



Driftåtgärder mot PM₁₀ i Stockholm

Utvärdering av vintersäsongen 2015–2016

Mats Gustafsson
Göran Blomqvist
Sara Janhäll
Christer Johansson
Ida Järllskog
Joacim Lundberg
Michael Norman
Sanna Silvergren

Driftåtgärder mot PM₁₀ i Stockholm

Utvärdering av vintersäsongen 2015–2016

Mats Gustafsson

Göran Blomqvist

Sara Janhäll

Christer Johansson

Ida Järskog

Joacim Lundberg

Michael Norman

Sanna Silvergren

Diarienummer: 2011/0515-24

Omslagsbild: Mats Gustafsson, VTI och Mostphotos

Tryck: VTI, Linköping 2017

Referat

Sedan 2011 pågår ett särskilt arbete i Stockholm för att minska PM₁₀-halterna i staden. Insatserna omfattar främst dammbindning med CMA (kalciummagnesiumacetat) och vakuumsugning med en kraftig, torr vakuumsugningsmaskin. Denna rapport sammanfattar effekter på partikelhalter och vägdammsförråd, av de åtgärder som Stockholms stad utfört under säsongen 2015–2016 och diskuterar hur åtgärderna kan ytterligare förbättras. Miljökvalitetsnormen klarades säsongen 2015–2016 för tredje året i rad, men antalet dagar med PM₁₀-halter över miljökvalitetsnormens gränsvärde var högre än föregående säsong, som hade rekordlåg antal överskridanden. Utvärderingen av dagtids dammbindning försvårades av att CMA även lades ut på referensgatan, vilket medförde alltför stora osäkerheter för att kunna göra någon kvantitativ analys av dess effekt denna säsong. Kvartersvis dammbindning och vakuumsugning kunde inte utvärderas på grund av att en byggarbetsplats kontaminerade mätningarna. Dammförrådet på gatorna varierar från några enstaka g/m² till cirka 250 g/m² beroende på gata och årstid och är som högst under vintern (dec–jan). En trend mot lägre dammängder bryts denna säsong på flera gator, vilket möjligen kan bero på jämförelsevis fuktigare gator på våren denna säsong. Analyserna tyder på att dammbindning på våren är viktigt för att hålla PM₁₀-halterna nere, medan dammbindning på hösten och vintern oftare görs ”i onödan” (då halterna sannolikt inte skulle ha överskridit gränsvärdet även utan dammbindning).

Titel: Driftåtgärder mot PM₁₀ i Stockholm. Utvärdering av vintersäsongen 2015–2016

Författare: Mats Gustafsson (VTI)
Göran Blomqvist (VTI)
Sara Janhäll (VTI)
Christer Johansson (ACES Stockholms universitet/SLB-analys)
Ida Järskog (VTI)
Joacim Lundberg (VTI)
Michael Norman (SLB-analys)
Sanna Silvergren (SLB-analys)

Utgivare: VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut
www.vti.se

Serie och nr: VTI rapport 928

Utgivningsår: 2017

VTI:s diarienummer: 2011/0515-24

ISSN: 0347-6030

Projektnamn: Uppföljning av åtgärder mot partiklar i Stockholm

Uppdragsgivare: Trafikkontoret, Stockholms stad

Nyckelord: PM₁₀, miljökvalitetsnorm, partiklar, luftkvalitet, åtgärder, Stockholm, NORTRIP

Språk: Svenska

Antal sidor: 69

Abstract

Since 2011, Stockholm has made special efforts to reduce PM₁₀ levels in the city. The efforts mainly include dust binding with CMA (calcium magnesium acetate) and vacuum suction with a powerful dry vacuum suction machine. This report summarizes effects on particulate matter and road dust storage, as the actions taken by Stockholm City during the 2015–2016 season and discusses how measures can be further improved. The limit value for the environmental quality standard was not exceeded for the 2015–2016 season for the third consecutive year, but the number of days with PM₁₀ levels over the environmental quality standard was higher than in the previous season, which had a record low number of exceedances. The evaluation of daytime dust binding was complicated by the fact that the CMA was also used on the reference street, which caused too much uncertainty to provide quantitative analysis of its effect this season. Block-wise dust binding and vacuuming could not be evaluated due to dust contamination from a construction site. The dust load on the streets varies from a few g/m² to about 250 g/m² depending on the street and season and is highest during the winter (Dec–Jan). A trend towards lower dust loads is broken this season on several streets, which may be due to the damper streets in spring. Analyses made on the connection between dust load, PM₁₀ and impacting factors, as well as a condition-based calculation method suggests that dust binding in spring is important for keeping the levels down, while dust binding in autumn and winter is more often “unnecessary” (the levels would probably not have exceeded the limit value also without dust binding).

Title: Operational measures against PM₁₀ pollution in Stockholm. Evaluation of Winter season 2015–2016

Author: Mats Gustafsson (VTI)
Göran Blomqvist (VTI)
Sara Janhäll (VTI)
Christer Johansson (ACES Stockholms universitet/SLB-analys)
Ida Järleskog (VTI)
Joacim Lundberg (VTI)
Michael Norman (SLB-analys)
Sanna Silvergren (SLB-analys)

Publisher: Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
www.vti.se

Publication No.: VTI rapport 928

Published: 2017

Reg. No., VTI: 2011/0515-24

ISSN: 0347-6030

Project: Street operation measures against PM₁₀ in Stockholm – results from the 2015–2016 winter season

Commissioned by: Traffic office, City of Stockholm

Keywords: PM₁₀, air quality directive, particles, air quality, measures, Stockholm, NORTRIP

Language: Swedish

No. of pages: 69

Förord

Denna rapport har tillkommit som resultat av ett gemensamt uppdrag till VTI och SLB-analys vid Miljöförvaltningen, Stockholms stad, beställt av Peter Ringkrans och Susanne Petterson på Trafikkontoret, Stockholms stad. Rapporten redovisar resultaten av uppföljningen av de åtgärder som vidtogs under 2014–2015 mot höga partikelhalter i Stockholm. Den redovisar även unika data rörande vägdammssystemets dynamik och sammansättning i förhållande till gatudriften.

Författarna vill rikta ett stort tack till Peter Ringkrans och Susanne Petterson, Trafikkontoret, som förutom att ha finansierat projektet även följt arbetet med stort intresse och bidragit med mycket information om gatornas drift och underhåll. Tack också till Mikael Kellinsalmi, medarbetare på PEAB, som ställt upp med tungt skydd under mätningarna och sett till att insatserna loggats och till Emelie Karlsson och Håkan Arvidsson vid VTI för provanalyser. Vidare vill vi tacka alla inblandade fordonsförare på PEAB och Svevia som bidragit med sin erfarenhet, visat intresse och varit hjälpsamma. Slutligen vill vi även tacka Yvonne Andersson-Sköld för genomläsning och värdefulla synpunkter på rapportmanus.

Linköping, juni 2017

Mats Gustafsson
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Extern peer review har genomförts i maj 2017 av Yvonne Andersson-Sköld. Författarna har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus i maj 2017. Forskningschef Mikael Johannesson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 2 juni 2017. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

