

Mats Gustafsson, VTI
Göran Blomqvist, VTI
Andreas Dahl, Lunds tekniska högskola
Anders Gudmundsson, Lunds tekniska högskola
Per Jonsson, VTI

1(9)

1 Inledning

Syftet med uppdraget var att undersöka partikelbildande egenskaper hos en dränerande och bullerdämpande beläggning som tillverkas av Skanska. Vidare undersöktes hur den tysta beläggningen förhåller sig till andra mer vanligt förekommande beläggningar (en svensk respektive en norsk) med avseende på partikelbildning och slitage.

Undersökningen gjordes vid VTIs provvägsmaskin (Figur 1) i ett samarbete mellan VTI och Avdelningen för ergonomi och aerosolteknik, Institutionen för designvetenskaper, Lunds tekniska högskola.



Figur 1. Provvägsmaskinen vid VTI i Linköping.

2 Metod

VTIs provvägsmaskin (PMV) är installerad i ett slutet rum med kontrollerad ventilation. Vid användande kan beläggning, däcktyp och starttemperatur i rum/beläggning väljas. Dubbdäcken var av fabrikatet Nokian Hakkapelitta 4. Mätningarna genomfördes enligt körschemat i Tabell 1.

Tabell 1. Körschema för PVM.

Hastighet	Tid	Fläkt och filterprovtagning
30	1 tim 30 min	nej
50	1 tim 30 min	nej
70	2 tim	nej
70	1 tim	ja

Fyra olika instrumenttyper användes för att mäta inandningsbara partiklar. Dessa beskrivs översiktligt nedan.

- *Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM)*
Instrumentet bygger på gravimetri och ger ett värde var femte minut för masskoncentration PM_{10} . Metoden är en referensmetod inom EU.
- *DustTrak (DT)*
Två av dessa optiska instrument användes vid undersökningen: det ena mätte masskoncentration av $PM_{2,5}$ och det andra masskoncentration av PM_{10} . Tidsupplösningen för båda var tre sekunder.
- *Aerodynamic Particle Sizer (APS)* och *Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)*
Instrumenten mäter tillsammans i storleksintervallen 16 nm–18 μm . Data i intervallet 16–750 nm presenteras som antalsfördelning, medan grövre partiklar i intervallet presenteras som masskoncentration. Detta beror på nanopartiklarnas mycket låga massa.

Utöver partiklar mättes luft-, däck- och beläggningstemperatur. Även relativ luftfuktighet registrerades under mätningarna. Innan undersökningen startades kylde hallen. Målet var att uppnå någon minusgrad vid testerna för att efterlikna realistiska vinterförhållanden. Vid start var beläggningstemperaturen ca. 4 °C.

För att ge en uppfattning om den tysta beläggningens partikelgenererande egenskaper jämfördes koncentrationerna av PM_{10} med några tidigare provade beläggningar;

- en norsk SKA-beläggning med stenmaterialet Durasplitt (Mylonit), nedan kallad ”norsk beläggning”,
- en svensk ABS-beläggning med kvartsit som bl.a. förekommer på Hornsgatan i Stockholm, nedan kallad ”svensk beläggning” eller ”Hornsgatan”,
- för jämförelser av storleksfördelningar för APS finns även med en tidigare provad ABS-beläggning också med kvartsit, men från en annan bergtäkt, i Figur 5 kallad ”kvartsit”.

Resultaten av de undersökningarna är jämförbara då samma däck användes (Hakkapelitta 4) och beläggningstemperaturerna vid start var ungefär desamma.

