

2017

RAPPORT

Vurdering av mulig helserisiko forbundet med høye svevestøvnivåer ved Nationaltheateret stasjon - Oslo

Marit Låg
Magne Refsnes
Johan Øvrevik

Vurdering av mulig helserisiko forbundet med høye svevestøvnivåer ved Nationaltheatret stasjon, Oslo

Marit Låg

Magne Refsnes

Johan Øvrevik

Utgitt av Folkehelseinstituttet
Smittevern, miljø og helse
Avdeling for luft og støy
Desember 2017

Tittel: Vurdering av mulig helserisiko forbundet med høye svevestøvnivåer ved Nationaltheatret stasjon, Oslo

Forfattere:

Marit Låg
Magne Refsnes
Johan Øvrevik

Oppdragsgiver:

Bane NOR

Prosjektnummer:

Publikasjonstype:

Bestilling:

Rapporten kan lastes ned som pdf
på Folkehelseinstituttets nettsider: www.fhi.no

Grafisk designmal:

Per Kristian Svendsen

Grafisk design omslag:

Fete Typer

ISBN elektronisk utgave 978-82-8082-892-7

Forord

Folkehelseinstituttet har fått i oppdrag av Bane NOR å utrede hvilken helserisiko som kan være forbundet med høye svevestøvnivåer på Nationaltheatret stasjon. Bakgrunnen for dette er rapporten «Kartlegging av svevestøv ($PM_{2,5}$ og PM_{10}) ved Nationaltheatret stasjon, Oslo», utarbeidet av Norsk institutt for luftforskning (NILU) i Rapport 20/2016. Rapporten viser høye $PM_{2,5}$ og PM_{10} -nivåer på jernbanepattformen, men også i butikker i stasjonsområdet.

Folkehelseinstituttet har gjort en gjennomgang av internasjonal forskningslitteratur som omhandler luftforurensning på jernbane- og T-banestasjoner, med fokus på svevestøv, nivåer og helse. Vi beskriver de viktigste studiene, med hensyn til observerte nivåer, særlig i forbindelse med helseeffekter. På bakgrunn av denne samlede kunnskapen, og de observerte nivåene av svevestøv på Nationaltheatret stasjon, vurderer vi mulig helserisiko for passasjerer og andre. Vi diskuterer hvordan de observerte nivåene forholder seg til eksisterende luftkvalitetskriterier og grenseverdier for svevestøv, foruten faglige normer for inneklime. Hovedfokuset er på passasjerer som kun oppholder seg i kort tid på stasjonen. Vi kommer også inn på hvilke konsekvenser de observerte svevestøvnivåene kan ha for personer som av ulike grunner oppholder seg over lengre perioder på stasjonen. For disse er regelverket for arbeidsmiljøet relevant. Vi prøver også å belyse om den spesielle sammensetningen av svevestøvet på jernbane-/T-banestasjonen med høyt innhold av jernoksid kan være av betydning for risikovurderingen.

Innhold

Forord	3
Sammendrag	5
Kort sammendrag av NILU-rapport 20/2016	6
Svevestøv og helseeffekter	7
<i>Introduksjon</i>	7
<i>Svevestøv fra jernbane- og T-banestasjoner og helse</i>	8
Søkestrategi på litteratur.....	8
Nivåer av svevestøv	8
Sammensetning av svevestøv på jernbanestasjoner	10
Helseeffekter av svevestøv fra jernbane- og T-banestasjoner	11
<i>Diskusjon og risikovurderinger</i>	14
<i>Konklusjoner</i>	18
<i>Kunnskapshull:</i>	18
Referanser	19

Sammendrag

I NILU-rapport 20/2016 framkommer det at nivåene av svevestøv på Nationaltheatret stasjon er svært høye. Dette gjelder både på plattformen og i butikkområdet. De høye nivåene skyldes slitasje av metallholdige partikler fra skinner, hjul og bremses, og i noen grad også frigjøring fra det strømførende nettet til togene. Nivåene er jevnt høye, og overskrider i betydelig grad de faglige normene for inneklime, og luftkvalitetskriterier for uteluft og grenseverdier for uteluft. Inneklimeanormene og luftkvalitetskriteriene er fastsatt for å beskytte følsomme personer (barn, eldre, individer med luftveis- og hjertekarsykdommer) i den generelle befolkningen, i denne sammenheng togpassasjerer. For arbeidstakere finnes det egne grenseverdier som skal overholdes, men som er mindre strenge. Spørsmålet er hvilken helseisiko passasjerer og arbeidstakere på stasjonen utsettes for ved de høye nivåene som er registrert. I denne rapporten fokuseres det først og fremst på passasjerene.

De høye nivåene på stasjonen er i overensstemmelse med svevestøvnivåer som forekommer på tilsvarende jernbane- og T-banestasjoner/-systemer verden over. Studier av helseeffekter forbundet med dette støvet er begrenset. Kortvarig eksponering (2 timer) av frivillige friske på en T-banestasjon er rapportert å gi økning i betennelses- og koagulasjonsstoffer i blodet, men ingen endringer i luftveissystemet. Hos astmatikere vises imidlertid en økning i betennelsesstoffer i luftveiene, men ingen endring i lungefunksjon. I studier av arbeidere (vognførere på T-baner) for en 2 dagers eksponering registreres derimot ingen effekter. Det foreligger imidlertid få studier, og de har en begrenset størrelse. Partikler fra jernbane/T-bane inneholder mye jern, og er tradisjonelt vurdert som mindre helseskadelig sammenlignet med svevestøv fra dieseler og vedfyring. På den annen side er det vist at svevestøv samlet inn på T-banestasjoner har større potensial til å gi oksidative skader og gentoksisitet enn dieseleksospartikler, men synes å ha en mindre evne til å utløse betennelsesstoffer.

Folkehelseinstituttet legger i sin risikovurdering hovedvekten på det korte oppholdet som passasjerer har på Nationaltheatret stasjon. Etter vår vurdering vil et 20 minutters opphold i seg selv ikke representere noen helsefare, men eksponeringen kan bidra relativt mye til den totale eksponeringen for svevestøv i løpet av et døgn. Dette kan innebære at totalbelastningen nærmer seg luftkvalitetskriterier og grenseverdier for svevestøv i uteluft, avhengig av øvrig belastning i løpet av døgnet. Vi tar imidlertid to forbehold: (1) det er lite kunnskap om kortvarige (og gjentatte) eksponeringer for høye konsentrasjoner av svevestøv, og (2) effekt av eksponering for metallrikt svevestøv på personer med alvorlig lunge- eller hjertekarsykdom, er uklar.

I studier av arbeidstakere på T-baner er det registrert at de utsettes for høye svevestøvnivåer over en 8 timersdager som klart overskrider faglige normer for inneklime og luftkvalitetskriterier for uteluft. Disse anbefalingene for luftkvalitet inne og ute, er imidlertid ikke gjeldende for regulering av yrkeseksponeringer. De målte svevestøvnivåene ligger godt under grenseverdier for respirabelt støv (5 mg/m³) og jernoksid (3 mg/m³) i arbeidsmiljø (Arbeidstilsynet 2013). Det er registrert at den mest eksponerte gruppen viser litt økning i markører for betennelsesresponser, sammenlignet med grupper som hadde mindre eksponering. Imidlertid fant man ingen økning i lungekreft og hjerteinfarkt blant T-baneførere, sammenliknet med andre yrkesgrupper.

På grunn av de svært høye nivåene, anbefaler Folkehelseinstituttet at det ut fra et føre var-prinsipp bør settes inn tiltak for å redusere svevestøvnivåene på Nationaltheatret stasjon.

Kort sammendrag av NILU-rapport 20/2016

På oppdrag fra Jernbaneverket (Bane NOR) har NILU utført målinger av svevestøv (PM_{10} og $PM_{2,5}$) og andre faktorer i inneklime ved 6 steder på Nationaltheatret stasjon i Oslo (NILU-rapport 20/2016). Målingene ble utført i mars-april 2016 og ble vurdert i forhold til Arbeidstilsynets grenseverdier og Folkehelseinstituttets anbefalte faglige normer for inneklime. De høyeste svevestøvnivåene ble observert på plattformen, der togene stadig virvler opp avsatte partikler og produserer nye. Midlet PM_{10} -konsentrasjon på plattformen lå på $305 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over hele måleperioden, med en maksimal døgnmiddel-konsentrasjon på $352 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Midlet $PM_{2,5}$ -konsentrasjon på plattformen var $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i måleperioden, med en minimal og maksimal døgnmiddelkonsentrasjon på henholdsvis 134 og $179 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabell 1).