External peer review was performed in May 2017 by Yvonne Andersson-Sköld. The authors' have made alterations to the final manuscript of the report in May 2017. The research director Mikael Johannesson examined and approved the report for publication on 2 June 2017. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	9
Summary	11
1. Bakgrund	13
2. Meteorologi, trafik och dubbdäcksanvändning.....	15
2.1. Dubbdäcksanvändning	15
3. Utförda åtgärder	17
3.1. Gator	17
3.2. Dammbindning med CMA.....	19
3.3. Vakuumsug	20
3.4. Ordinarie driftåtgärder med inverkan på PM ₁₀ – emissioner	21
3.5. Åtgärdslogg.....	22
4. Metodik för utvärdering.....	26
4.1. Vägdammsförrådet och joner på vägytan	26
4.2. Mätningar av PM ₁₀ - och NO ₂ -halterna under säsongen 2015/2016.....	28
4.3. Mätningar av meteorologiska parametrar	28
4.4. Kemiska analyser av PM ₁₀	29
4.5. Friktion.....	30
5. Resultat.....	31
5.1. Vägdammsförråd och joner på vägytan	31
5.1.1. Variation av DL180 i vägdamm under vintersäsongen 2015–2016.....	31
5.1.2. Variation av DL10 i vägdamm över vintersäsong mellan hjulspår.....	35
5.1.3. Organisk andel i DL180.....	38
5.1.4. Variation av joner på vägytan över mätperioden	38
5.2. Luftkvalitetsmätningar	41
5.2.1. PM ₁₀ -halter.....	41
5.2.2. NO ₂ -halter	44
5.2.3. Jämförelse mot miljökvalitetsnormen för PM ₁₀	45
5.2.4. Kemiska analyser av PM ₁₀	46
5.3. Åtgärdernas effekt på vägytans fuktighet	48
5.4. Åtgärdernas effekter på PM ₁₀ -halterna	50
5.4.1. Trafikmängd och antal fordon med dubbdäck	50
5.4.2. Utvärdering av dammbindning dagtid	50
5.4.3. Utvärdering av kvartersvis dammbindning och vakuumsugning.....	53
5.4.4. Utvärdering av PM ₁₀ -halterna med hjälp av Nortrip-modellen	53
5.4.5. Optimering av dammbindningen	54
5.5. Friktion.....	59
5.5.1. Friktion uppmätt med Portable friction tester (PFT)	59
6. Diskussion	62
7. Slutsatser	66
8. FoU-behov	68
Referenser	69

Sammanfattning

Driftåtgärder mot PM₁₀ i Stockholm. Utvärdering av vintersäsongen 2015–2016

av Mats Gustafsson (VTI), Göran Blomqvist (VTI), Sara Janhäll (VTI), Christer Johansson (SLB-analys och Stockholms universitet), Ida Järleskog (VTI), Joacim Lundberg (VTI), Michael Norman (SLB-analys) och Sanna Silvergren (SLB-analys)

Sedan 2011 pågår ett särskilt arbete i Stockholm för att minska PM₁₀-halterna i staden. Insatserna omfattar främst dammbindning med CMA (kalciummagnesiumacetat) och vakuumsugning med en kraftig, torr vakuumsugningsmaskin. Arbetet har successivt förändrats baserat på den uppföljning som görs efter varje vinter-/vårsäsong. Denna rapport sammanfattar effekter på partikelhalter och vägdammsförråd, av de åtgärder som Stockholms stad utfört under vinter-/vårsäsongen 2015–2016 och diskuterar hur åtgärderna kan ytterligare förbättras. Miljökvalitetsnormen klarades säsongen 2015–2016 för tredje året i rad, men antalet dagar med PM₁₀-halter över miljökvalitetsnormens gränsvärde var högre än föregående säsong, som hade rekordlåg antal överskridanden. Förändringen från föregående säsong är främst färre CMA-utläggningar och betydligt fler vakuumsugningstillfällen. Gatorna var också något torrare på vintern och något fuktigare på våren.

Under säsongen provades att komplettera den utläggningen av CMA nattetid med dagtids-utläggningar och även att dammbinda och vakuumsuga hela kvarter runt en mätplats. Utvärderingen av dagtids-dammbindning försvårades av att CMA även lades ut på referensgatan, vilket medförde alltför stora osäkerheter för att det skulle vara möjligt att göra en kvantitativ analys av dess effekt denna säsong. De kvartersvisa åtgärderna kunde inte utvärderas på grund av att en byggarbetsplats kontaminerade mätningarna. Dammförrådet på gatorna varierar från några enstaka gram per kvadratmeter till cirka 250 beroende på gata och årstid och är som högst under vintern (dec-jan). En trend mot lägre dammängder bryts denna säsong på flera gator, vilket möjligen kan bero på de, jämfört med föregående år, fuktigare gatorna på våren.

Andelen av vägdammet (DL180) som är mindre än 10 µm är som högst i december-januari med cirka 20–25 procent. Modellering med NORTRIP-modellen visade att cirka 50 procent av skillnaden i PM₁₀ mellan 2015 och 2016 kunde förklaras med skillnader i meteorologi, medan cirka 40 procent av skillnaden berodde på skillnader i gatudriften. Ett resonemang kring kopplingen mellan dammförrådet, PM₁₀ och påverkansfaktorer och en villkorsbaserad beräkningsmetodik tyder på att dammbindning på våren är viktigt för att hålla halterna nere, medan dammbindning på hösten och vintern oftare görs ”i onödan” (då halterna sannolikt inte skulle ha överskridit gränsvärdet även utan dammbindning). Möjligen skulle en prognosstyrd dammbindning kunna ge bättre precision för att optimera dammbindningen. Vid 4 procent av de tillfällen då endast vakuumsug användes överskreds normen. Insatser behövs fortsatt för att bättre förstå dammförrådets dynamik och koppling till direktmission, halter av PM₁₀ och hur olika åtgärder fungerar under olika meteorologiska faser av säsongen.

Summary

Operational measures against PM₁₀ pollution in Stockholm. Evaluation of winter season 2015–2016

by Mats Gustafsson (VTI), Göran Blomqvist (VTI), Sara Janhäll (VTI), Christer Johansson (SLB-analys och Stockholms universitet), Ida Järleskog (VTI), Joacim Lundberg (VTI), Michael Norman (SLB-analys) and Sanna Silvergren (SLB-analys)

Since 2011 a special work in Stockholm has been ongoing to reduce PM₁₀ levels in the city. The efforts mainly include dust binding with CMA (calcium magnesium acetate) and vacuum suction with a powerful dry vacuum suction machine. Work has gradually changed based on the follow-up made after each winter/spring season. This report summarizes effects on particulate matter and road dust storage, as the actions taken by Stockholm City during the 2015–2016 season and discusses how measures can be further improved. The limit value for the environmental quality standard was not exceeded for the 2015–2016 season for the third consecutive year, but the number of days with PM₁₀ levels over the environmental quality standard was higher than in the previous season, which had a record low number of exceedances. The change in road operation from the previous season is mainly fewer CMA treatments and significantly more vacuum suction events. The streets were also drier in the winter and somewhat damper in the spring.

During the season, it was tested to complement the night-time CMA exposition with day-time treatments and also to dust bind and vacuum a number of blocks around an air quality measurement site. The evaluation of daytime dust binding was complicated by the fact that the CMA was also used on the reference street, which caused too much uncertainties to provide quantitative analysis of its effect this season. Block-wise dust binding and vacuuming could not be evaluated due to dust contamination from a construction site. The dust load on the streets varies from a few g/m² to about 250 g/m² depending on the street and season and is highest during the winter (Dec-Jan). A trend towards lower dust loads is broken this season on several streets, which may be due to the damper streets in spring.

The proportion of the road dust (DL180) smaller than 10 µm is highest in December-January by about 20–25 percent. Modeling with the Nortrip model showed that about 50 percent of the difference in PM₁₀ between 2015 and 2016 could be explained by meteorological differences, while about 40 percent of the difference was due to differences in street operation. A reasoning about the connection between the dust load, PM₁₀ and impacting factors, and a condition-based calculation method suggests that dust binding in spring is important for keeping the levels down, while dust binding in autumn and winter is more often “unnecessary” (the levels would probably not have exceeded the limit value also without dust binding). Possibly, a forecast controlled dust binding could provide better precision for optimization. At 4 percent of the occasions when only vacuum suction was used, the limit value was exceeded. Efforts are still needed to better understand the dynamics of the dust load and the connection to direct emission, PM₁₀ and how different road operation actions work during different meteorological phases of the season.

1. Bakgrund

Denna rapport är den femte i en serie av rapporter där Stockholms stads åtgärder mot PM₁₀ från vägdamm följs upp och studeras med avsikten att bedöma effekterna av driftåtgärder på vägdammförråd och PM₁₀-halter och för att kunna föreslå vidare förbättringar av driftmetoder och driftstrategier. Problembilden kring PM₁₀ har beskrivits i de tidigare rapporterna (Gustafsson m. fl., 2012, Gustafsson m. fl., 2014, Gustafsson m. fl., 2015, Gustafsson m. fl., 2016).

