPSEEA diagram över åtgärder för att klargöra rangordning av åtgärder.

Slutsatser om åtgärdsförslag

Drivkraft

Alla var överens om att det inte var lämpligt att försvåra övergången mot mer hållbart resande med kollektivtrafik. Åtgärderna får inte heller belasta det transportmedel som vi vill främja. Så förhållandevis resurseffektiva åtgärder ska i första hand utföras vid källan. Järnvägs- eller tunnelbanesystemet får inte heller belastas med åtgärder som medför för stora avgifter och kostnader då det kan medföra lägre kapacitet och konkurrenskraft, vilket i sin tur kan innebära minskade möjligheter till transport med järnväg och tunnelbana.

Tryck

Emissionerna bör minska först och främst vid källan. Körteknik och planering kan också påverka, till exempel genom att minimera kraftiga inbromsningar nära plattformen när det är möjligt. Upphandlingar kan påverka genom att man ställer krav på användning av elektrifierade underhållsmaskiner, rätt material och kontinuerligt underhåll av bromsar, hjul och räls.

Tillstånd

När allt som är rimligt har gjorts för att minska emissioner vid källan så handlar det om att minimera exponeringen. Fokus kan vara bra ventilation och filtrering och om möjligt sätta upp plattformsavskiljande väggar. Det rådde också samstämmighet om att åtgärderna är lättare att implementera vid nybyggen än i redan befintliga miljöer.

Exponering

Skulle halterna fortfarande ligga på en skadlig nivå och man inte lyckas åtgärda dem vid källan med hjälp av ventilation eller avskiljning, kan man behöva utföra andra åtgärder. Exponeringen är, som tidigare nämnts, beroende av både halten man utsätts för och tiden man exponeras. Exempelvis skulle man kunna minska tiden när resenärerna står och väntar där halterna är högst genom att man inte låter dem gå ut på plattformarna förrän en viss tid innan tåget går.

Effekt

Det sista steget i DPSEFA- diagrammet visar åtgärder som ser till att känsliga grupper inte vistas i stationsmiljön. Att avråda astmatiker och barn att åka tunnelbana skulle visserligen leda till minskade kostnader för ohälsa, men skulle samtidigt bli diskriminerande. Denna fråga diskuterades men låg självklart inte i linje med övriga mål i ett inkluderande samhälle.

Kunskapsluckor och framtida behov av forskning angående åtgärder

Åtgärdsgruppen ansåg att det finns mycket bättre kunskap om luftföroreningars åtgärdseffekter ovan jord än effekter av åtgärder i stationsmiljöer. Gruppen efterlyste ett underlag som visade vilka komponenter och material som är bäst för hälsan, vilket skulle kunna ge incitament till tillverkningsindustrin att ställa om. Man efterlyste också en utredning av vilka åtgärder som ger störst effekt för hälsan. Det skulle kunna underlätta att visualisera olika scenarier och understödja beslut.

Förslag på forskningsidéer

Förslag från forskare på SLB-analys (Miljöförvaltningen Stockholm), Institutionen för miljövetenskap (ACES, Stockholms universitet) och Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI):

1. Utvärdering av slutna plattformssystem (Sanna Silvergren, SLB)

Syftet är att utvärdera effekten på luftkvaliteten (partikelhalterna) av de slutna plattformssystem som införts vid T-centralen och Odenplan.

Tidigare opublicerade studier i Stockholm indikerar att partikelhalterna på plattformarna med dörrar inte skiljer så mycket från halterna på Södra station med samma tågfrekvens. Om det är så att halterna är relativt höga på t.ex. T-centralen, trots plattformsavskiljande dörrar, skulle det kunna bero att andra källor bidrar relativt mycket, t.ex. intransporten via luften från tunnelbanan. Men det finns för lite data för att kunna dra några slutsatser.