Svevestøvkonsentrasjonene viste seg også å være svært høye i butikkene i området som har uhindret luftutskifting med ankomsthall/plattform. I 7-Eleven butikken ble det således observert en minimal og maksimal PM_{10} -døgnmiddelkonsentrasjon på henholdsvis 62 og $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens $PM_{2,5}$ -døgnmiddelkonsentrasjoner varierte mellom 30 og $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I kontorene, som er lukket mot omgivelsene og mottar filtrert luft fra ventilasjonsanlegget, ble det observert tilfredsstillende svevestøvnivåer (se Tabell 1 under).

Tabell 1. Svevestøvkonsentrasjon, $PM_{2,5}$ og PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ved målestedene: minimal døgnmiddelverdi, maksimal døgnmiddelverdi, midlet konsentrasjon over hele måleperioden. (NILU-rapport 20/2016)

	7-Eleven	Kulvert	Vekter-kontor	Blomster-butikk	JBV kontor	Perrong
PM_{2,5}						
Min	30,1	13,4	6,5	46,8	2,1	133,8
Maks	66,3	34,1	8,9	67,1	30,4	179,4
Middel	49,3	22,1	8,0	58,6	10,2	160,7
PM₁₀						
Min	62,3	20,8	11,2	101,0	4,9	223,6
Maks	121,0	46,2	15,0	155,9	77,8	352,0
Middel	94,1	29,1	13,1	137,5	25,6	304,6

I rapporten har NILU relatert nivåene til inneklimanormer fastsatt av Folkehelseinstituttet. Inneklimanormen ble overskredet på perrongen/plattformen og i butikkene.

Disse nivåene på Nationaltheatret stasjon er sammenlignet med nivåene i samme tidsperiode ved Sofienbergparken (som bakgrunnsstasjon) og en veinær stasjon ved Kirkeveien. Målingene ved Sofienbergparken viser liten variasjon mellom ca. $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} kl. 6 om morgenen og ca. $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} kl. 20 om kvelden (midlet døgnvariasjon og ukevariasjon). $PM_{2,5}$ -konsentrasjonen varierte mellom 4 og $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Til sammenligning er maksimale timesmiddelkonsentrasjoner for PM_{10} på den veinære målestasjonen i Kirkeveien i Oslo rundt $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i dårlig ventilerte situasjoner på vinteren og våren. Døgnmidlene ligger lavere.

I NILU-rapport 20/2016 er ikke størrelsesfordelingen, antall og kjemisk sammensetning av T-banepartikler foretatt. I en tidligere studie med innsamlet PM fra Nationaltheatret stasjon ble imidlertid svevestøvet karakterisert med hensyn til størrelse og kjemisk sammensetning (Innset 1997).

Svevestøv og helseeffekter

Introduksjon

Utendørs luftforurensning er et svært aktuelt helseproblem verden over med rundt 4,2 millioner for tidlige dødsfall. I Norge er den årlige dødsraten pga luftforurensning beregnet til 300-1900 tilfeller. Disse beregningene er relatert til effekter av svevestøv (PM_{2,5}) på hjerte/kar- og luftveissystemet. Andre typer luftforurensning kan imidlertid bidra ytterligere. Luftforurensning har blitt knyttet til astma, lungekreft, infeksjoner i luftveissystemet, høyt blodtrykk og hjerteinfarkt, men også til overvekt, diabetes og effekter på sentralnervesystemet. Mange av disse effektene kan utløses ved episoder med høy forurensning. Mer alvorlig regnes vedvarende luftforurensning som kan bidra til utvikling av sykdom. Vanligvis er friske personer lite mottagelige for helseeffekter utløst av luftforurensninger. Personer med allerede etablert sykdom, som astma og KOLS, foruten hjertekarsykdom, er mest mottagelige for helseskadelige stoffer i uteluften (FHI, Luftkvalitetskriterier 2013).

Det har vært fokusert mye på trafikkrelaterte utslipp av luftforurensnings-komponenter. Dette kan skyldes eksosutslipp (diesel) som gir økte nivåer av fint svevestøv (PM_{2,5}) og NO₂. Effektene av dieseleksospartikler synes delvis å være forbundet med løselige organiske forbindelser som sitter på partikkelkjernen. Grovt svevestøv (PM_{10-2,5}) som hovedsakelig skyldes veislitasje, og slitasje på bremses og dekk, kan imidlertid også være en betydelig bidragsyter. Dette svevestøvet inneholder mineraler og ulike metaller, avhengig av kilden. Den relative helseskadelige effekten av metaller fra trafikkrelaterte aktiviteter er ufullstendig kartlagt. For industri-relaterte aktiviteter er imidlertid betydningen av metallholdige partikler bedre vist, både ved epidemiologiske (befolknings-) og eksperimentelle studier. Av spesiell interesse, er det vist mindre omfang av helseskadelige effekter ved reduksjon av metallholdige partikler (FHI, Luftkvalitetskriterier 2013). Grovt svevestøv har hovedsakelig blitt assosiert med luftveiseffekter, mens fint svevestøv mer forbindes med hjerte-/kareffekter (FHI, Luftkvalitetskriterier 2013).

I Norge har Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet gjennomgått den internasjonale kunnskapen om helseeffekter av luftforurensning og fastsatt «Luftkvalitetskriterier» for ulike komponenter i uteluft, som angir nivåer hvor de fleste, inkludert de mest sensitive, ikke vil få noen helseeffekter. Myndighetene har videre etablert grenseverdier for eksponering av ulike luftforurensningskomponenter, som etter Forurensningsloven ikke skal overskrides. Disse grenseverdiene tar økonomisk/administrative hensyn i tillegg til helse. Både luftkvalitetskriteriene og grenseverdiene for svevestøv/partikler baseres på masse, dvs, mikrogram/m³, og tar ikke hensyn til at den kjemiske sammensetningen og størrelsen av partiklene varierer. Det er imidlertid velkjent at både størrelse og kjemisk sammensetning kan være av stor betydning for helseskadelige effekter (Luftkvalitetskriterier 2013).

Tabell 2: Luftkvalitetskriterier og grenseverdier for PM_{2,5} og PM₁₀

Komponent	Midlingstid	Luftkvalitetskriteriet	Grenseverdier/
PM ₁₀	Døgn	30 µg/m ³	50 µg/m ³ (kan overskrides 30 døgn i året)
PM ₁₀	År	20 µg/m ³	25 µg/m ³
PM _{2,5}	Døgn	15 µg/m ³	
PM _{2,5}	År	8 µg/m ³	15 µg/m ³

Svevestøv fra jernbane- og T-banestasjoner og helse

Søkestrategi på litteratur

Vi gjorde først et tradisjonelt søk i databasen PubMed med relevante søkeord og fant 23 aktuelle publikasjoner. Deretter gjorde vi et systematisk søk i PubMed og ToxNet med søkeordene; (((air pollut* OR particulate matter* OR dust OR particle*)) AND (risk assessment OR health risk* OR hazard OR toxic* OR pneumonia OR cardiovascular disease* OR cancer OR neoplasm* OR inflammation* OR blood coagulation factor* OR reactive oxygen specie* OR ROS)) AND (transportation OR railroad* OR subway* OR tunnel* OR railway*)) Filters: Humans. Dette søket ga henholdsvis 954 og 47 treff. Ved nærmere gjennomgang av titler og abstracts, fant vi 22 aktuelle publikasjoner. De resterende 979 publikasjonen omhandlet svevestøv fra andre kilder. Noen av disse beskrev svevestøv fra veitunneler, inkludert eksponering av tunnelarbeidere, mens andre omhandlet jernbanetunneler med dieseltog. De fleste treffene var ikke relatert til tog-tunneler, men mer generell trafikkforurensning.