Driftåtgärder mot partikelföroreningar utvärderades under de första åren genom att extra åtgärder på Hornsgatan och Sveavägen jämfördes med effekt av normal drift på referensgatorna Folkungagatan och Norrlandsgatan vars PM₁₀-nivåer väl följer de på försöksgatorna. Förutom dubbdäcksförbudet på Hornsgatan testades främst dammbindning med kalciummagnesiumacetat (CMA), men även utökad och förbättrad städning och spolning. Resultaten från första säsongen av dessa försök (2011–2012) avrapporterades i Gustafsson m.fl. (2012). Där framgick att antalet överskridanden av PM₁₀ på båda gatorna var betydligt färre än på referensgatorna under den behandlade perioden. Dock var det endast dammbindning som hade en signifikant effekt, medan varken städningen eller spolningen medförde någon tydlig sänkning av PM₁₀-halterna. Åtgärderna bidrog till att man i Stockholm klarade normens gränsvärde under 2012. Det gynnsamma vädret var en viktig förutsättning som bidrog till detta resultat. Även vägdammförrådet studerades under säsongen och man kunde konstatera att detta byggdes upp under vintersäsongen på försöksgatorna med maximum i mars, då dammbindningsinsatserna var som intensivast. Ett tydligt samband mellan vägytornas makrotextur och mängden vägdamm kunde också konstateras, där grövre textur resulterade i större mängd damm. Jonmängderna på vägytorna avspeglade väl jonerna i salt (NaCl) och CMA och kunde relateras till saltning och dammbindningsinsatser.

Under säsongen 2012–2013 utvidgades försöken till Fleminggatan och ytterligare en mätstation på Sveavägen upprättades. Efter de förhållandevis blygsamma resultaten av städinsatserna under föregående säsong, beslutades det att även prova en modernare städmaskin som endast jobbar med starkt vakuum och borstar. Denna maskin har i tidigare tester visat sig kunna ge en viss effekt på PM₁₀-halterna (Gustafsson m. fl., 2011). Såväl dammbindnings-, som städinsatserna ökade i antal (Gustafsson m. fl., 2014).

Under säsongen 2013–2014 utvidgades de tidigare försöken på 4–6 gator till att omfatta 35 gator i Stockholm som behandlades med såväl dammbindning som städning med modern vakuumsug (Gustafsson m. fl., 2015). Då möjligheten till obehandlade referensgator försvann, utfördes några specialförsök på Sveavägens två mätstationer, där kvartersvis dammbindning med CMA och dammbindning med CMA blandat med kaliumformiat testades. Miljö kvalitetsnormen klarades med bred marginal även denna säsong, vilket delvis bedömdes vara en effekt av de intensifierade åtgärderna. Vintern var dock ovanligt mild och snöfattig och bidrog sannolikt till mindre ansamling av vägdamm i snö och fukt på gatorna än vanligt vilket kan ha resulterat i lägre partikelhalter. Under de torra perioderna har dessutom frekvent dammbindning dämpat halterna. Den vanligtvis kraftiga PM₁₀-toppen på våren uteblev därför i stort sett helt. Den kvartersvisa behandlingen visade sig ge ytterligare inverkan på PM₁₀-halterna, om än inte signifikant, medan en blandning av CMA och kaliumformiat (COKH₂, här kallad KF) inte kunde visas ha någon extra effekt.

I rapporten används ett antal begrepp kopplade till damning. Dessa förklaras i Tabell 1.

Tabell 1. Några definitioner angående damning.

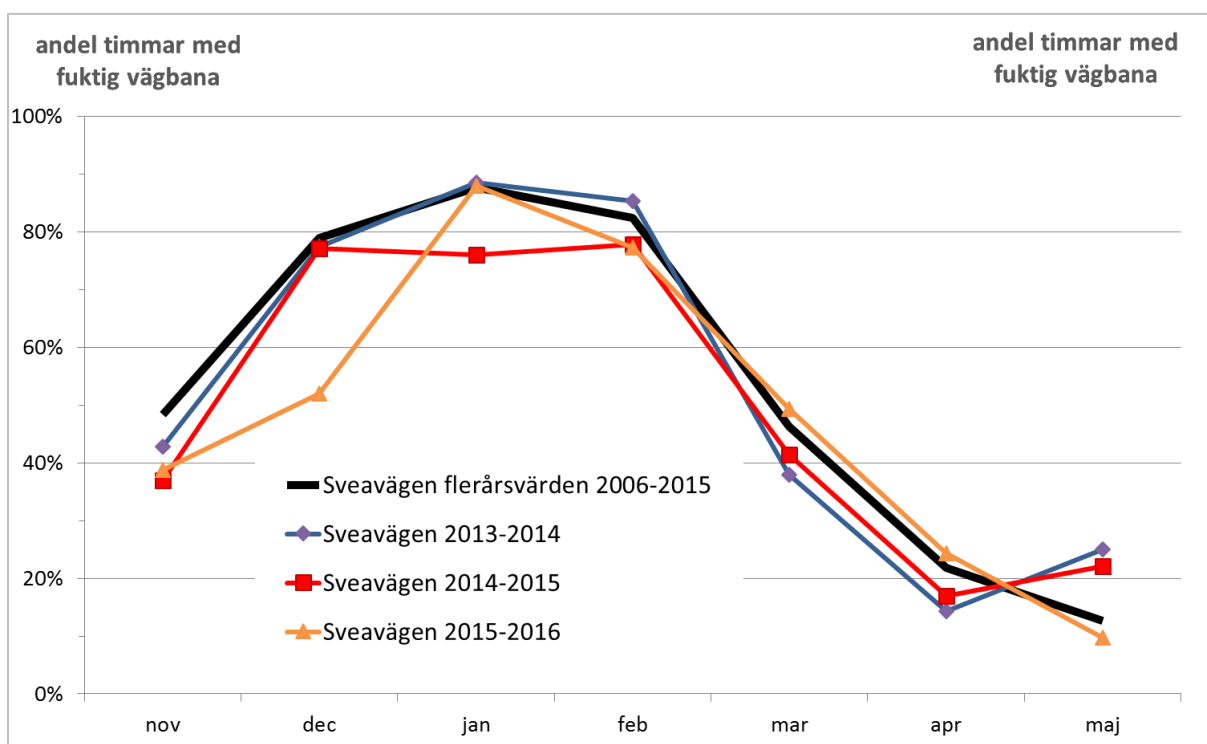
Begrepp	Definition
<i>Vägdamm</i>	Uppvirvlingsbart damm ansamlat på vägytan.
<i>Dammförråd</i>	Mängden damm som finns på, till exempel, en vägyta.
<i>DL180</i>	Mängden damm mindre än 180 µm per m ² vägyta (se avsnitt 4.1)
<i>DL10</i>	Mängden damm mindre än 10 µm per m ² vägyta (se avsnitt 4.1)
<i>Damning</i>	Den process som leder till uppvirvling av partiklar till luften. Kan också gälla flödet av damm från dammförrådet till luften = dammemission.
<i>Damningspotential</i>	Den mängd damm som finns tillgängligt i dammförrådet för damning (påverkas av dammets damningsbenägenhet).
<i>Damningsbenägenhet</i>	Hur lättillgängligt dammet i dammförrådet är för damning.

2. Meteorologi, trafik och dubbdäcksanvändning

Under 2014–2015 upprepades utvärderingen av CMA+KF och kvartervalsvis CMA-behandling då det bedömdes att mer underlag behövdes för att säkerställa eventuella effekter. Under säsongen uppmättes de lägsta PM₁₀-halterna sedan mätningarna startade i Stockholm, vilket delvis bedöms vara en effekt av de intensifierade åtgärderna. Den kvartervalsvisa behandlingen visade sig sänka PM₁₀-halterna (dock ej signifikant), medan CMA+KF inte heller denna säsong kunde visas ha någon effekt. Vägdamm-mängderna har sjunkit på de flesta gatorna under de fyra tidigare säsonger som mätningar utförts. Utvärderingen den femte säsongen som föreliggande rapport avser (2015–2016) har omfattat extra utläggning av CMA dagtid och kvartervalsvis vakuumsugning och dammbindning.