3 Resultat

3.1 Jämförelser med norsk och svensk beläggning

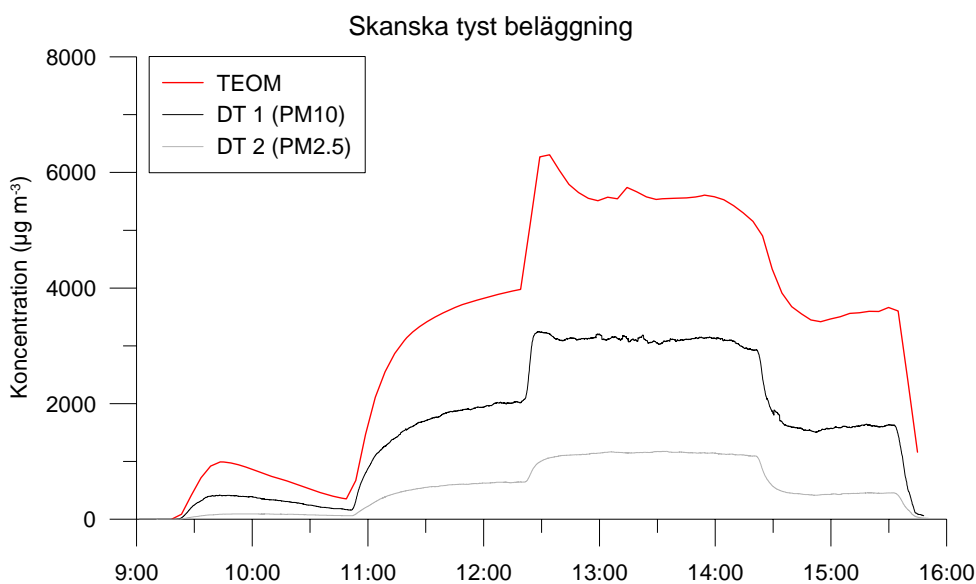
3.1.1 Partikelkoncentration

Under mätningen med tyst beläggning utvecklades luft-, däck- och beläggningstemperatur samt relativ luftfuktighet enligt Tabell 2. Värdena är medel för de perioder som hastighetsökning skedde, dvs. fram t.o.m. 15:10. Samtliga temperaturer ökade under försöket. Relativ luftfuktighet, som är temperaturberoende, minskade dock. För grafisk redovisning av temperatur och luftfuktighet hänvisas till *Appendix*.

Tabell 2. Temperaturer och luftfuktighet under mätningarna.

Parameter	30 km/h	50 km/h	70 km/h
Däcktemperatur (°C)	4,8	8,4	12,2
Beläggningstemperatur (°C)	-3,4	-1,8	-0,2
Lufttempertur (°C)	-1,5	0,7	3,9
Relativ luftfuktighet (%)	59,2	61,5	60,4

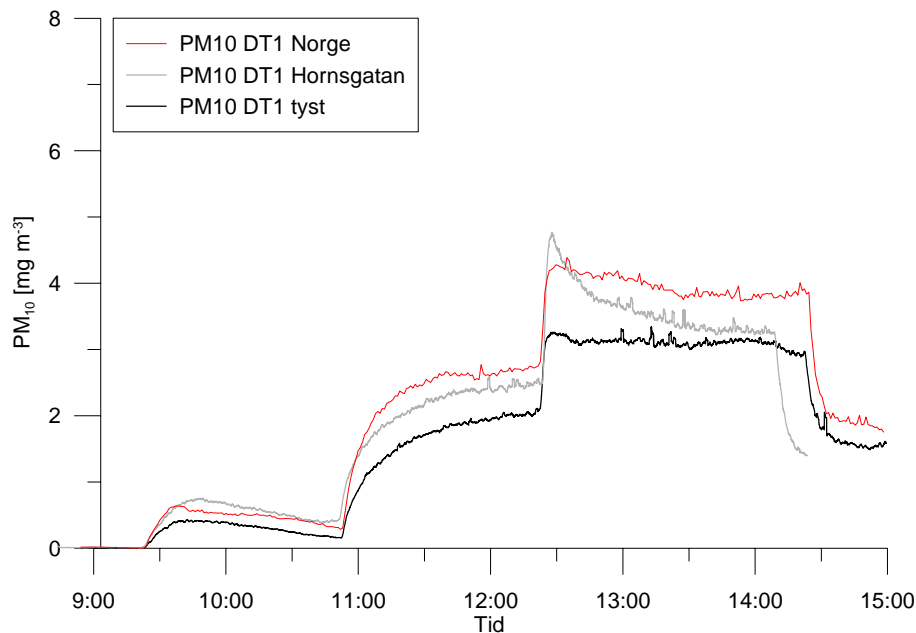
Figur 2 visar uppmätta masskoncentrationer (PM_{2,5} samt PM₁₀) vid 30, 50 samt 70 km/h. Strax före 14:30 ventileras PVM-hallen och hastighetssänkning från 70 km/h påbörjas 15:35.