2. Exponering på öppna perronger för utsläpp från anslutande bil- och busstrafik (Magnuz Engardt, SLB)

Syftet är att kvantifiera tågresenärers exponering för till exempel kväveoxider och partiklar från parkerade eller tomgångskörande bussar.

Bakgrunden är att många fjärr- och pendeltågstationer är samlokaliserade med bussterminaler, vilket självklart är bra, men kan orsaka (onödiga) hälsorisker.

Detta skulle kunna utvärderas med mätningar och modellering för ett antal av de mest utsatta platserna.

3. Partikelhalternas rumsliga och tidsmässiga variabilitet på plattformar (Christer Johansson, SLB/ACES)

Syftet är att kvantifiera den rumsliga och tidsmässiga variationen av partikelhalterna på olika plattformar samt att analysera vilka faktorer/processer som huvudsakligen styr dessa variationer.

Bakgrunden är att placeringen av mätutrustning för kontroll av partikelhalter på perronger kan ha mycket stor inverkan på resultaten. Den rumsliga variationen beror sannolikt till stor del på turbulenta luftflöden som varierar beroende på tryckvariationer orsakade av tågtrafiken och in/utflödet av luft via in/utgångar. Den tidsmässiga variationen beror sannolikt främst på turtätheten. En viktig fråga är var utrustningen placeras för att bäst representera resenärernas exponering.

Projektet kan innefatta en litteraturstudie, mätningar på några plattformar av både partikelhalter och turbulens samt modellberäkningar (med någon tredimensionell strömningsmodell) av luftflöden. Mätningarna skulle också kunna innefatta spårgaser för utomhusluft och kan vara både fasta och mobila.

4. Partiklarnas toxicitet (Sarah Steimer och Karine Elihn, ACES)

Syftet är att förbättra kunskapen om järnvägspartiklars potentiella hälsopåverkan genom att göra en mer fördjupad analys av toxiciteten.

Två olika metoder skulle användas:

- Direkt exponering av levande lungceller för blandningen av partiklar i olika miljöer där folk vistas. För detta används en s.k. ALI utrustning som utvecklats på ACES (Air Liquid Interface). Cellerna kan också exponeras för olika partikelfraktioner och även för partikelfri luft.
- Mätningar av olika kemiska markörer för toxicitet. Detta är en teknik som inte är beroende av celler utan görs på insamlade partiklar. Partiklarna kan också "åldras" på olika sätt, t.ex. genom exponering för ozon för att simulera vad som händer med järnvägspartiklar som emitteras till omgivningen via ventilationskanaler eller tunnelymningar. Dessutom kan man analysera toxiciteten i olika partikelstorlekar.

5. Forskningsidé Mats Gustafsson, VT I

För några år sedan genomfördes mätningar av partikelhalter och partikelstorleksfördelningar på Arlanda Central, som trafikerar av många olika typer av tåg. Samtidigt registrerades tidpunkt och hastighet på tågens "för" och "akter" då de kom in på stationen. Tågtypen användes också i analysen av partikeldata. Resultaten visade att vissa tåg orsakade påtagliga öknings i partikelhalten då de anlände till stationen, medan andra nästan inte alls påverkade halterna. Flest höga halter av grova partiklar (PM10) orsakades av gamla RC-tåg (lok och vagnar), medan moderna tågtyper mer sällan associerades med höga partikeltoppar. Dock fanns även en variation inom tågtypsgrupperna, vilket tyder på att partikelemissioner kan påverkas av faktorer som körsätt, material i de delar som slits och skick och underhåll av samma delar. Vissa tåg kunde även associeras med toppar av ultrafina partiklar. Underhållsfordon på natten orsakade mycket höga antalskoncentrationer av ultrafina partiklar, men bara låga masskoncentrationer av grövre partiklar, vilket tyder på att dieselavgaser var huvudsakliga källan.