Vädret, det vill säga de meteorologiska förhållandena, har en stark påverkan på luftförorenings-halterna. Den allra största delen av det lokala bidraget av PM₁₀ på gatorna i Stockholm kommer från vägdamm. Vägdamm stannar på vägytan så länge den är fuktig eller snötäckt. Om det är fuktigt under längre perioder så ackumuleras en stor mängd vägdamm på eller i anslutning till körbanan. Detta vägdamm virvlar sedan upp till luften när vägytan torkar upp. Vägytans fuktighet är därför den viktigaste faktorn för PM₁₀-halterna under vintern och våren.

Vägytans fuktighet under säsongen 2015–2016 på Sveavägen visas i Figur 1 och jämförs där med de tidigare säsonger. Den största skillnaden är att december månad var torrare än tidigare säsongerna. Februari var dessutom lite torrare än genomsnittet vilket är en del av förklaringen till de högre PM₁₀-halterna under denna säsong (se kapitel 5.2). Däremot var både mars och april sammantaget något fuktigare än de senaste säsongerna.

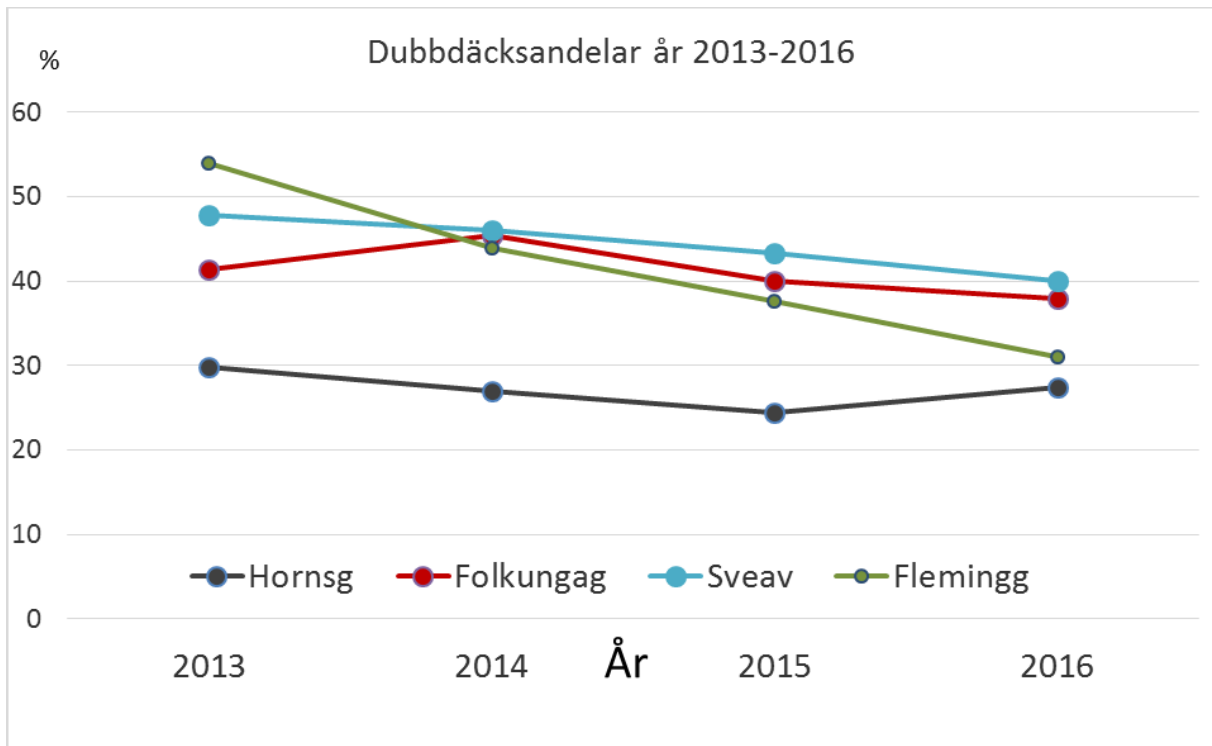


Figur 1. Andelen av tiden med fuktig vägbana på Sveavägen under mätperioden.

2.1. Dubbdäcksanvändning

Under vintersäsongen räknas dubbdäcksandelen varannan vecka om väglaget tillåter (går inte vid snö, slask, is eller för mycket väta). I Figur 2 visas de genomsnittliga dubbdäckandelarna under januari till mars på innerstadsgatorna i Stockholm. Under vintern var andel dubbdäck ca 27 % på Hornsgatan där

dubbdäcksförbudet gäller, vilket är en liten uppgång jämfört med tidigare år. På Sveavägen och Folkungagatan var andelen dubbdäck cirka 40 % under vintern vilket visar på en fortsättning av den nedåtgående trenden. Mera detaljer om dubbdäckanvändningen under säsongen finns i Brydolf m.fl. (2016). På Fleminggatan och Kungsgatan infördes ett dubbdäcksförbud från den 1 januari 2016. Det är förklaringen till den förhållandevis kraftiga nedåtgången från nästan 40 % till 30 % mellan 2015 och 2016. Utvärdering av dubbdäckförbudet presenteras i Norman (2016).

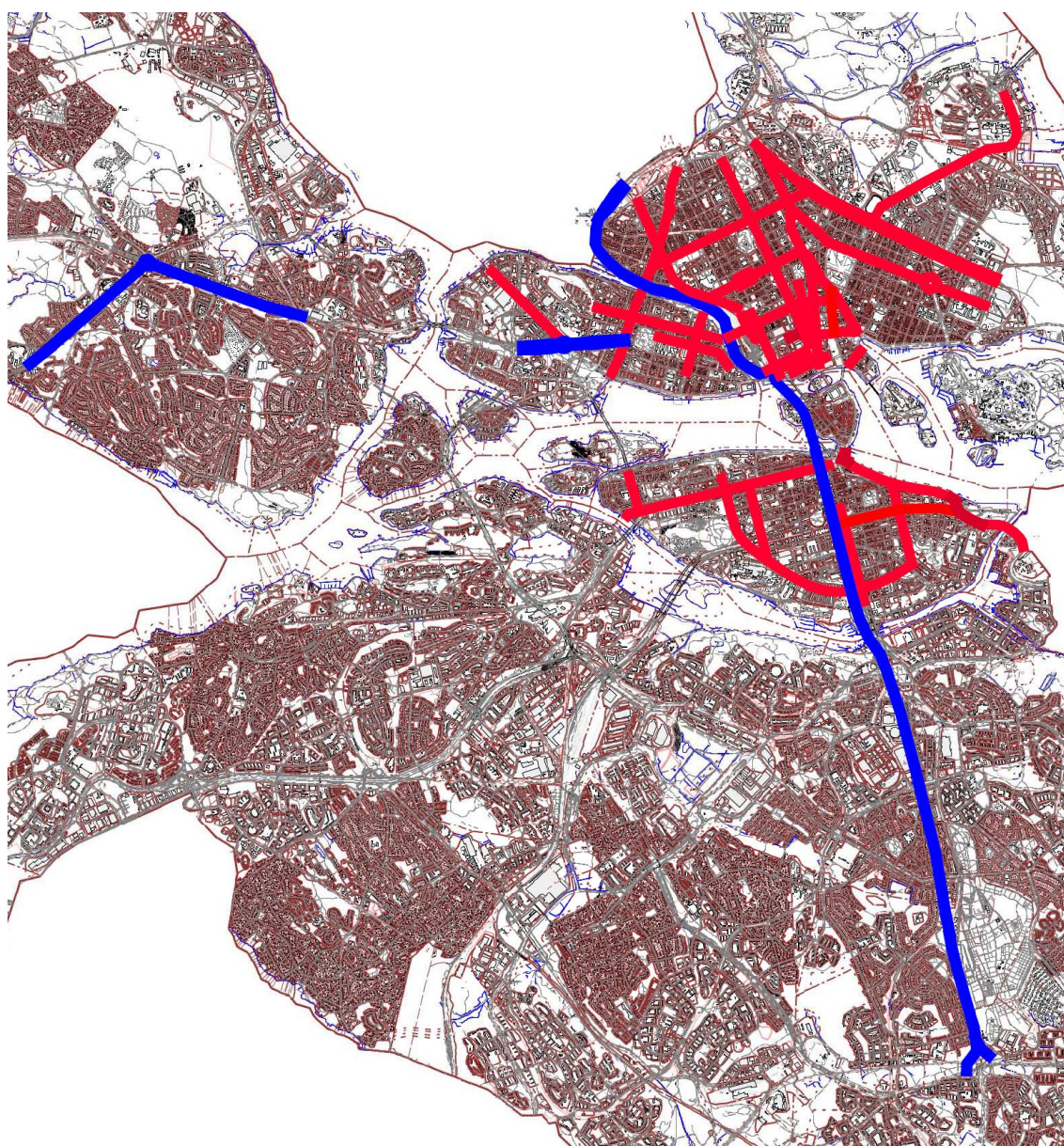


Figur 2. Den genomsnittliga procentandelen av lätta fordon med dubbdäck under januari –mars.