Figur 2. Masskoncentration av PM_{2,5} (DustTrak) och PM₁₀ (DustTrak och TEOM) vid 30, 50 och 70 km/h.

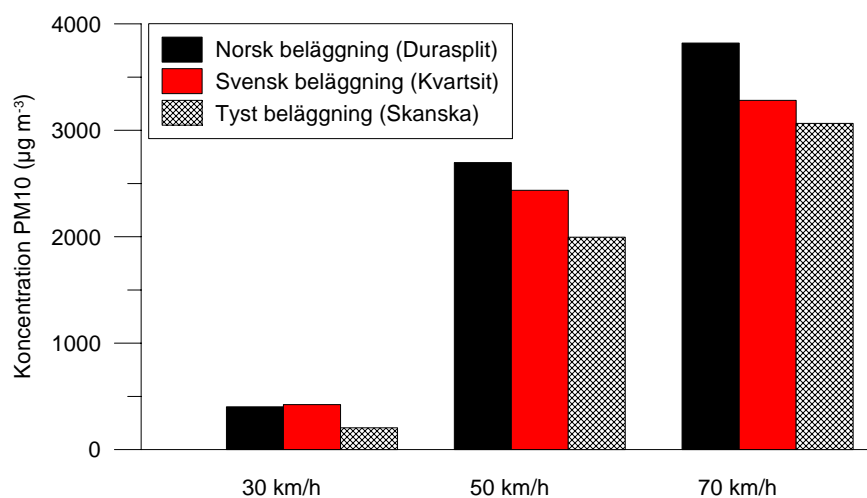
Metoden för mätning av koncentration är avgörande för resultatet. TEOM mäter gravimetriskt som beskrivits ovan, medan DustTrak beräknar masskoncentration efter efter angiven densitet. Densiteten hålls konstant vid alla försök vilket gör att de relativa koncentrationerna kan jämföras. Slitage av beläggning ökar med hastighet liksom halt av suspenderade partiklar.

I Figur 3 jämförs uppmätta halter av PM_{10} från försök med tyst, svensk respektive norsk beläggning (DustTrak). Mätmetoderna vid de tre försöken var identiska. Generellt ger den norska beläggningen upphov till något högre halter av PM_{10} i jämförelse med den svenska. Den tysta beläggningen resulterade i lägst koncentrationer av PM_{10} i jämförelse med de två andra.



Figur 3. Jämförelse av masskoncentration av PM_{10} (DustTrak) mellan norsk beläggning med Durasplitt och svensk beläggning ABS med kvartsit från Dalbo.

Figur 4 visar också skillnaderna mellan tyst, svensk och norsk beläggning. För att kunna jämföra resultaten grundligare presenteras delar av mätserierna i Figur 3. Urvalet gjordes så att all data i tidsintervallet 20–10 minuter innan slutet av 30-, 50- och 70-perioderna togs ut (ca. 10:00, 11:30 samt 13:30). Eftersom medelvärden starkt påverkas av extremvärden presenteras medianvärden.