Ett projekt skulle kunna göra liknande mätningar, men kompletterade med noggrannare analys och information om hur tågens typ, sammansättning, hur de körs genom tunneln (när, var och hur bromsas tågen), vilken typ av bromsar, hjul, strömvtagare är de utrustade med och vilket skick är dessa. Ett projekt bör därför även involvera de företag som trafikerar stationen.

6. Källor och påverkansfaktorer bakom spårtrafikens slitagepartikelutsläpp Peter Torstensson, VTI

Transportstyrelsen har fått i uppdrag att bestämma ett riktvärde för högsta tillåtna partikelhalt (PM10) på överdäckade perronger. Epidemiologiska studier har inte kunnat påvisa någon tröskel i partikelhalt under vilken luftföroreningar är ofarliga. Resultat tyder istället på att sänkta partikelhalter innebär en proportionerlig minskning av döds- och sjuktal. Detta innebär att insatser för att minska slitagepartikelemissioner är allmänt nyttiga även på platser där luftkvaliteten möter Transportstyrelsens kommande riktlinjer.

Det aktuella projektet hanterar viktiga frågeställningar som är nödvändiga att besvara för att möjliggöra ett långsiktigt strategiskt arbete med målsättningen att förbättra luftkvaliteten i spårnära överdäckade miljöer. Vid sidan av slitagepartiklar är buller en önskad effekt från spårtrafik. På detta område har åtgärder vid källan visats vara 2–4 gånger mer kostnadseffektiva jämfört med passiva insatser i omgivningen. Dock, till skillnad från för bulleremissioner, är kunskapen låg både vad gäller källorna till, och vilka variabler som påverkar omfattningen hos, slitagepartikelutsläppen.

Syftet är att identifiera de mest betydelsefulla variablerna med avseende på emissionsnivåerna av slitagepartiklar på överdäckade perronger. Särskilt fokus är på variabler som påverkar källan till utsläppen (till exempel fordonstyp, fordonsrörelser och infrastrukturens utformning) men sekundär inverkan från exempelvis utformningen av perrongen tas också hänsyn till. Undersökningen görs för fordon representativa för trafiken på Trafikverkets anläggning (både gods- och passagerartåg) och med hänsyn tagen till samtliga utsläppskällor; bromsar, hjul-rätkontakter och kontakter mellan strömavtagare-kontaktledning.

Projektet innehåller fyra delar:

- Fältmätningar i stationsmiljö: Mätning av partikelutsläpp i utvalda stationsmiljöer. Mätkampanjen utformas för att också kunna fånga inverkan från stationsmiljöns utformning. Mätstorheter inkluderar partikelhalter, partikelmorfologi, fordonsrörelser, buller, etc.
- Simulering av slitagepartikelutsläpp i stationsmiljö: Dynamisk tåg-spårsamverkan simuleras för fordon och operativa förhållanden hämtade från fältmätningarna ovan. Beräknat slitage används för att bedöma hur utsläppen fördelar sig mellan tåg-spårssystemets alla utsläppskällor. Partikelutsläppsnivåer på perrong uppskattas med hjälp av en empirisk partikelspridningsmodell baserad på mätningarna i steg 1
- Experimentell undersökning av påverkan från bromsmaterial: Bromsmaterialets betydelse för partikelutsläppen undersöks experimentellt med pin-on-disc och i fullskaletestbänk
- Ekonomiska styrmedel: Förutsättningarna för att använda differentierad prissättning som styrmedel för att minska spårtrafikens utsläpp av slitagepartiklar undersöks.