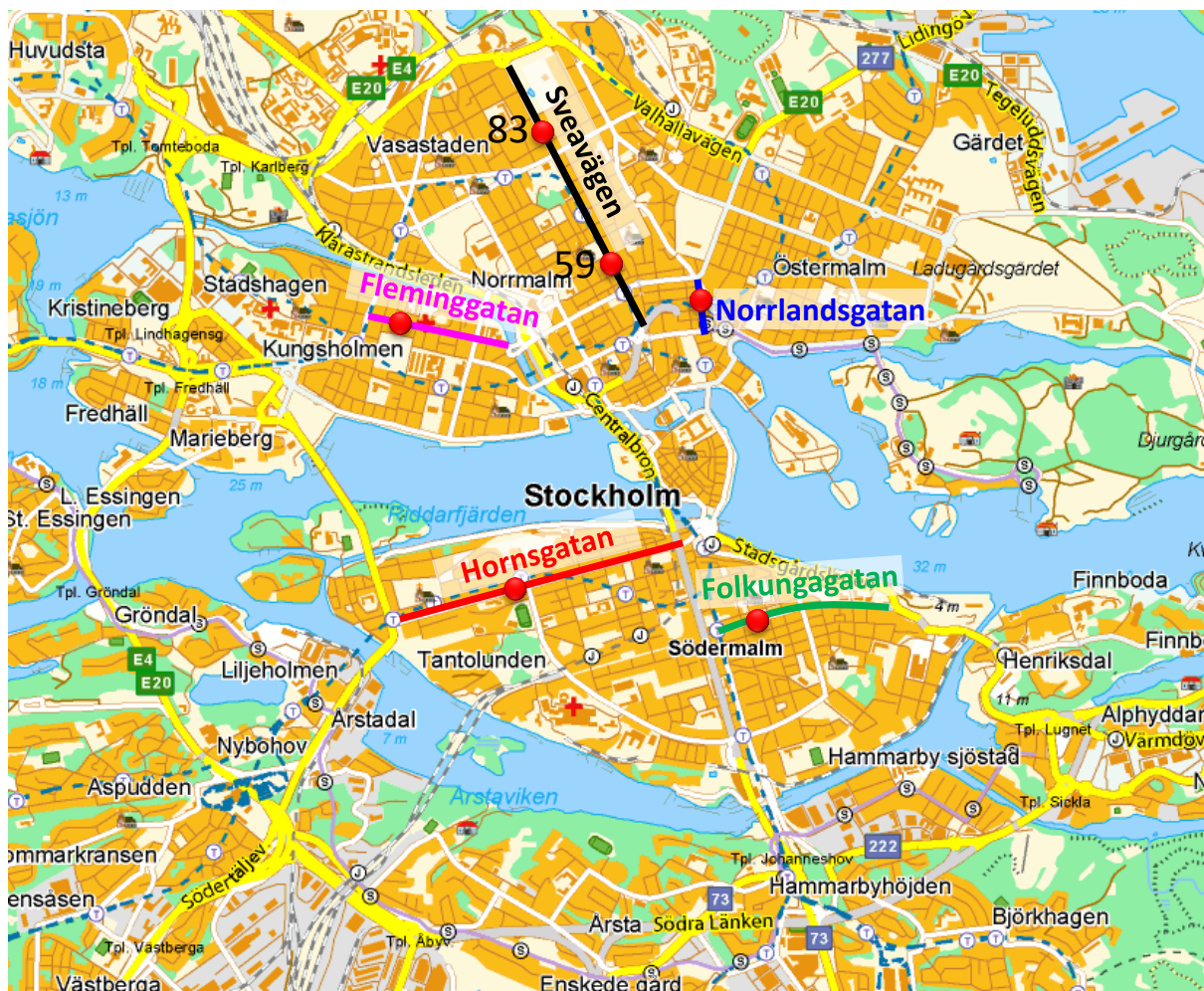
3. Utförda åtgärder

3.1. Gator

Liksom under föregående två säsonger, utfördes dammbindning under 2015–2016 på 35 gator i Stockholm (Figur 3). Detta då åtgärden visat sig effektiv och staden är ålagd att sänka partikelhalterna. Då inga egentliga referensgator finns längre (se Gustafsson m fl. (2015)), användes Sveavägen 59 och 83 för utvärderingar av vissa skillnader i gatudriften. Denna säsong utvidgades testet med kvartersvis behandling med CMA till att även omfatta städning med vakuumsug, och att dammbinda med CMA en extra gång under dagtid. Parallellt provades även detta år att använda sopsaltning för halkbekämpning på cykelbanor längs Sveavägen och på Hornsgatan, vilket ger möjlighet att även studera om en minskad sandanvändning på cykelbanor kan minska vägdammsmängder och partikelhalter i gatumiljön. Behandlingarna av de olika gatorna visas i Tabell 1. Hornsgatan har, sedan 2010, dubbdäcksförbud.



Figur 3. Innerstadsgator (röda) och trafikleder (blå) som dammbinds med CMA av Stockholms stad (Källa: Trafikkontoret, Stockholms stad).



Figur 4. Gatorna och mätplatserna för luftkvalitet och vägdammsundersökningar (röda ringar) i centrala Stockholm som ingår i studien under 2015–2016 (Karta från Eniro.se).

Tabell 2. Åtgärdsplan för försöks- och referensgator.

Gata	CMA	Vakuumsug	Kvartersvis CMA+ vakuumsug	Extra CMA på dagtid	Endast salt på g/c- banor
Hornsgatan	okt-apr	okt-apr			X
Folkungagatan	okt-apr	okt-apr			
Fleminggatan	okt-apr	okt-apr			
Sveavägen 59	okt-apr	okt-apr	april		X
Sveavägen 83	okt-apr	okt-apr		mars	X
Norrlandsgatan	okt-apr	okt-apr			
Övriga 29 gator	okt-apr	okt-apr			

* lägre städfrekvens

Beläggningarna på gatorna skiljer sig åt i fråga om skick, konstruktion och material. Även på en och samma gata förekommer oftast flera olika beläggningar. Följande information har kunnat inhämtas från Trafikkontoret i Stockholm.

Hornsgatan har, på kvarteret med mätstationen, en ABS 16 med kvartsit från Dalbo och bindemedel 50/70¹. Troligen har Folkungagatan en ABT 16 med B70/100. Sveavägen har från Sveaplan till Surbrunnsgatan en ABS 16 med Leptit. Norrlandsgatan har en ABT 11 med B70/100. Beläggningarna på Hornsgatan och Folkungagatan är i sämre skick, med mer sprickor och stensläpp jämfört med övriga gator. Odengatans beläggningstyp är ABS 16 med kvartsit och bitumen B70/100. Generellt är skillnaderna i slitagebenägenhet små för de identifierade asfaltstyperna, som i princip har samma konstruktioner, men med olika typer av slitstarkt stenmaterial.