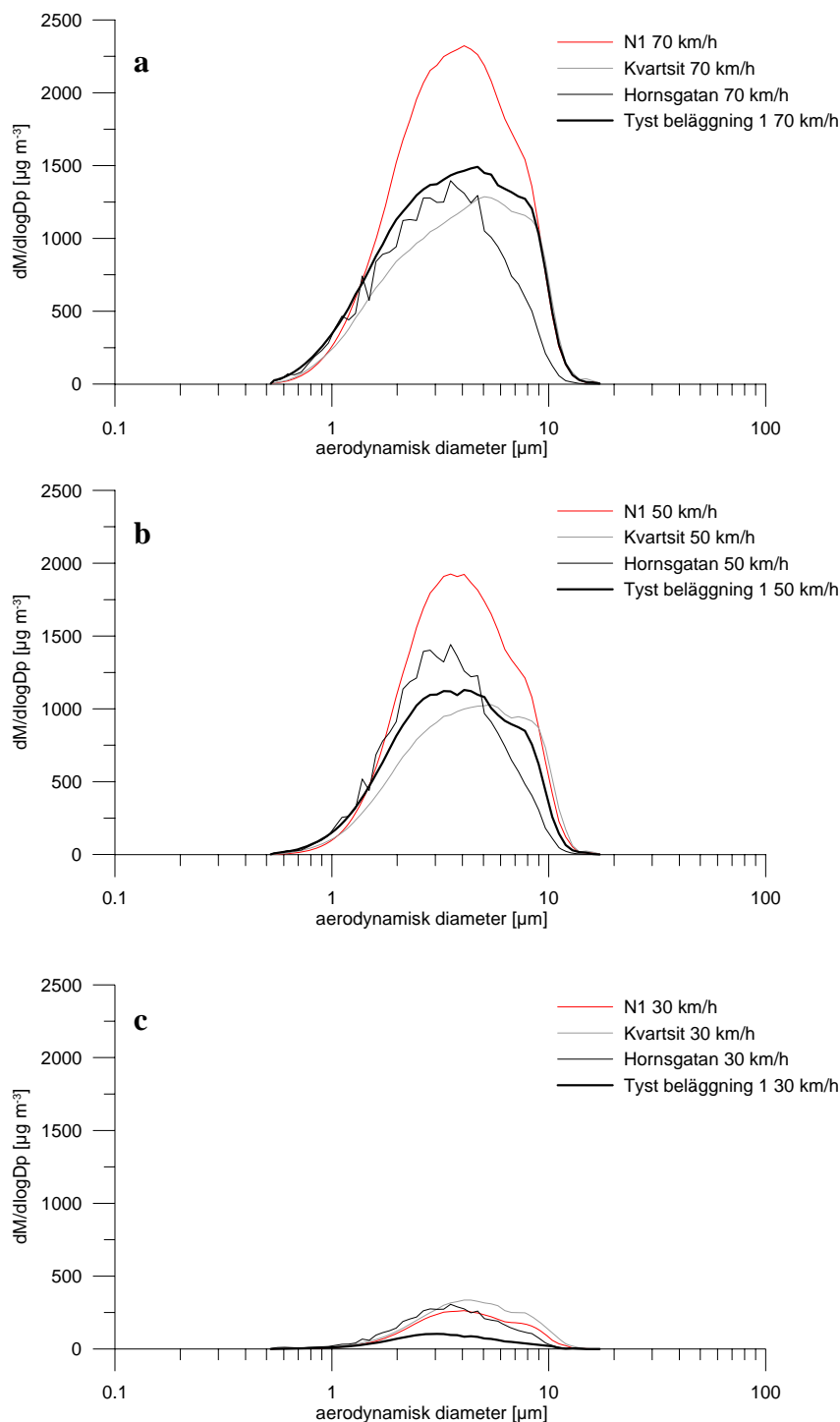
Figur 4. Medianvärden av PM_{10} (DustTrak) under en tiominutersperiod i slutet av perioderna där hastigheterna var 30, 50 respektive 70 km/h.

För samtliga beläggningar ökar uppmätt koncentration av PM_{10} med hastighet. I 30 km/h är koncentrationerna av PM_{10} ungefär lika höga för den svenska och den norska

beläggningen. Den tysta beläggningen gav upphov till avsevärt lägre halt av PM_{10} . I 50 km/h och 70 km/h visar resultaten av den tysta beläggningen 18 % respektive 7 % lägre halter i jämförelse med den svenska beläggningen innehållande kvartsit.