Sammanfattning

Luftföroreningar i svenska spårmiljöer består till stor del av metallhaltiga slitagepartiklar. Internationell vetenskaplig konsensus är att till annat bevisats så ska dessa partiklar i spårmiljö betraktas som minst lika toxiska som urbana partiklar. Tiden man befinner sig i spårmiljöer är ofta en kortare del av sitt dygn men eftersom halterna kan vara mycket höga kan de stå för en stor del av framför allt pendlares totalexponering. Eftersom många pendlar med till exempel tunnelbana kan samhällskostnaden således bli mycket hög. Därför finns det underlag för ett gräns- eller riktvärde, vilket efter kunskapsammansättningen sammanfattad i delrapporten av Stroh et al. 2009, föreslogs ligga på ett timmedelvärde på 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och ett dygnsmedelvärde på 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för PM10 (Stroh 2019).

Transportstyrelsen har istället föreslagit ett timmedelvärde på 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Det rådde oenighet om vad som är ett acceptabelt riktvärde för hälsan. Många projektdeltagare efterfrågade en större hänsyn till känsliga grupper, att ta höjd för effekter av kortvarigt höga halter och att ge utrymme för annan exponering såsom yrkes- och fritidsexponering. De som förespråkade denna hänsyn ansåg att riktlinjerna från Järvholm et al. och Stroh et al. var att föredra. Slutsatsen hos de flesta var att det föreslagna riktvärdet på 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för PM10 som årsmedelvärde bör ses som minsta möjliga krav, utan hänsyn till försiktighetsprinciper eller känsliga grupper. Då det är ett minsta möjligt krav ansåg de även att man bör undvika ytterligare justeringar av faktorer med stor osäkerhet, såsom vagn och plattform, till dess att större kunskap finns om alla faktorer som skulle påverka detta dosbaserade mått. Dessutom ansåg vissa deltagare att riktvärdet bör kompletteras med ett inriktningsmål med ett lägre värde som även skyddar känsliga grupper och som ligger i linje med miljömålet Frisk luft. Det fanns ett annat perspektiv bland deltagarna där man ansåg att riktvärdet inte får sättas så att det riskerar andra mål som ökat resande med spårbunden trafik, initiativ till nya stationer och ökad turtäthet. Med det perspektivet förespråkades ett riktvärde uppdelat på vagn och plattform med MKN som utgångspunkt.

När man identifierar lämpliga riktvärden är mikromiljöer en viktig del av beräkningarna. Det fanns en enighet bland projektdeltagarna om att inte beakta inomhusmiljöer då det är svårt att göra en generell beräkning av inomhusluft som varierar mer än utomhuskällor. Det fanns också en enighet om att använda urbana halter vid beräkningar då det främst är ett urbant problem. Däremot ansåg de flesta att det måste gå att ta höjd för annan exponering än enbart utomhusluft och pendling, så som yrkesexponering eller exponering vid fritidsaktiviteter. Dessa är individuella och svåra att beräkna för en generell population. Däremot har Järvholm et al. och Stroh et al. tagit viss höjd för detta, medan denna försiktighetsåtgärd saknas i Transportstyrelsens förslag.

Det fanns ett förslag på ett så kallat dosbaserat mått, uppdelat på vagn och plattform. Men det fanns avvikande åsikter bland forskarna om hur olika exponeringshalter i de två olika miljöerna överhuvudtaget skulle gå att beakta. Frågan bör sammanfattningsvis utredas vidare för att få mer kunskap om halter i vagnar och dess påverkan på exponering och hälsa, generellt och i olika socioekonomiska grupper. Hänsyn bör också tas till tid i andra mindre utsatta delar av stationsmiljöerna, till exempel i bytet till andra linjer. De flesta var eniga om att om väntetiden vägs in bör längsta väntetiden under maxtimmen av högsta halter räknas in och inte en genomsnittlig tid. På så sätt tar man höjd för en möjlig miljöorättvis exponering. Dessutom ansåg deltagare i projektet att man måste vara uppmärksam på att även ta höjd för hälsoeffekter av kortvarigt höga halter.