Nivåer av svevestøv

I mange storbyer verden over transporteres millioner av mennesker hver dag i jernbane- og tunnelbanesystemer under jorden. Det har vist seg at det dannes store mengder svevestøv («particulate matter», PM) bestående både av grove, fine og ultrafine partikler. Disse partiklene dannes pga slitasje på skinner, hjul og bremses, men partikler (spesielt ultrafine) kan også frigjøres fra strømforsyningsnettet til tog/T-baner pga høye temperaturer. Varierende nivåer av forbrennings (diesel)-partikler kan også forekomme, men dette avhenger av hvorvidt det kjøres dieseltog i tunnelene, og nærheten til trafikkerte veier på overflaten over jernbanen/T-banen. I mange tilfelle overskrider PM-nivåene i stor grad, både retningslinjer og grenseverdier fastsatt av Verdens Helseorganisasjon, EU og i Norge. For ultrafine partikler finnes det ikke slike verdier, men disse anses å ha et stort helseskadelig potensial (toksisk) pga en stor relativ overflate i forhold til massen. Passasjerenes eksponering for jernbane-/T-bane PM har fått økt oppmerksomhet, siden mange blir eksponert for høyere nivåer enn i trafikkerte gater (Loxham et al. 2013). Som beskrevet i NILU-rapport 20/2016 er det publisert mange studier og målinger av svevestøvkonsentrasjoner i T-banestasjoner og underjordiske togstasjoner verden rundt. Studiene har ulike formål, noen fokuserer på helseeffekter, andre på kildeallokering (Abassi et al. 2013; se Tabell 3)

Tabell 3. PM_{2,5} og PM₁₀-nivåer på T-bane- og jernbanestasjoner i storbyer verden over (Abassi et al. 2013)

Location	PM ₁₀ size fraction (µg m ⁻³)		PM _{2,5} size fraction (µg m ⁻³)		Measurement environment	Reference
	Range	Mean	Range	Mean		
Budapest	25–232	155	–	51 [*]	On platform	Salma <i>et al.</i> , 2007
Buenos Aires	–	152–270 ^{**}	–	–	On platform	Murrini <i>et al.</i> , 2009
Cairo	974–1094 ^{**}	938 ^{**}	–	–	In tunnel station	Awad, 2002
Gothenburg	30–350	250	30–80	64	Tunnel	Sjöstedt, 2005
Helsinki	–	–	23–103	60	On platform	Aarnio <i>et al.</i> , 2005
London	–	1000–1500	–	270–480	On platform	Seaton <i>et al.</i> , 2005
Los Angeles	14–197	78	9–130	57	On platforms	Kam <i>et al.</i> , 2011 b
Lyon	90–220	–	55 % of PM ₁₀		On platforms	Copraly, 2002
Paris	–	230	–	–	Closed station	Tokarek, 2006
Paris	–	68	–	–	On platform ^{***}	Bachoual <i>et al.</i> , 2007
Paris	–	360	–	–	On platform	Bachoual <i>et al.</i> , 2007
Paris (rush hours)	–	320	–	93	On platform	Raut <i>et al.</i> , 2009
Paris (normal hours)	–	200	–	61	On platform	Raut <i>et al.</i> , 2009
Prague	10–210	103	–	–	On platform	Braniš, 2006
Rennes	47–82	–	–	–	On platforms	Air Breizh, 2005
Rome	71–877	407	–	–	On platform	Ripanucci <i>et al.</i> , 2006
Seoul	359	238–480	82–176	129	On platform	Kim <i>et al.</i> , 2008
Seoul	–	–	–	105	On platform	Park and Ha, 2008
Stockholm 1982	120–460 ^{**}	–	–	–	On Platforms	Johansson, 2001
Stockholm 1997	<200–440	–	–	–	On Platforms	Johansson, 2001
Stockholm (Subway)	175–542	357	95–303	199	On platform (Weekdays)	Johansson and Johansson, 2003
Stockholm (Subway)	120–414	267	66–230	148	On platform (Weekends)	Johansson and Johansson, 2003
Stockholm (Subway)	108–256	–	50–79	–	under ground personnel	Plato <i>et al.</i> , 2006
Stockholm (Arlanda S)	66–110	88	–	–	Tunnel	Gustafsson <i>et al.</i> , 2006
Stockholm (Arlanda C)	162–312	237	–	–	Tunnel	Gustafsson <i>et al.</i> , 2006
Taipei	11–137	51	7–100	35	On platform	Cheng <i>et al.</i> , 2008
Taipei	10–104	40	4–60	16	Station concourse	Cheng and Lin, 2010
Tokyo	30–120	72	–	–	On platform	Furuya <i>et al.</i> , 2001

* PM_{2,5}

** Total suspended particulate matter.

Svevestøvnivåene målt på plattformen til Nationalteatret stasjon er høye, men sammenlignbare med PM_{2,5}- og PM₁₀-konsentrasjoner på T-bane- og jernbanestasjoner i andre store byer. Noen ligger lavere, mens andre ligger adskillig høyere.

I 1996 (Innset 1997) ble det også foretatt målinger på Nationalteatret stasjon, med enda høyere nivåer enn det nå er rapportert i NILU-rapport 20/2016. De maksimale timemiddelkonsentrasjonene av PM₁₀ var i morgenrushet (800–1000 µg/m³), i ettermiddagsrushet på hverdager (500–600 µg/m³) og på kveldstid søndager (500–600 µg/m³). De jevnt høye svevestøvnivåene tydet på at togtrafikken var hovedkilden til det høye nivået på stasjonsområdet.

Det er få studier av hvilke forhold som påvirker nivåene av PM på T-bane- og jernbanestasjoner. I en studie av Martins og medarbeidere (2013) er det undersøkt hvilke PM-nivåer som finnes i T-banesystemet i Barcelona, med ulik dybde under bakken; forskjellige dimensjoner på tunnelene, design av stasjonene, og hyppighet av togavganger. I varme og kalde perioder ble det funnet PM_{2,5}-nivåer som varierte fra henholdsvis 20 til 51 og 41 til 91 µg/m³. Det var forskjeller mellom nye og gamle T-baner. Videre var nivåene lavere i T-banevognene enn utenfor, mye pga luftfiltre. Denne studien gir informasjon om ulike tiltak som kan være nyttige.

Sammensetning av svevestøv på jernbanestasjoner

Som kort beskrevet tidligere varierer svevestøv både i størrelse og sammensetning. I NILU-rapport 20/2016 diskuteres størrelsesfraksjonene nøyere, og Folkehelseinstituttet vil stort sett henvise til denne gjennomgangen. I 2016 ble det ikke utført noen analyse av den kjemiske sammensetningen av PM_{2,5} og PM₁₀, og mengden PM_{0,1} ble heller ikke analysert.

Svevestøv ble imidlertid også samlet inn og analysert på Nationaltheatret stasjon i september 1996. Støvet bestod stort sett av jernoksid (magnetitt, Fe₃O₄). Bare spor av andre mineraler ble påvist. Mengdene organisk materiale (inkludert sot) var så lave at de utgjorde en meget liten del av støvvekten. Støvprøvene viste seg å være meget finkornete. De fleste partiklene var i størrelsesområdet fra under 0,5 µm og opptil 2-3 µm. Det ble også samlet inn svevestøvprøver på filtre for kvantitativ analyse med hensyn til jern, sink, kalsium, aluminium, arsen, bly, kadmium, kobber, krom og nikkel. Analyseresultatene viste god korrelasjon mellom jern og sink. Andelen av jern i forhold til sink tydet på at metallene ikke har sin opprinnelse i bergarter, men sannsynligvis kommer fra jernbanevirksomheten (Innset, 1997; NILU OR 76/96)

I tidlige studier av PM fra T-banesystemet i London ble det funnet at støvet fra stasjonene skilte seg tydelig fra partikler i uteluft både med hensyn til partikkelstørrelse og -sammensetning. Gjennomsnittlig diameter av PM fra T-banestasjonene var fra 0,35-0,4 µm, og 80 % av partiklene var i størrelsesfraksjonen PM₁. Tunnelstøv var imidlertid generelt grovere enn partikler fra uteluft, og det refereres til studier i London by hvor PM-fordelingen var 0,09 to 0,13 µm. Målinger viste at antallet partikler var høyere i uteluft enn på T-banestasjonene, selv om massen var klart høyest på T-banen. Innholdet av jern i PM fra T-banestasjonene var svært høyt (90 %), mens innholdet av kvarts var 1-2 %. Andre metaller som ble påvist var: krom (0,1-0,1 %), mangan (0,6-1 %) og kobber (0,1-1,5 %). Sammensetningen syntes å variere i ulike deler av T-banesystemet (Hurley et al. 2003 og Seaton et al., 2005).