3.1.2 Storleksfördelningar

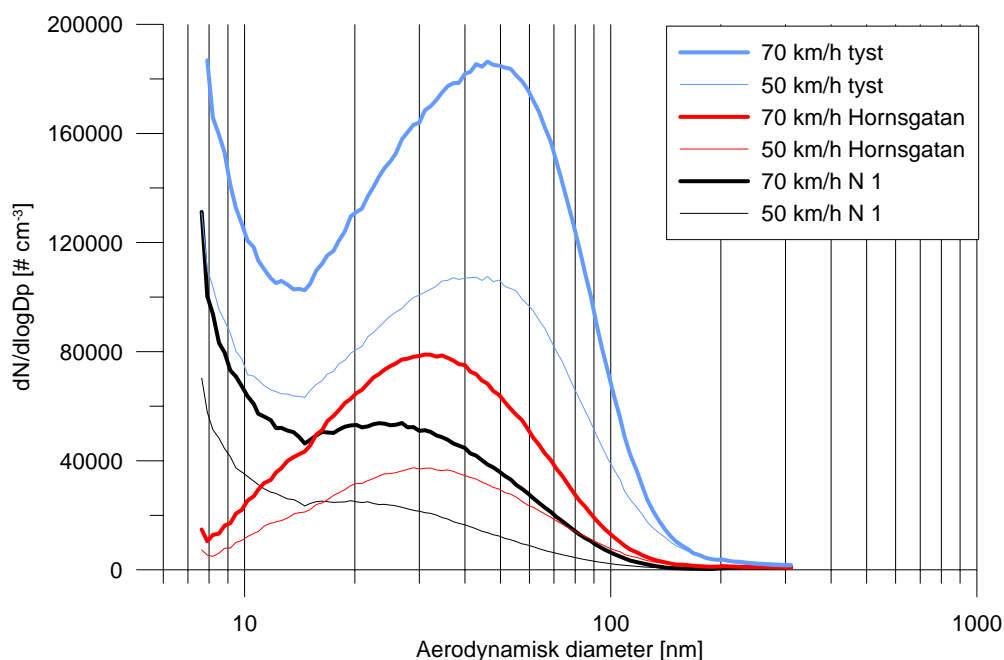
Massfördelningen för de partiklar som utgör massan av PM_{10} presenteras i Figur 5 för hastigheterna a) 70 km/h, b) 50 km/h och c), 30 km/h.



Figur 5. Jämförelse av massfördelningar för PM_{10} från beläggningen i detta försök jämfört med en norsk (N1), två svenska (Kvartsit respektive Hornsgatan) och den tysta beläggningen i a) 70 km/h, b) 50 km/h och c) 30 km/h.

Storleksfördelningarna för norsk beläggning och tyst beläggning är de som mest påminner om varandra, även om den förra ger upphov till högre masskoncentration. I 70 km/h och 50 km/h ligger masskoncentrationstoppen för den tysta beläggningen vid 4-5 μm , för att minska till ca. 3 μm i 30 km/h. Överlag intar den tysta beläggningen ett läge mellan de andra beläggningarna.