Beläggningssytor i så oskadat skick som möjligt och så nära mätstationerna som möjligt har använts för provtagning. Detta för att undvika att skillnader i dammförråd mellan gatorna påverkas av mycket lokala skador med höga dammansamlingar. Mätningarna på vägytan på Hornsgatan har genomförts cirka 100 m väster om mätplatsen, nära gatans högsta punkt. På Folkungagatan har mätningen genomförts cirka 50 m väster om mätstationen. På Odengatan, Sveavägen och Norrlandsgatan är beläggningarna i bättre skick och mätningarna görs i anslutning till mätstationer för luftkvalitet.

3.2. Dammbindning med CMA

För dammbindning användes 25-procentig (Gustafsson m. fl., 2014, Gustafsson m. fl., 2015, Gustafsson m. fl., 2016, Gustafsson m. fl., 2012) CMA (Nordisk Aluminat AS), som spreds i körfälten med tallriksspridare. Dosen som användes var 10 g lösning/m² väg. Spridningen utfördes nattetid mellan oktober och april (se Figur 7). I april avslutades behandlingen för att minimera risk för eventuell halka för till exempel motorcyklar.

Liksom föregående säsong provades kvartersvis dammbindning på Sveavägen 59 under april 2015. Kvarteren runt mätstationen på Sveavägen 59 behandlades med CMA istället för bara på Sveavägen (se Figur 5). Försöket bygger på antagandet att damm som emitteras från gatorna som ansluter till Sveavägen bidrar till PM₁₀-halterna och att man därigenom borde kunna sänka halterna genom att dammbinda i ett större vägnät runt mätstationen. Resultaten från föregående säsong tyder på en positiv effekt av åtgärden.

Under mars provades även att dammbinda sträckan vid Sveavägen 83 med en blandning av CMA och kaliumformiat (50/50). Denna blandning har i EU-projektet CMA+ visat sig kunna öka den dammbindande effektens varaktighet, vilket skulle minska behovet av dammbindningsinsatser och sänka kostnaderna. Försöken föregående säsong var otillräckliga för att en bedömning av effekten på PM₁₀ skulle kunna göras.

¹ Bindemedel 50/70 innebär ett hårt bindemedel (bitumen), medan 70/100 är en mjukare variant.



Figur 5. Gatunätet kring Sveavägen 83, som behandlades under den kvartersvisa dammbindningen under april 2015 (Karta från Eniro.se).

3.3. Vakuumsug

För särskilda städinsatser på mätgatorna och i mån av tid även på övriga 31 CMA-behandlade gator användes en vakuumsugmaskin från Disab Tella (Figur 6). Maskinen är speciell på det vis att den inte använder vatten utan endast kraftigt vakuum och borstar för att komma åt vid väggkant. Detta gör att maskinen kan användas även under den kalla perioden utan risk för att halka uppstår.



Figur 6. Vakuumsug från Disab Tella. (Foto: Mats Gustafsson, VTI).

3.4. Ordinarie driftåtgärder med inverkan på PM₁₀ – emissioner

Förutom de extra insatserna mot PM₁₀ påverkar gatornas ordinarie drift partikelemissionerna. Saltning med natriumklorid har utförts vid åtskilliga tillfällen under försöksperioden. Saltet kan vara en källa till damm under torra perioder, men salt kan även i viss mån fungera dammbindande eftersom en is- och snöfri vägyta håller sig fuktig längre tid då salt finns på den. En fuktig vägyta slits mer av trafiken och kan därmed ge upphov till högre partikelemissioner då vägen torkar upp. Observera dock att syftet med saltanvändning är att få gatan is- och snöfri och därmed också torr så fort som möjligt.

Samtliga gator städas flera gånger i veckan med standardutrustade städmaskiner. Dessa tar bort material som, genom trafikens nedmalning, kan bidra till damningen, men är generellt ineffektiva för att suga upp så små partiklar som PM₁₀. De kan även tillfälligt bidra till höga partikelhalter då borstarna virvlar upp damm.

På Hornsgatan och Sveavägen provades sopsaltning av cykelbanor denna säsong. Gångbanorna på Hornsgatan och Sveavägen, liksom gång- och cykelbanor på övriga gator halkbekämpas normalt med kross blandat med återvunnen vintersand (50/50). Materialet är torrsiktat och i fraktionen 3–8 mm. Trots att materialet inte används direkt på gatorna, transporteras det på grund av nederbörd, trafik och gatudrift ner på dessa och kan bidra till partikelemissionerna.

3.5. Åtgärdslogg

För projektet användes en åtgärdslogg i form av ett kalkylblad i Google documents (Tabell 3).

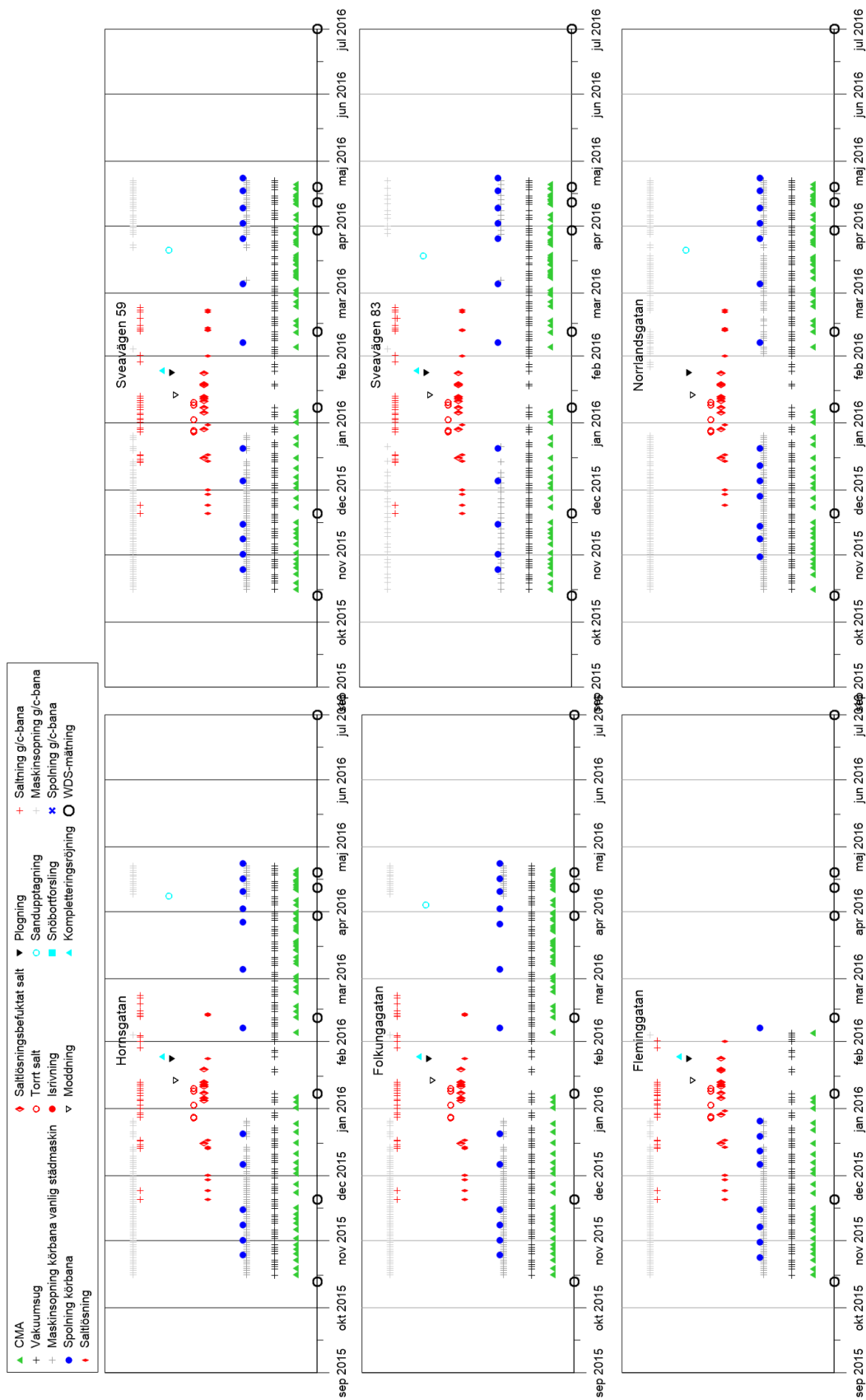
Tabell 3. Loggade åtgärder på försöks- och referensgatorna.