I en studie fra Sverige ble inhalerbare partikler fra de underjordiske stasjonene Arlanda C og Arlanda S undersøkt, og det ble funnet at partiklenes massefordeling hadde maksimum rundt 5-7 µm (Arlanda C) og 2-3 µm (Arlanda S). Partiklenes sammensetning var dominert av jern (Fe, 74-84%), men også andre metaller som kobber, sink, krom, nikkel og tinn hadde relativt høy konsentrasjon (VTI 2006).

Et viktig spørsmål er hvorvidt mengde/antall av ultrafine partikler i T-bane/jernbaner kan være av betydning for mulig helserisiko. Studiene i London kan tyde på lavere prosentandel av ultrafine partikler i det underjordiske T-banesystemet enn i uteluft på overflaten (Hurley et al., 2003 og Seaton et al., 2005).

Grov- og finfraksjonen av PM fra jernbane er godt karakterisert med hensyn til den fysikalsk-kjemiske sammensetningen, mens den ultrafine fraksjonen er mye dårligere beskrevet. I en studie av PM fra jernbane var jerninnholdet over 40 %, men det ble også funnet mer av andre metaller (som kobber, krom, mangan og sink) enn for svevestøvstøv fra andre kilder. Den ultrafine fraksjonen inneholdt relativt like mye av disse metallene som grov- og finfraksjonen. PM fra jernbane ga høyere nivå av reaktive oksygenforbindelser (ROS) på partikkeloverflaten, og de ultrafine partiklene ga mest. Denne ROS-dannelsen kan skyldes det høye metallinnholdet, og kan være av betydning for det helseskadelige potensialet. Men det presiseres at videre forskning på dette er nødvendig (Loxham et al. 2013).

Helseeffekter av svevestøv fra jernbane- og T-banestasjoner

Mulige helseskadelige effekter ved eksponering for svevestøv fra jernbane- og T-banestasjoner er blitt undersøkt i enkelte epidemiologiske studier i arbeidsmiljø, samt i noen få kontrollerte kliniske studier på frivillige individer. De fleste studier er imidlertid gjort ved å eksponere for innsamlet svevestøv i eksperimentelle modeller i dyrestudier eller i cellekulturer.

Epidemiologiske studier og panelstudier i arbeidsmiljø

Stockholm

Bigert et al. 2007. I denne svenske studien ble forekomsten av hjerteinfarkt (innleggelse på sykehus) studert hos vognførere i T-banesystemet i Stockholm. Studien var en «case-control studie» med 22 311 hjerteinfarkttilfeller og 131 496 kontroller, hvorav 54 tilfeller og 250 kontroller hadde jobbet på T-banen. Studien viste imidlertid ingen økt risiko for hjerteinfarkt hos vognførere sammenlignet med andre arbeidstakere.

Bigert et al. 2008. I denne studien ble 30 vognførere på T-banen, 30 personer som arbeidet på plattformen og 30 billettselgere undersøkt for ulike markører i blod på to tidspunkter, etter at de hatt fri 2 dager, og rett etter 2 dager på jobb. Studien viste ingen endringer som kunne relateres til partikkeleksponeringen på T-banen. Men de som arbeidet på plattformen og ble eksponert for de høyeste nivåer av partikler, hadde høyere konsentrasjoner av enkelte viktige betennelsesstoffer i blodprøvene enn de to andre gruppene. Dette kunne tyde på at langsiktig eksponering for partikler var av betydning, selv om sammenhengen ikke er entydig påvist.

Bigert et al. 2011. I denne studien ble mulige effekter av eksponering for PM_{2,5} fra T-banen på betennelsesrespons i lunge og lungefunksjon undersøkt. Tretti plattformarbeidere, 30 vognførere og 21 billettselgere ble undersøkt før og etter en arbeidsdag. Disse ble eksponert for PM_{2,5}-verdier på henholdsvis 63 µg/m³, 19 µg/m³ og 10 µg/m³, og PM_{0,1-10} på henholdsvis 182 µg/m³, 33 µg/m³ og 13 µg/m³. Det ble ikke påvist noen endringer i nivåer av nitrogenmonoksyd (NO) i utåndingsluften, en mye brukt markør for lungeinflammasjon. Heller ikke ulike lungefunksjonstester viste noen endringer.

Gustavsson et al. 2008. I denne studien fra 1971-1989 ble forekomsten av lungekreft i 350 vognførere fra T-banen i Stockholm sammenlignet med nær 30 000 andre ansatte i transportsektoren. Det ble funnet samme forekomst av lungekreft blant vognførerne som i referansegruppen. Studien har begrenset statistisk styrke på grunn av det lave antallet T-banevognførere, men indikerer at partikler i T-banetunneler ikke er mer kreftfarlige enn partikler fra veitrafikk.

New York

Grass et al. 2010. Denne pilotstudien undersøkte markører på oksidativt stress og DNA-skade, målt både i blod og urin, blant 39 arbeidere på T-banen sammenlignet med 11 bussjåfører og 25 kontorarbeidere. Eksponeringen av T-banearbeiderne var forholdsvis lav, med en middelerdi for PM_{2,5} på 52 µg/m³, og et spenn fra 6 til 469 µg/m³. Studien viste ingen statistisk signifikant forskjell i markører for oksidativt stress. DNA-skade var likt for T-bane- og kontorarbeidere, men signifikant lavere for bussjåfører. Individuell støveksposeponering var heller ikke korrelert med noen av de undersøkte markørene for helseeffekter. Forfatterne konkluderte med at potensialet for helseeffekter i den studerte populasjonen, ved de observerte nivåene, synes å være lavt. Som for flere andre studier av T-bane-/togtunneler, var antallet inkluderte personer lavt, og studien kan derfor bare tillegges begrenset vekt.

Taipei i Taiwan

Liu et al. 2015. I denne studien sammenlignes hjertekareffekter pga eksponering for PM_{2,5} hos personer som brukte forskjellige transportmidler/-måter. I alt deltok 120 unge, friske studenter i studien, som fordelte seg mellom passasjerer i T-baner, buss, bil og gående. De mest utsatte for endrete helse-responser var de gående, mens T-bane-passasjerer var minst utsatte. Eksponeringsnivåene var også lavest for T-bane-passasjerene, men mye lavere enn nivåer i T-baner andre steder.

Kliniske studierStockholm

Klepczynska-Nystrom et al. 2010. I denne svenske studien ble 20 friske frivillige eksponert for svevestøv i en T-banestasjon i 2 timer. De ble undersøkt for helseeffekter før og etter eksponering. PM_{2,5}- og PM₁₀-nivåene lå på henholdsvis 76 og 237 µg/m³. Dette ble sammenlignet med en tilsvarende eksponering i veitunnel, hvor PM-nivåene var i samme størrelsesorden som på T-banestasjonen. Antallet ultrafine partikler var imidlertid 10 ganger lavere i T-banestasjonen enn i veitunnelen. NO₂-konsentrasjonene var også lavere på T-banestasjonen. Målinger viste ingen endringer av lungefunksjon eller betennelsesreaksjoner i de nedre luftveiene, men det ble funnet endringer i blodmarkører assosiert med koaguleringsprosesser og betennelsesreaksjoner. Den samme forskningsgruppen viste, i en identisk utført studie, at eksponering av friske frivillige i veitunnel, ga betennelsesreaksjoner i luftveiene (Larsson et al. 2007). Derimot fant de verken tegn på betennelsesresponser eller koaguleringsprosesser i blod, i motsetning til funnene etter eksponering på T-banestasjonen.