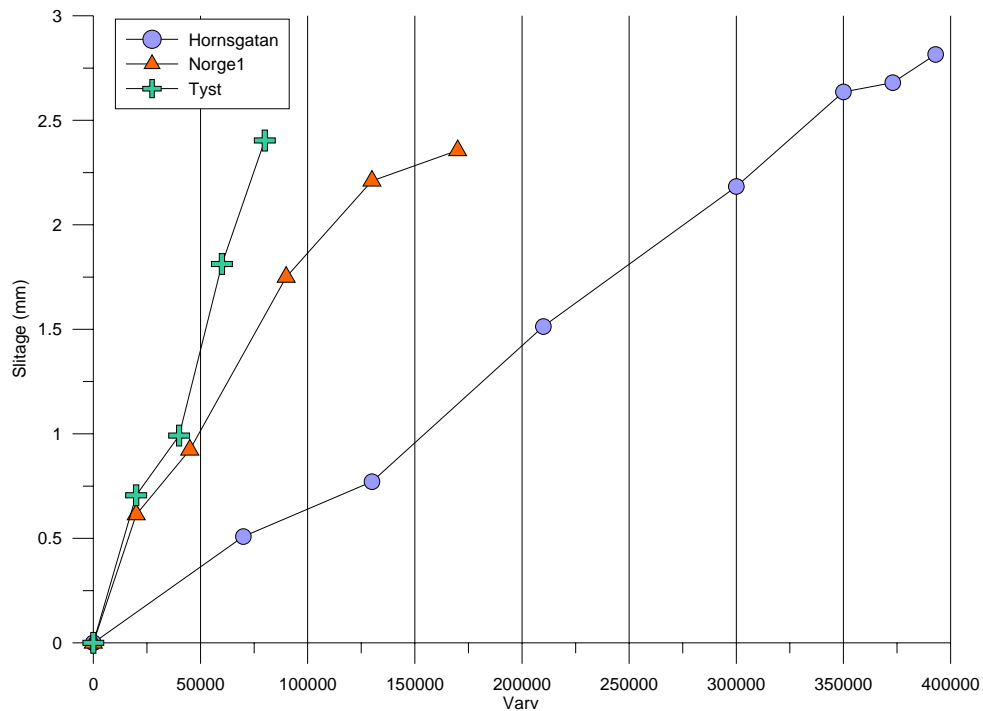
I Figur 6 visas storleksfördelningen för ultrafina partiklar ($< 0,1 \mu\text{m}$; 100 nm) för tyst, svensk och norsk beläggning. I detta fall visas antalskoncentration då massan för dessa ultrafina partiklar är mycket liten. Antalstopparna för respektive beläggning i 50 och 70 km/h finns i spannet mellan 20-50 nm. Den tysta beläggningen ger de grövsta partiklarna i sammanhanget (40-50 nm) och det finns en tendens att antalstoppen går mot grövre fraktioner när hastigheten ökas från 50 till 70 km/h. Beläggningen som återfinns på Hornsgatan har istället antalstoppar vid ca. 30 nm. Den norska beläggningen ger endast svaga toppar. Notera också att den tysta beläggningen ger de högsta antalskoncentrationerna inom aktuellt mätområde.



Figur 6. Massfördelningar för ultrafina partiklar för den tysta, svenska respektive norska (N 1) beläggningen i 70 och 50 km/h.

3.1.3 Slitagemätning

Vid körningar på olika beläggningar sker kontinuerligt mätningar av slitage av respektive beläggning. Mätning sker med laser från en fixpunkt som sveper över hela den cirkulära beläggningssytan där genomsnittlig avnötning efter ett visst antal körda varv fås. Provvägsmaskinens omkrets är 17,4 m vilket innebär att 100 000 varv motsvarar en reslängd på 1740 km. I Figur 7 visas slitage, uttryckt i mm avnött höjd eller mäktighet av beläggningen.



Figur 7. Slitage av tyst, svensk och norsk beläggning efter angivet antal körda varv i provvägsmaskinen. Slitaget uttrycks i mm avnött mäktighet från det att beläggningen var ny.

Av figuren framgår att den tysta beläggningen slits mest. Vid ca. 7500 varv har kvartsitbeläggningen på Hornsgatan slitits ned 0,5 mm, medan den tysta beläggningen nästan slitits 2,5 mm. Om detta ses som representativt slits den tysta beläggningen fem gånger så fort i jämförelse med den svenska beläggningen vid samma belastning. Den norska beläggningen slits även den snabbt i relation till den svenska. Det finns dock anledning att ifrågasätta jämförbarheten mellan slitagemätningar med laser på dränerande beläggning och vanlig beläggning (se nedan).