Extra åtgärder mot PM10	KOD
Mätning VTI	0
Dammbindning med CMA	1
Maskinsopning körbana Vakuumsug	2
Ordinarie åtgärder	
STÄDNING OCH SPOLNING KÖRBANA	
Maskinsopning körbana Bredsug eller vanlig städmaskin	20
Spolning körbana	21
HALKBEKÄMPNING KÖRBANA	
Saltlösning	31
Saltlösningsbefuktat salt	32
Saltlösningsbefuktad sand	33
Sand/flis	34
Torrt salt	35
Isrivning	36
ÖVRIGA VINTERÅTGÄRDER KÖRBANA	
Moddning	40
Plogning	41
Sandupptagning	42
Snöbortforsling	43
Kompletteringsröjning	44
GÅNG- OCH CYKELBANA	
Saltning av gång- och cykelbana	50
Sandning av gång- och cykelbana	51
Maskinsopning gång- och cykelbana	52
Spolning gång- och cykelbana	53

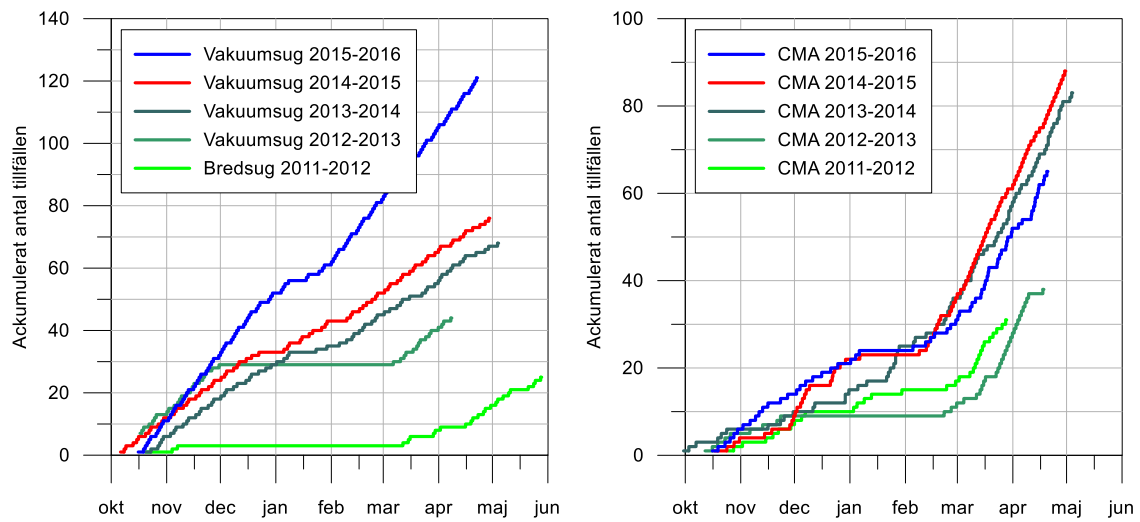
I detta fylldes typ av åtgärd i samt under vilken tidsperiod åtgärderna pågick (Tabell 4). Loggen fylldes i från och med oktober 2015 till och med maj 2016. I Figur 7 visas hur åtgärderna fördelar sig över tid på de sex mätstationerna. Data från våren på Fleminggatan saknas. I Figur 8 visas ackumulerade dammbindningar och vakuumsugningar på Hornsgatan för de senaste 5 säsongerna. Säsongen 2015–2016 utmärker sig genom att avsevärt fler vakuumsugningar genomförts, medan dammbindningarna varit färre än föregående två säsonger.

Tabell 4. Antal och typ av åtgärd på mät- och referensgator under 2015-10-15 till 2016-04-23.

	Horns- gatan	Svea- vägen 83	Svea- vägen 59	Fleming- gatan	Norrlands- gatan	Folkunga- gatan
EXTRA ÅTGÄRDER MOT PM₁₀						
Dammbindning med CMA	65	70	70	25	65	66
Maskinsopning körbana Vakuumsug	121	120	120	66	121	121
ORDINARIE ÅTGÄRDER						
Städning och spolning körbana						
Maskinsopning körbana Bredsug eller vanlig städmaskin	80	39	93	65	134	80
Spolning körbana	13	12	13	9	15	13
Halkbekämpning körbana						
Saltlösning	10	12	13	8	12	10
Saltlösningsbefuktat salt	8	10	10	10	10	8
Saltlösningsbefuktad sand	0	0	0	0	0	0
Sand/flis	0	0	0	0	0	0
Torrt salt	5	5	5	5	5	5
Isrivning	0	0	0	0	0	0
Övriga vinteråtgärder körbana						
Moddning	1	1	1	1	1	1
Plogning	1	1	1	1	1	1
Sandupptagning	1	1	1	0	1	1
Snöbortforsling	0	0	0	0	0	0
Kompletteringsröjning	1	1	1	1	1	1
Gång- och cykelbana						
Saltning av gång- och cykelbana	33	33	33	25	0	33
Sandning av gång- och cykelbana	6	6	6	6	2	6
Maskinsopning gång- och cykelbana	80	38	93	66	135	80
Spolning gång- och cykelbana	0	0	0	0	0	0



Figur 7. Åtgärder utförda på extra behandlade gator. WDS-mätning omfattar även mätning av friktion (se avsnitt 1). Data från Fleminggatan är inte fullständig.

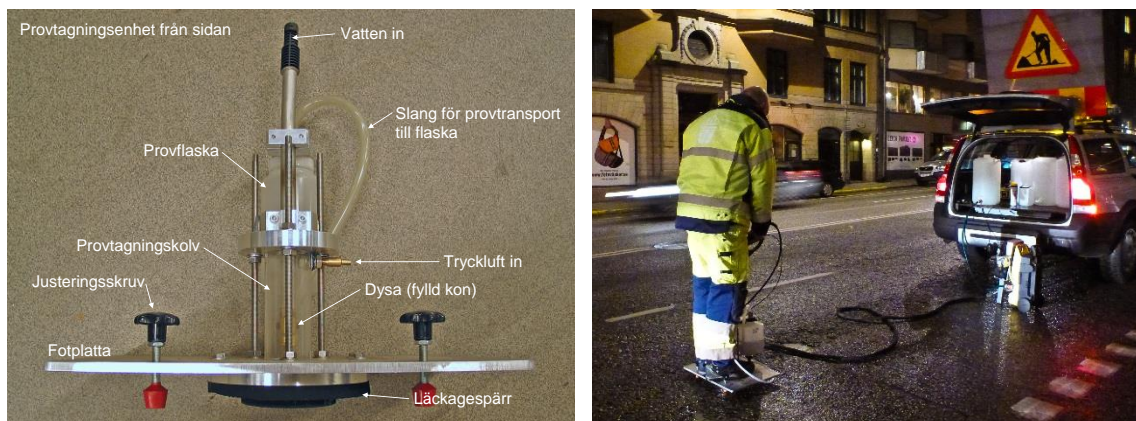


Figur 8. Ackumulerat antal CMA-behandlingar och vakuumsugningar på Hornsgatan under fem säsonger.

4. Metodik för utvärdering

4.1. Vägdammsförrådet och joner på vägytan

Vägdammsförrådet har provtagits med hjälp av VTI:s wet dust sampler (WDS). WDS spolar en liten yta av vägen med hjälp av en högtryckstvätt och provet trycks över till en provtagningsenhet (Figur 9). Sprutbildens, det vill säga formen på den yta som tvättas av strålen, är en fylld cirkel (24,6 cm²). Tvättvolymen (cirka 400 ml) i varje ”skott” styrs av en kontrollenhet, som även startar luftkompressorn en viss tid efter tvättens start, för att trycka ut provet från provtagningsenheten till provflaskan.