Klepczynska-Nystrom et al. 2012. I denne studien ble 16 personer med mild astma eksponert i en T-banetunnel i 2 timer. Det ble observert en økning i betennelsesstoffer i lungeskyllevæsken fra de frivillige, men ingen endringer assosiert med betennelsesreaksjoner i blodet. Dette betyr at mønsteret for betennelsesreaksjoner i luftveiene kan være forskjellig hos astmatikere og friske individer.

Lundstrøm et al. 2011. I denne studien undersøkes lungeskyllevæske hos både friske personer (18) og astmatikere (15) som ble eksponert i 2 timer på T-banen i Stockholm. Det ble analysert for en lang rekke fettsyrer (oksylininer), som er kjent for å være involvert i betennelsesresponser. De fant økning i enkelte av disse mediatorne i friske, mens nivåene var uendret eller redusert hos astmatikere. Endringer hos astmatikere ble foreslått å føre til redusert beskyttelse mot helseskadelige effekter.

Eksperimentelle studier i dyr og cellemodeller

Relativt mange studier er utført hvor det helseskadelige potensialet av innsamlet svevestøv fra jernbane- og T-banestasjoner er blitt undersøkt i cellemodeller, mens det er færre studier med dyreforsøk. I det følgende oppsummeres funn med slikt innsamlet svevestøv fra forskjellige byer:

Stockholm

Karlsson et al. 2006. Målsettingen i denne studien var å sammenligne det toksiske potensialet av partikler fra ulike kilder. Dette inkluderte partikler innsamlet fra en T-banestasjon i Stockholm, som ble sammenlignet med partikler fra en trafikkert gate i Stockholm, samt ulike vedfyringspartikler og partikler fra en veisimulator. Gentoksisitet ble undersøkt i en human epitelial lungecellemodell, og betennelsesresponser i humane makrofager. Alle partikkeltypene ga DNA-skade, men partiklene fra T-banen var desidert mest potente. Med hensyn til betennelsesresponser var partiklene fra T-banen imidlertid

mye mindre potente enn partiklene fra den trafikkerte gata, men ga responser i samme størrelsesorden som de øvrige partiklene i studien (vedfyringspartikler, veistøv).

Karlsson et al. 2008. I denne oppfølgingsstudien sammenlignes igjen partikler (PM₁₀) fra T-banestasjonen i Stockholm, med partikler fra en trafikkert gate, vedfyrings- og dieseleksospartikler og slitasjepartikler fra bildekk. Videre undersøkes effekten av jernpartikler (Fe₂O, magnetitt) som er en viktig komponent i T-banepartiklene. T-banepartiklene ga igjen mest DNA-skade, men også høyest dannelse av reaktive oksygenforbindelser (ROS), som viser et potensial for å gi oksidativt stress. En viktig observasjon var at jernpartiklene ga adskillig mindre DNA-skade og ROS-dannelse enn T-bane-partiklene. Det konkluderes med at den gentoksiske effekten av T-banepartiklene ikke skyldes hovedkomponenten magnetitt, heller ikke vannløselige metaller eller intracellulær mobilisering av jern. Mest sannsynlig skyldes det gentoksiske potensialet en høy overflateaktivitet av partiklene og påfølgende oksidativt stress.

Lindbom et al. 2007. I denne studien ble PM samlet inn på T-banen i Stockholm, og sammenlignet med PM fra en trafikkert gate, samt slitasjepartikler fra en veisimulator. Det ble vist at PM fra T-banen var mest potent med hensyn til å øke signalstoffer forbundet med oksidativt stress, mens PM fra den trafikkerte gata var klart mest potent til å øke nivåer av betennelsesstoffer. Hemmere av jern og av oksidativt stress reduserte nivåene av betennelsesstoffer betydelig. Hemmeren av jern reduserte imidlertid ikke bare effekten av T-bane PM, men også effekten av PM fra den trafikkerte gata. Det siste er ikke å forvente, siden PM fra den trafikkerte gata inneholder lite jern. Dette kan tyde på at hemmeren av jern gir uspesifikke effekter, og at dette resultatet derfor bør tillegges mindre vekt.

London

Hurley et al. 2003, Saeton et al. 2005. Denne studien er en tidlig evaluering av potensiell helsefare forbundet med eksponering for høye nivåer av PM i undergrunns-jernbanesystemer i London. PM_{2,5} ble målt og samlet inn på ulike plattformer. Det ble funnet PM_{2,5}- nivåer fra 270 til 480 µg/m³, og et partikkelantall fra 14 000 til 20 000 per cm³. I jernbanevognene lå konsentrasjonene på 130–200 µg/m³, og partikkelantallet fra 17 000 til 23 000 per cm³. Finfraksjonen bestod av omtrent 67 % jernoksid, 1-2 % kvarts og også spor av tungmetaller. Dette betyr at vognførere og plattformarbeidere ble eksponert for over 200 µg/m³ per time. I risikovurderingen sammenlignes det med helseeffekter av ren jernoksid, og det ble fremhevet at arbeidsmiljønormen for jernoksid (i England) er 5 mg/m³ over et 8-timers skift. Forfatterne konkluderte med at dette T-banestøvet ikke representerer noen helserisiko for arbeiderne. De innsamlede partiklene hadde imidlertid et potensial til å gi celledød og betennelsesresponser ved høye doser, slik som ble observert for jernoksid, og med omtrent samme potensial som forbrenningspartikler.

Paris

Bachoual et al. 2007. I denne franske studien ble partikler samlet på to steder i T-banesystemet i Paris, og biologiske responser ble undersøkt i forsøk med mus, samt i en makrofagcellerlinje fra mus. Studien viste en økning av ulike inflammasjonsstoffer av disse partiklene i relativt lave konsentrasjoner i celled modellen, i forsøk hvor eksponering for tilsvarende doser av dieseleksospartikler, TiO₂ og «karbon svart» ikke ga effekt. I dyreforsøkene ga partiklene fra T-banen også biologiske responser, men de var forbigående. Både celle- og dyreforsøk tyder på at oksidativt stress var involvert. Hemmere av jern ga også reduserte responser, noe som kunne tyde på at metallpartikler (jern) er viktig for responsene.

Seoul

Jung et al. 2012. I studier av svevestøv fra T-baner har det vært fokusert mest på metaller, spesielt på jern. I denne studien fra T-banen i Seoul undersøkes det gentoksiske potensialet av organiske ekstrakter av PM₁₀. Det ble vist økte genskader (med Comet assay, mikronukleus-testen) i 2 ulike cellemodeller. Videre ble det observert en økning i dannelse av reaktive oksygenforbindelser (ROS), forbundet med oksidativt stress. Hemmere av oksidativt stress, reduserte det genskadelige potensialet av de organiske ekstraktene. Denne studien kan indikere at også organiske forbindelser, og ikke bare metaller, kan bidra til effekten av PM fra T-baner. Dette vil imidlertid helt avhenge av i hvilken grad dieseleksos bidrar til PM-nivåene i tunneler fra T-baner og jernbaner.

Togstasjon på europeisk flyplass

Loxham et al. 2015. I denne studien ble grove (PM_{10-2,5}), fine (PM_{2,5}) og kvasi-ultrafine (PM_{0,18}) partikler samlet inn på en undergrunns-jernbanestasjon ved flyplass, og undersøkt for evnen til å indusere stoffer forbundet med betennelsesreaksjoner i lunge, foruten oksidativt potensial. Hovedfokuset var effekter av den kvasi-ultrafine (PM_{0,18}) fraksjonen i lungeepitelceller fra friske og astmatiske personer. Resultatene viste økning i betennelsesmarkører og av oksidative prosesser, men i ulik grad i celler fra friske og astmatiske. Bruk av hemmere av jern og av oksidative prosesser viste at begge deler var involvert i dannelsen av betennelsesstoffer. Det ble konkludert med at mer forskning er nødvendig for å kunne vurdere helserisiko av ultrafine partikler av denne typen.