I den samhällsekonomiska utvärderingen så blir värdet 88 kr per person och år för varje mikrogram per kubikmeter av slitagepartiklar (PM10) om vi räknar med att vi befinner oss i denna miljö 480 timmar på ett år. Om vi räknar att exponeringen är 240 mikrogram per kubikmeter så är kostnaden för varje tunnelbanependlare 21 120 kronor per år, respektive 17 600 per person och år för 200 mikrogram. Eftersom det är flera hundratusen som pendlar med tunnelbana så kan den samhällsekonomiska totalkostnaden således bli mycket hög. Nyttan med kontrollprogram och åtgärder bör sättas i relation till detta.

Gällande kontrollprogrammet fanns en samstämmighet om att dessa så långt som möjligt bör följa de program som redan finns för utomhusmiljö. Diskussionen om tillåtna överskridanden av riktvärdet landade i att särskilda händelser ska vara utgångspunkt, inte regelbundna, och att dessa särskilda händelser ska vara möjliga att åtgärda. Förslag på lämpliga åtgärder och vidare forskningsidéer diskuterades. Alla var överens om att åtgärder i första hand bör fokusera på att få ner halterna vid källorna och att förhindra att halterna blir kvar vid de miljöer där människor uppehåller sig.

Under slutseminariet presenterades forskningsidéer, och av diskussionerna kom också kunskapsbehov fram. Det ansågs generellt fattas systematiska utvärderingar av åtgärder i förhållande till sin effekt. Gruppen kom också fram till att det saknas kunskap om hur individens exponering påverkas, både av korttidseffekter och av långtidseffekter i olika mikromiljöer. En utredning om hur exponering ser ut i olika socioekonomiska grupper skulle kunna vara till stor nytta för att undvika möjlig miljörättvisa.