4 Diskussion och slutsatser

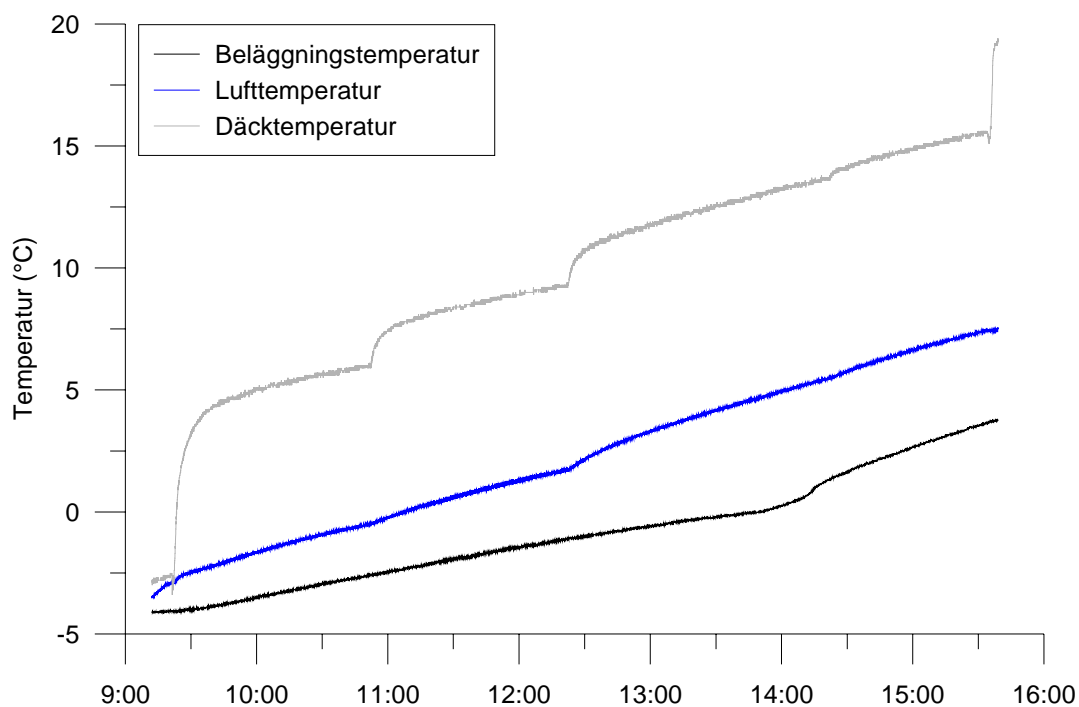
Den tysta beläggningen gav upphov till relativt låga halter av PM_{10} när dubbdäck användes (Figur 2). I relation till den svenska beläggningen (Hornsgatan) uppmättes ca 200 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lägre halter med den tysta beläggningen i 70 respektive 50 km/h. Skillnaden mellan de två beläggningarna minskar med ökande hastighet (Figur 3, 4). Dock var skillnaden mellan storleksfördelningarna (0,5 – 100 μm) relativt liten vilket pekar på att de tre beläggningarna som här jämförs (tyst, svensk, norsk) avger samma typer av partiklar inom detta storeksintervall.

När det gäller de ultrafina partiklarna ($< 0,1 \mu\text{m}$) visades att den tysta beläggningen var den beläggning som gav upphov till flest ultrafina partiklar; antalstoppen för den tysta beläggningen var mer än dubbelt så hög som för den svenska beläggningen i 70 km/h. Vid mätningarna med den norska beläggningen genererades ännu färre ultrafina partiklar. Tilläggas bör att den tysta beläggningen gav upphov till de grövsta partiklarna inom det ultrafina spannet. Då den ultrafina storleksfraktionen bedöms härstamma från däckens och möjligen även kan ha en koppling till däckens ålder och inslitningsgrad, kan inga långtgående slutsatser om beläggningens inverkan på denna partikelfraktion göras. Uppenbart är dock att ultrafina partiklar bildas i större omfattning än för andra provade beläggningar. Det noterades även att däckens var påtagligt slitna efter körningen på den tysta beläggningen, med flera avslagna eller lossade dubbar. Porfyren i den tysta beläggningen är mycket hård och ytan möjligen råare än på en vanlig beläggning. Möjligen påverkar även stensläpp (se nedan) däckens slitage.