Italia

Spagnola et al. 2015. I denne studien ble grovfraksjonen av PM (5-10 µm), og 3 subfraksjoner av PM_{2,5} (1-2,5 µm, 0,5-1 µm, 0,25-0,5) samlet inn på plattformen på en T-banestasjon, i et butikkområde på stasjonen, og i uteluft. Disse partikkelfraksjonene ble sammenlignet med hensyn til evne til å gi celledød og til å danne reaktive oksygenforbindelser (ROS). I denne studien var ikke nivået av PM høyere på plattformen enn de andre stedene, men innholdet av jern og andre overgangsmetaller var høyere. Evnen til å danne ROS korrelerte med innholdet av de ulike metallene, men partiklene ga ingen forskjell i evnen til å gi celledød.

Helseeffekter av jernoksid-partikler

Undersøkelser utført av NILU i 1996 viser at svevestøvet på Nationaltheatret stasjon i hovedsak består av jernoksid (magnetitt, Fe₃O₄). Det er derfor naturlig å også vurdere helseeffekten av jernoksid. Fra arbeidsmiljøeksponeringer er det kjent at inhalasjonseksponering for jernoksid kan gi økt bindevevsdannelse i lungene, såkalt siderose (jernlunge). Siderose kan gi hoste, men ansees ellers kun å gi milde effekter i luftveiene. Jernoksid er ikke antatt å være kreftfremkallende (Kelleher et al. 2000; Ke et al. 2007), og er klassifisert som en Gruppe 3-forbindelse av IARC (International Agency for Research on Cancer – WHO): Ikke klassifiserbar med hensyn til kreftfare for mennesker («*Not classifiable as to its carcinogenicity to humans*»). Det er heller ikke kjent at eksponering for jernoksidpartikler kan gi hjertekarsykdom. Yrkeseksponeringsgrense for jernoksid er 3 mg/m³.

Diskusjon og risikovurderinger

Vår målsetting er å belyse hvilken risiko eksponering for svevestøv kan representere på Nationaltheatret stasjon. Hovedfokuset er på passasjerer som oppholder seg i kort tid på stasjonen. Vi tar imidlertid også kort for oss konsekvensene for arbeidstakere som oppholder seg i lengre tid på stasjonen. Det siste er ikke Folkehelseinstituttets

myndighetsområde, og bør derfor vurderes separat av Arbeidstilsynet/Statens arbeidsmiljøinstitutt. Når det gjelder luftforurensning og helse på jernbane- og T-banestasjoner, foreligger det relativt lite litteratur, de viktigste studiene er beskrevet ovenfor. Det er spesielt lite litteratur som beskriver helseeffekter for passasjerer med kortvarig opphold på slike stasjoner.

Hvor høye er PM-nivåene på Nationaltheatret stasjon?

Mange studier fra storbyer verden over har vist at nivåene av svevestøv på undergrunnsstasjoner for jernbaner og T-baner er svært høye, og som regel betydelig over det som finnes i trafikkerte gater i de samme byene. Nivåene varierer fra stasjon til stasjon, og avhenger av alder på banen, design og hyppighet av togavganger. De observerte nivåene på Nationaltheatret stasjon publisert i NILU-rapport 20/2016 ligger tilsvarende som nivåer i mange andre undergrunnsstasjoner i storbyer, med middeldøgnverdier på plattformen på 161 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for $\text{PM}_{2,5}$ og på 305 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_{10} . I butikkområdet registreres noe lavere, men likevel høye middelverdier for $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} .

Hvor stort helseskadelig potensial har svevestøv fra jernbaner og T-baner?

Det er sprikende kunnskap om hvor potent jernbane-/T-banesvevestøv er i forhold til svevestøv fra andre kilder. Dette er blitt studert i forskjellige eksperimentelle modeller, og særlig i cellekulturer. Svevestøvet fra jernbaner og T-baner består hovedsakelig av jernoksid, som ofte regnes for å være mindre helseskadelig. Uttesting i eksperimentelle systemer har imidlertid vist at jernbane-/T-banepartiklene har et høyt oksidativt potensial, som regnes å være forbundet med helseskader. Slike partikler synes også å ha størst evne til å gi skade på arvematerialet (genskader). Jernbane-/T-banepartikler viser imidlertid det samme eller mindre potensial med hensyn til å utløse betennelsesreaksjoner, avhengig av om en sammenligner med PM_{10} fra uteluft eller dieseleksospartikler. Selv om rene jernoksidpartikler synes lite helseskadelige, er det etter Folkehelseinstituttets oppfatning ikke tilstrekkelig grunnlag for å klassifisere jernbanepartikler som lite helseskadelige. Vi har derfor valgt å vurdere eksponeringen ved Nationaltheatret stasjon på bakgrunn av gjeldende luftkvalitetskriterier/grenseverdier for svevestøv i uteluft.

Hvor store helseskadelige effekter gir partikler fra jernbane- og T-bane for passasjerer?

Effekten av jernbane-/T-banepartikler er lite undersøkt på mennesker. Studier i Stockholm viste at 2 timers eksponering av friske frivillige viste verken lungefunksjonsendringer eller betennelsesreaksjoner i luftveiene, mens enkelte markører for betennelses- og koagulasjonsprosesser var økt i blodet. Ved tilsvarende eksponering av personer med lett astma fant en heller ikke endring i lungefunksjon, men endringer i markører for betennelsesreaksjoner i luftveiene. Disse studiene kan tyde på at astmatikere kan respondere, men alvorlige luftveisreaksjoner er ikke påvist. Friske individer viste derimot ingen luftveisreaksjoner, mens det var svake tegn på endringer i blodet. I epidemiologiske studier av arbeidere som har vært 2 dager på jobb, synes det ikke å være noen forskjeller som kunne relateres til eksponeringen for svevestøv. Dette kan skyldes at arbeidstakerne hadde høye bakgrunnsnivåer. Alt i alt tyder ikke de foreliggende studiene på omfattende akutte responser, men antall studier er begrenset.

Kan svevestøveksponering på jernbane- og T-baner føre til helseskade hos arbeidstakere?

Epidemiologiske studier fra arbeidsmiljø synes å vise mulige forskjeller for enkelte betennelsesstoffer i blodet mellom arbeidstakere som har vært mye (vognførere, vaskepersonale på plattformen) og lite (billettselgere) eksponert for svevestøv. Ingen forskjeller ble imidlertid påvist med hensyn til lungefunksjon og betennelsesstoffer i luftveiene. Vognførere på T-bane, som er relativt mye eksponert for svevestøv, er heller

ikke vist å ha høyere hyppighet av lungekreft eller hjerteinfarkt enn arbeidstakere som var mindre eksponerte. Dette kan enten skyldes at slikt svevestøv gir relativt liten skade selv om konsentrasjonene er høye, eller at studiene er relativt små og for få til å påvise helseskadelige effekter. Det foreligger imidlertid ingen studier av helseeffekter ved langvarig eksponering blant arbeidstakergruppene som oppholder seg på områder med høyest konsentrasjon (plattform).

Hvordan forholder eksponeringsnivåene på Nationaltheatret stasjon seg til ulike retningslinjer og regelverk?

I vurdering av mulig helsefare ved eksponering for svevestøv på Nationaltheatret stasjon, må ulike forhold inkluderes. Hvordan er de observerte nivåene i forhold til eksisterende retningslinjer og regelverk for den generelle befolkningen, og mer spesielt i forhold til arbeidstakere? Må en forholde seg kun til nivået (massen) av partikler som foreligger, eller er det holdepunkter for at metallholdige partikler fra jernbane og T-baner er mindre reaktive enn annet svevestøv? Hva betyr den korte oppholdstiden for passasjerer? Hva betyr den lengre eksponeringstiden for arbeidstakere?

I NILU-rapport 20/2016 ble de observerte nivåene sammenlignet med Folkehelseinstituttets anbefalte normer for inneklimate (FHI, 2015) og «Arbeidstilsynets Veiledning om klima og luftkvalitet på arbeidsplassen» (Arbeidstilsynet, 2016). Svevestøvkonsentrasjonene ble også sammenlignet med nivåene målt utendørs. PM₁₀ og PM_{2,5}-konsentrasjonene på plattformen var henholdsvis 10 og 15 ganger høyere enn ved en trafikkert vei i Oslo (Kirkeveien).