Referenser

- Cha, Y., U. Olofsson, M. Gustafsson and C. Johansson (2018). "On particulate emissions from moving trains in a tunnel environment." Transportation Research Part D: Transport and Environment 59: 35-45.
- García-Onetti, J., M. E. G. Scherer and J. M. Barragán (2018). "Integrated and ecosystemic approaches for bridging the gap between environmental management and port management." Journal of Environmental Management 206(Supplement C): 615-624.
- Gerlofs-Nijland, M. E., M. Rummelhard, A. J. Boere, D. L. Leseman, R. Duffin, R. P. Schins, P. J. Borm, M. Sillanpää, R. O. Salonen and F. R. Cassee (2009). "Particle induced toxicity in relation to transition metal and polycyclic aromatic hydrocarbon contents." Environ Sci Technol 43(13): 4729-4736.
- Janssen, N. A., A. Yang, M. Strak, M. Steenhof, B. Hellack, M. E. Gerlofs-Nijland, T. Kuhlbusch, F. Kelly, R. Harrison, B. Brunekreef, G. Hoek and F. Cassee (2014). "Oxidative potential of particulate matter collected at sites with different source characteristics." Sci Total Environ 472: 572-581.
- Järholm, B., Forsell, K., Lejebäck, M., Liljelind, I. (2013). Hälsoeffekter av luftföroreningar i stationsmiljöer till järnvägstunnlar Umeå, Umeå Universitet: 39.
- Lebret, E. (2016). "Integrated Environmental Health Impact Assessment for Risk Governance Purposes: Across What Do We Integrate?" International Journal of Environmental Research and Public Health 13(1): 71.
- Loxham, M., R. J. Morgan-Walsh, M. J. Cooper, C. Blume, E. J. Swindle, P. W. Dennison, P. H. Howarth, F. R. Cassee, D. A. Teagle, M. R. Palmer and D. E. Davies (2015). "The effects on bronchial epithelial mucociliary cultures of coarse, fine, and ultrafine particulate matter from an underground railway station." Toxicol Sci 145(1): 98-107.
- Loxham, M. and M. J. Nieuwenhuijsen (2019). "Health effects of particulate matter air pollution in underground railway systems - a critical review of the evidence." Part Fibre Toxicol 16(1): 12.
- Martins, V., M. Cruz Minguillón, T. Moreno, X. Querol, E. de Miguel, M. Capdevila, S. Centelles and M. Lazaridis (2015). "Deposition of aerosol particles from a subway microenvironment in the human respiratory tract." Journal of Aerosol Science 90: 103-113.
- Martins, V., T. Moreno, L. Mendes, K. Eleftheriadis, E. Diapouli, C. A. Alves, M. Duarte, E. de Miguel, M. Capdevila, X. Querol and M. C. Minguillón (2016). "Factors controlling air quality in different European subway systems." Environ Res 146: 35-46.
- Martins, V., T. Moreno, M. C. Minguillón, F. Amato, E. de Miguel, M. Capdevila and X. Querol (2015). "Exposure to airborne particulate matter in the subway system." Sci Total Environ 511: 711-722.
- Molinelli, A. R., M. C. Madden, J. K. McGee, J. G. Stonehuerner and A. J. Ghio (2002). "Effect of metal removal on the toxicity of airborne particulate matter from the Utah Valley." Inhal Toxicol 14(10): 1069-1086.
- Nguyen, T. N., D. Park, Y. Lee and Y. C. Lee (2017). "Particulate matter (PM10 and PM2.5) in subway systems: Health-based economic assessment." Sustainability (Switzerland) 9(11).
- Pagan, I., D. L. Costa, J. K. McGee, J. H. Richards and J. A. Dye (2003). "Metals mimic airway epithelial injury induced by in vitro exposure to Utah Valley ambient particulate matter extracts." J Toxicol Environ Health A 66(12): 1087-1112.
- Park, J. H., Y. S. Son and K. H. Kim (2019). "A review of traditional and advanced technologies for the removal of particulate matter in subway systems." Indoor Air 29(2): 177-191.
- Perrone, M. G., M. Gualtieri, L. Ferrero, C. Lo Porto, R. Udisti, E. Bolzacchini and M. Camatini (2010). "Seasonal variations in chemical composition and in vitro biological effects of fine PM from Milan." Chemosphere 78(11): 1368-1377.
- Qiao, T., G. Xiu, Y. Zheng, J. Yang and L. Wang (2015). "Characterization of PM and Microclimate in a Shanghai Subway Tunnel, China." Procedia Engineering 102: 1226-1232.
- Reche, C., T. Moreno, V. Martins, M. C. Minguillón, T. Jones, E. de Miguel, M. Capdevila, S. Centelles and X. Querol (2017). "Factors controlling particle number concentration and size at metro stations." Atmospheric Environment 156: 169-181.
- Spagnolo, A. M., G. Ottria, F. Perdelli and M. L. Cristina (2015). "Chemical characterisation of the coarse and fine particulate matter in the environment of an underground railway system: cytotoxic effects and oxidative stress-a preliminary study." Int J Environ Res Public Health 12(4): 4031-4046.

Stroh, E., Malmqvist, E., Isaxon, C., Stockfelt, L., Dierschke, K. (2019). Luftkvalitet i överbyggda stationsmiljöer. Stockholm, Trafikverket.

Trafikverket (2020). Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0. Kapitel 11 Kostnad för luftföroreningar. Stockholm, Sweden, Trafikverket.

Triadó-Margarit, X., M. Veillette, C. Duchaine, M. Talbot, F. Amato, M. C. Minguillón, V. Martins, E. de Miguel, E. O. Casamayor and T. Moreno (2017). "Bioaerosols in the Barcelona subway system." Indoor Air 27(3): 564-575.

Yang, X., X. Jia, W. Dong, S. Wu, M. R. Miller, D. Hu, H. Li, L. Pan, F. Deng and X. Guo (2018). "Cardiovascular benefits of reducing personal exposure to traffic-related noise and particulate air pollution: A randomized crossover study in the Beijing subway system." Indoor Air.



TRAFIKVERKET

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

www.trafikverket.se