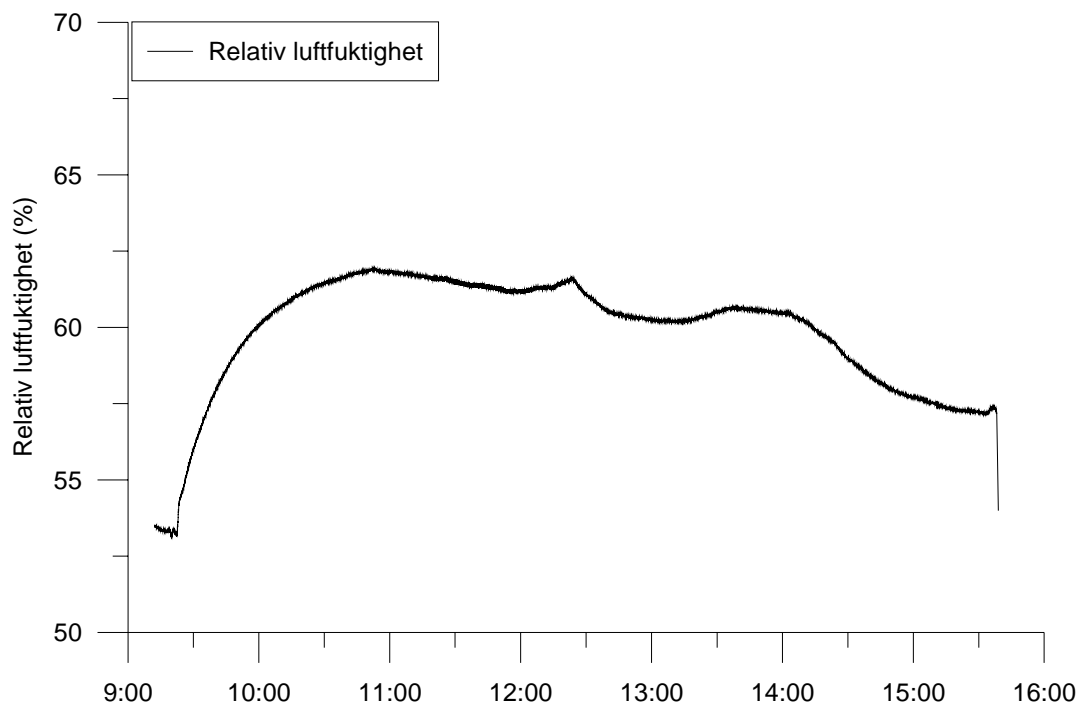
Den tysta beläggningen uppvisade ett slitage som var avsevärt större än den beläggning som bl.a. återfinns på Hornsgatan. Efter samma belastning hade den tysta beläggning slitits fem gånger så mycket som den svenska. Det bör här påpekas att den tysta beläggningens yta till stor del består av håligheter. Detta kan påverka resultatet av hur lasermätningarna utfaller. Dessutom kunde vid mätningarna med den tysta beläggningen en mängd stensläpp observeras. Möjligheten finns att dessa utgjorde huvuddelen av den uppmätta nednötningen, och inte av själva kombinationen av sten- och bindematerial vilket är normalfallet.

5 Appendix

5.1 Temperaturer och luftfuktighet



Figur A1. Förändring i belägnings-, luft och däcktemperatur under försöket med tyst beläggning.



Figur A5. Förändring i relativ luftfuktighet under försöket.