Anbefalt faglig norm for inneklimate for PM_{2,5} er 15 µg/m³ som døgnmiddel, som tilsvarer luftkvalitetskriteriene for uteluft (FHI, 2013). Dataene i NILU-rapporten viser høye konsentrasjoner av svevestøv (både PM₁₀ og PM_{2,5}), og overskridelse av inneklimatenormen og luftkvalitetskriterier.

Både norm for inneklimate, luftkvalitetskriteriene og grenseverdien er fastsatt på massebasis (dvs µg/m³), og tar ikke hensyn til at partikler fra ulike kilder kan ha ulikt helseskadelig potensial (se tabell 2). Folkehelseinstituttet finner ikke tilstrekkelig grunnlag for å fravike dette, selv om det er hevdet at jernbane-/T-banepartikler kan ha mindre helseskadelig potensial enn forbrenningspartikler (se diskusjon ovenfor).

Hva innebærer den korte oppholdstiden for passasjerer på Nationaltheatret stasjon?

Fastsettelsen av luftkvalitetskriterier og grenseverdier for PM baseres på døgn- og årsverdier, og ikke på så korte tider som er aktuelt for passasjerer på Nationaltheatret stasjon. Spørsmålet er hvordan en skal vurdere risikoen ved eksponering for høye nivåer, men i korte perioder. Videre hvordan er effekten av gjentatte eksponeringer. Kunnskapen om dette fra befolkningsstudier er liten eller mangler. En vet lite om hvorvidt det er den totale dosen som teller (konsentrasjon (µg/m³) x tid (timer)) eller om en gjentatt høy, kortvarig eksponering kan gi en relativ større effekt. Studier kan tyde på at kortvarig eksponering av astmatikere for høye PM-doser kan utløse astmaanfall (FHI, 2013). I en risikovurdering av PM på T-banestasjoner i London, valgte man å justere dosen som inhaleres for oppholdstiden i T-banesystemet (Hurley et al. 2003, Seaton et al. 2005). Tankegangen er at en beregner den samlede personlige eksponering som en utsettes for i løpet av et døgn eller år; i bolig, på arbeid og på vei mellom hjem og arbeid. Dette vil gi et bedre uttrykk for totalbelastningen av PM, og ikke bare eksponeringen ut ifra hjemmeadressen, som er mest vanlig.

Vi har utført tilsvarende beregninger for Nationaltheatret stasjon, der vi forutsetter at publikum/reisende normalt ikke oppholder seg mer enn i 20 minutter daglig på stasjonsområdet. Dette vil innebære en belastning på ca 4 og 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per døgn for henholdsvis PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$, om man tar utgangspunkt i det høyeste eksponeringsnivået på plattformområdet. Dette er klart lavere enn luftkvalitetskriterier og grenseverdier. Hvilken betydning dette vil ha avhenger imidlertid av hvilken belastning en har for øvrig, i løpet av døgnet eller året. Eksempelvis innebærer det for årseksponeringen av PM_{10} at den øvrige belastningen ikke må være over 16 og 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for ikke å overskride henholdsvis luftkvalitetskriterier og grenseverdier. Hvis en ser på nivåene i de mest belastede områdene i Oslo, innebærer det at selv om ekstrabelastningen ved eksponering på Nationaltheatret stasjon i seg selv er relativt liten, kan den likevel være av betydning for hvorvidt en overskrider luftkvalitetskriterier. Et tilsvarende resonnement kan trekkes for betydningen av $\text{PM}_{2,5}$. Slike beregninger kan også gjøres ved kortvarig opphold i butikkene på stasjonen, men her vil ekstrabidraget være mindre i forhold til luftkvalitetskriterier og grenseverdier for uteluft. Hvis vi hadde relatert eksponeringsnivåene i Nationaltheatret stasjon til døgnverdier for luftkvalitetskriterier og grenseverdier i stedet for årsmiddel, ville bidraget fra stasjonen betydd relativt mindre. En samlet konklusjon er at korte opphold på plattformen sannsynligvis ikke i seg selv representerer en helserisiko, selv om oppholdet kan bidra til en god del av totaleksponeringen i løpet av året (og døgnet). Det tas forbehold om at kunnskapen om betydningen av gjentatt kortvarig eksponering for høye konsentrasjoner av PM er mangelfull. Det er dessuten usikkerhet hvorvidt kortvarig eksponering for de høye nivåene på stasjonsområdet kan representere noen helserisiko for personer med alvorlig lunge- eller hjertekarsykdom.

Hvilken helserisiko gir vedvarende høye PM-nivåer for folk som oppholder seg lenge på plattformen eller i butikkene?

Enkelte arbeidstakere kan oppholde seg lenge på plattformen (vaskepersonale, vektere etc) eller i butikkene (butikkansatte). Den totale eksponeringen i løpet av en 8-timers dag vil da kunne bli høy. Eksempelvis for PM_{10} vil årsbelastningen på plattformen kunne bli på 101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og i 7-Eleven-butikken på 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. For $\text{PM}_{2,5}$ vil årsbelastningen kunne bli på 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. For plattformen overskrides da luftkvalitetskriterier og grenseverdier for PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ i uteluft med klar margin på grunn av denne eksponeringen alene. For butikkområdet er nivåene over luftkvalitetskriteriene, men ligger i samme konsentrasjonsområde som grenseverdiene.

I arbeidslivet er det imidlertid fastsatt grenseverdier for helseskadelige stoffer i arbeidsmiljø. For PM er de langt høyere enn luftkvalitetskriterier og grenseverdier for den alminnelige befolkningen i uteluft. Grenseverdier for jernoksid og respirabelt støv i arbeidsmiljøet er henholdsvis 3 og 5 mg/m^3 , basert på maksimumsverdi for gjennomsnittskonsentrasjon i pustesonen over en 8-timers arbeidsdag (Arbeidstilsynet, 2013). Nivåene av PM på Nationaltheatret stasjon, både på plattformen og i butikkene, ligger langt under disse verdiene. Forskjellen mellom luftkvalitetskriterier og grenseverdier for PM i uteluft på den ene siden, og i arbeidsmiljø på den andre siden, skyldes at de førstnevnte skal ivareta/beskytte personer med særskilt risiko for å forverre sin helsetilstand. Dette omfatter blant annet barn, gravide og personer med eksisterende lunge- og hjertekarsykdom. Eventuell risiko for arbeidstakere ved Nationaltheatret stasjon med eksisterende lunge- og hjertekarsykdom, bør vurderes av Arbeidstilsynet/STAMI.

Hvordan er den totale eksponeringen på Nationaltheatret stasjon sammenlignet med byluften?

Svevestøvnivåene på Nationaltheatret stasjon er svært høye sammenlignet med byluften. Nivåer av andre komponenter enn svevestøv, som nitrogendioksid, ozon og karbonmonoksid, vil trolig være en god del lavere enn i uteluften, siden det er få dieseltog i tunnelen. Dette vil gjøre at den samlede belastning av luftforurensning trolig ikke blir så stor i forhold til byluft, som hvis man bare fokuserer på svevestøvet.

Konklusjoner

- Nivåene av svevestøv på plattformen og butikkområdet på Nationaltheatret stasjon er langt høyere enn hva som vanligvis finnes i trafikkerte områder i utemiljø.
- Passasjerer utsettes trolig ikke for noen helseskadelige effekter på grunn av korte opphold på Nationaltheatret stasjon.
- Arbeidstakere på stasjonen (vaskepersonale, butikkansatte) utsettes for nivåer som overskrider faglige normer for inneklime og luftkvalitetskriterier for uteluft. Nivåene ligger imidlertid godt under grenseverdier for arbeidsmiljø. Eventuell risiko for arbeidstakere med eksisterende lunge- eller hjertekarsykdom bør vurderes av Arbeidstilsynet/STAMI.
- Det er utilstrekkelig kunnskap om hvorvidt metallholdig svevestøv fra jernbane/T-bane er mindre helseskadelig enn svevestøv fra andre kilder, og vurderes derfor som annet svevestøv. Den personlige eksponeringen for svevestøv på Nationaltheatret stasjon kan bidra relativt mye til den totale belastningen som en utsettes for, og kan bidra til at man nærmer seg daglige/årlige eksponeringsnivåer identifisert som helseskadelige i luftkvalitetskriterier for svevestøv.
- Tiltak bør settes inn for å redusere svevestøvnivåene på stasjonsområdet, for å beskytte særskilt utsatte passasjerer og arbeidstakere.

Kunnskapshull:

- *Det er ufullstendig kunnskap om helseskadelige effekter av gjentatte, kortvarige eksponeringer for høye konsentrasjoner av partikler*
- *Det trengs mer kunnskap om den helseskadelige effekten av metallholdig svevestøv på undergrunns jernbane og t-baner i forhold til svevestøv fra forbrenningsprosesser*
- *Effekt av eksponering for metallrikt svevestøv på personer med alvorlig lunge- eller hjertekarsykdom, er uklar.*

Referanser

- Abbasi, S., Jansson, A., Sellgren, U., Olofsson, U. *Particle emission from rail traffic: A literature overview*. Crit Rev Environ Sci Tech. 2013;43(23):2511-2544
- Arbeidstilsynet 2013. *Forskrift om tiltaks- og grenseverdier*. Forskrift, best.nr. 704.
- Bachoual R, Boczkowski J, Goven D, Amara N, Tabet L, On D, Leçon-Malas V, Aubier M, Lanone S. *Biological effects of particles from the paris subway system*. Chem Res Toxicol. 2007;20(10):1426-33.
- Bigert C, Alderling M, Svartengren M, Plato N, de Faire U, Gustavsson P. *Blood markers of inflammation and coagulation and exposure to airborne particles in employees in the Stockholm underground*. Occup Environ Med 2008; 65:655–658.
- Bigert C, Klerdal K, Hammar N, Gustavsson P. *Myocardial infarction in Swedish subway drivers*. Scand J Work Environ Health 2007;33(4):267–271.
- Bigert C, Alderling M, Svartengren M, Plato N, Gustavsson P. *No short-term respiratory effects among particle-exposed employees in the Stockholm subway*. Scand J Work Environ Health. 2011;37(2):129–135.
- FHI. *Luftkvalitetskriterier - virkninger av luftforurensning på helse*. Nasjonalt folkehelseinstitutt. Rapport 2013:9. ISBN: 978-82-8082-587-9
- Grass DS, Ross JM, Family F, Barbour J, Simpson HJ, Coulibaly D, Hernandez J, Chen Y, Slavkovich V, Li Y, Graziano J, Santella RM, Brandt-Rauf P, Chillrud SN. *Airborne particulate metals in the New York City subway: A pilot study to assess the potential for health impacts*. Environ Res. 2010;110:1-11.
- Gustavsson P, Bigert C, Pollán M. *Incidence of lung cancer among subway drivers in Stockholm*. Am J Ind Med 2008; 51:545–547.
- Hurley JF, Cherrie JW, Donaldson K, Seaton A, Tran CL. *Assessment of health effects of long-term occupational exposure to tunnel dust in the London Underground*. Institute of Occupational Medicine, Edinburgh, UK. Research Report TM/03/02 December 2003.
- IARC. *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans. Overall Evaluations of carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42*. Supplement 7. International Agency for Research on Cancer, WHO. 1987; 216-218.
- Innset, B. (1997) *Målinger av nitrogenoksider og svevestøv på Nationaltheatret stasjon i Oslo*. NILU OR 76/96.
- Jung MH1, Kim HR, Park YJ, Park DS, Chung KH, Oh SM. *Genotoxic effects and oxidative stress induced by organic extracts of particulate matter (PM₁₀) collected from a subway tunnel in Seoul, Korea*. Mutat Res. 2012;749(1-2):39-47.
- Karlsson HL, Ljungmanb AG, Lindbom J, Möller L. *Comparison of genotoxic and inflammatory effects of particles generated by wood combustion, a road simulator and collected from street and subway*. Toxicol Lett 2006;165:203–211.
- Karlsson HL, Holgersson A, Möller L. *Mechanisms related to the genotoxicity of particles in the subway and from other sources*. Chem Res Toxicol. 2008;21(3):726-31.
- Ke Q, Costa M and Kazantzis G. *Carcinogenicity of Metal Compounds*. Handbook on the Toxicology of Metals 3rd edition. Editors Nordberg, Fowler, and Friberg. Academic Press, 2007. Chapter 10; 177-196. ISBN: 978-0-12-369413-3
- Kelleher P, Pacheco K, and Newman LS. *Inorganic dust pneumonias: the metal-related parenchymal disorders*. Environ Health Perspect. 2000 Aug; 108(Suppl 4): 685–696.

- Klepczynska Nyström A, Svartengren M, Grunewald J, Pousette C, Rödin I, Lundin A, Sköld CM, Eklund A, Larsson BM. *Health effects of a subway environment in healthy volunteers*. Eur Respir J. 2010; 36: 240–248
- Klepczynska-Nyström A, Larsson BM, Grunewald J, Pousette C, Lundin A, Eklund A, Svartengren M. *Health effects of a subway environment in mild asthmatic volunteers*. Respir Med. 2012;106(25);e33
- Larsson BM, Sehlstedt M, Grunewald J, Sköld CM, Lundin A, Blomberg A, Sandström T, Eklund A, Svartengren M. *Road tunnel air pollution induces bronchoalveolar inflammation in healthy subjects*. Eur Respir J. 2007;29(4):699-705.
- Lindbom J, Gustafsson M, Blomqvist G, Dahl A, Gudmundsson A, Swietlicki E, Ljungman AG. *Wear particles generated from studded tires and pavement induces inflammatory reactions in mouse macrophage cells*. Chem Res Toxicol. 2007;20(6):937-46.
- Liu WT, Ma CM, Liu IJ, Han BC, Chuang HC, Chuang KJ. *Effects of commuting mode on air pollution exposure and cardiovascular health among young adults in Taipei, Taiwan*. Int J Hyg Environ Health. 2015;218(3):319-23.
- Loxham M, Cooper MJ, Gerlofs-Nijland ME, Cassee FR, Davies DE, Palmer MR, Teagle DAH. *Physicochemical Characterization of Airborne Particulate Matter at a Mainline Underground Railway Station*. Environ Sci Tech. 2013;47:3614-3622.
- Loxham M, Morgan-Walsh RJ, Cooper MJ, Blume C, Swindle EJ, Dennison PW, Howarth PH, Cassee FR, Teagle DA, Palmer MR, Davies DE. *The effects on bronchial epithelial mucociliary cultures of coarse, fine, and ultrafine particulate matter from an underground railway station*. Toxicol Sci. 2015;145(1):98-107.
- Lundström SL, Levänen B, Nording M, Klepczynska-Nyström A, Sköld M, Haeggström JZ, Grunewald J, Svartengren M, Hammock BD, Larsson BM, Eklund A, Wheelock ÅM, Wheelock CE. *Asthmatics exhibit altered oxylipin profiles compared to healthy individuals after subway air exposure*. PLoS One. 2011;6(8):e23864.
- Martins V, Moreno T, Minguillón MC, Amato F, de Miguel E, Capdevila M, Querol X. *Exposure to airborne particulate matter in the subway system*. Sci Total Environ. 2015;511:711-22.
- NILU. *Kartlegging av svevestøv (PM_{2,5} og PM₁₀) ved Nationaltheatret stasjon, Oslo*. Norsk Institutt for Luftforskning (NILU) i Rapport 20/ 2016. ISBN: 978-82-425-2848-3
- Seaton A, Cherrie J, Dennekamp M, Donaldson K, Hurley JF, Tran CL. *The London Underground: dust and hazards to health*. Occup Environ Med. 2005 Jun;62(6):355-62.
- Spagnolo AM, Ottria G, Perdelli F, Cristina ML. *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*. J Environ Res Public Health. 2015;12(4):4031-46.
- VTI, Väg- och trafikinstitut. 2006. *Inandningsbara partiklar i järnvägs miljöer*. VTI rapport 538, Linköping.

Utgitt av Folkehelseinstituttet
Desember 2017
Postboks 4404 Nydalen
NO-0403 Oslo
Telefon: 21 07 70 00
ISBN 978-82-8082-892-7