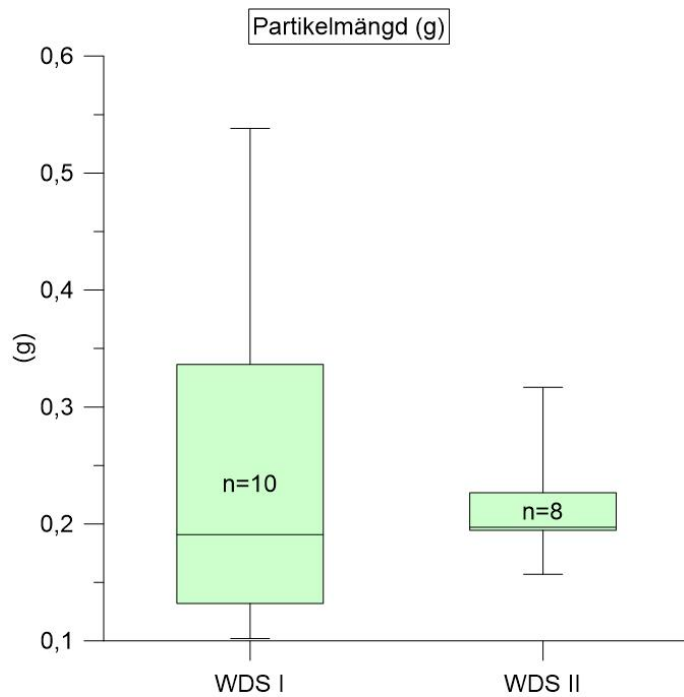


Figur 9. Provtagningsenheten på Wet Dust Sampler (WDS) till vänster och provtagning på gata med WDS till höger. (Foto: Mats Gustafsson och Görän Blomqvist, VTI).

Från och med mätningen 2016-03-30 ersattes WDS med WDS II, som är en vidareutvecklad version av samma provtagare (Figur 10). Vid jämförande tester på verklig asfalt ger denna provtagare ett jämförbart medelvärde men med mindre spridning än WDS (Figur 11).

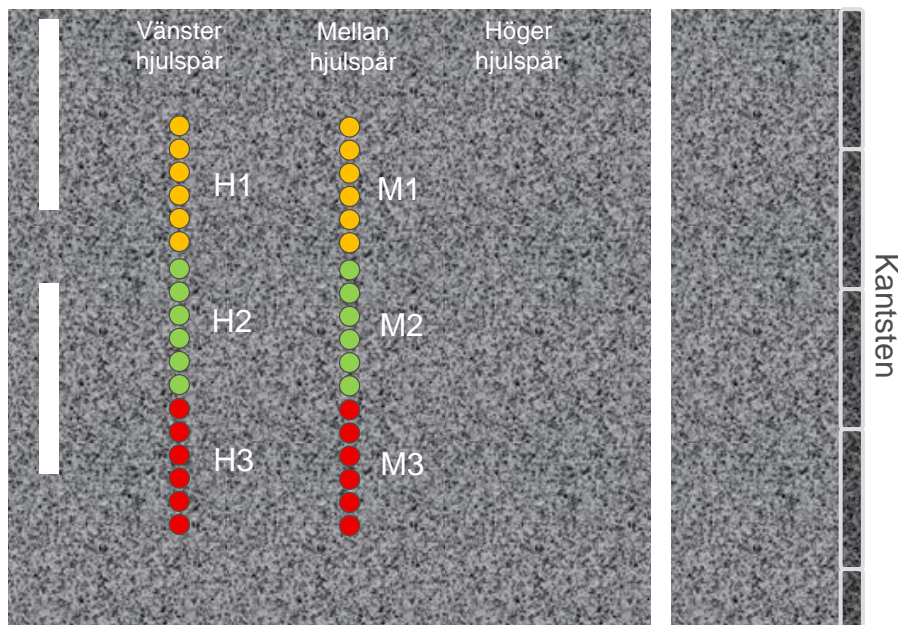


Figur 10. Vägdammsprovtagaren Wet Dust Sampler II (WDS II). (Foto: Mats Gustafsson, VTI).



Figur 11. Jämförelse mellan mängd upptaget damm från vägyta mellan WDS I och WDS II.

Prover för ordinarie provtagning togs i vänster hjulspår och mellan hjulspår (Figur 12) i höger körfält. Då ytan som tvättas är liten, tas flera prover i samma provflaska för att få ett sammanläggningsprov. I dessa försök användes sex skott i varje prov och i varje provyta (hjulspår och mellan hjulspår) insamlades tre flaskor, resulterande i totalt 18 skott per provyta.



Figur 12. Provtagningsstrategi för WDS och WDS II. H = hjulspår, M = mellan hjulspår.

Proverna från WDS siktades, som tidigare säsonger, med 180 μm -sikt, då detta är den största storlek som kan användas för bestämning av storleksfördelning i den tidigare använda partikelstorleksanalysatorn. Den damnmängd som beräknas per m^2 betecknas DL180 (dust load = dammförråd mindre

än 180 µm). Ur provflaskor från provtytor mellan hjulspår på respektive gata togs prov på 50 ml ut för storleksanalys, som görs med en lasergranulometer (Malvern Mastersizer 3000).

Genom att kombinera DL180 med den kumulativa storleksfördelningen beräknas DL10, det vill säga dust load mindre än 10 µm. Lasergranulometerns definition av partikeldiameter (volume equivalent sphere diameter) är inte densamma som den aerodynamiska diameter som används för 10 µm i måttet PM₁₀ varför måtten inte är direkt jämförbara. I granulometern antas dock, liksom för aerodynamisk diameter, att partiklarna är sfäriska. De jämförelser som görs mellan DL10 och PM₁₀ i rapporten ska betraktas som indikativa.

Övrigt provvatten filtrerades genom filter av typen Munktell 001 (retention rate 2–3 µm). Ett filtratprov togs ut för jonanalys. Filtren placerades i invägda deglar och brändes vid 550°C varefter mängden oorganiskt material kunde bestämmas. Den organiska andelen av dammet beräknades genom att subtrahera den kvarvarande oorganiska andelen efter filterbränning från totala partikelmängden före bränning.

Jonanalysen genomfördes av IVL Svenska miljöinstitutet AB med hjälp av jonkromatografi avseende magnesium (Mg²⁺), kalcium (Ca²⁺), kalium (K⁺), natrium (Na⁺), klorid (Cl⁻), sulfat (SO⁴⁻), nitrat (NO³⁻), acetat (Ac = CH₃CO₂⁻) och formiat (Fo = HCO₂⁻).

Provtagningar med WDS genomfördes vid 8 tillfällen under oktober 2015 till juli 2016 (se Figur 7).

4.2. Mätningar av PM₁₀- och NO₂-halterna under säsongen 2015/2016

Under försöken gjordes mätningar av PM₁₀ på flera platser. Stationerna på Hornsgatan, Norrlandsgatan och Sveavägen 59 ingår i stadens kontinuerliga luftövervakning och var i drift under hela försöksperioden. Normalt ingår även Folkungagatan i luftövervakningen. På grund av ombyggnation av Folkungagatan inför ombyggnation av Slussen så har Folkungagatans mätstation inte varit i drift under 2015. Mätningarna på Folkungagatan startades i mitten av januari 2016. Utöver dessa installerades en mätstation på Sveavägen 83 och en på Fleminggatan 59 som båda har använts under tidigare säsonger.

Tabell 5 visar under vilka tider som de olika mätstationerna var i drift samt deras datafångst. Samtliga stationer fungerade bra under perioden och datafångsten översteg 96 % för samtliga stationer.

Tabell 5. Start- och stopptid samt datafångst för mätstationerna som ingår i projektet

Mätstation	Start	Stopp	Datafångst PM ₁₀ , % av timmar	Datafångst NO ₂ , % av timmar
Hornsgatan	2015-11-01	2016-05-31	99	100
Folkungagatan	2016-01-21	2016-05-31	99	100
Norrlandsgatan	2015-11-01	2016-05-31	100	100
Sveavägen 59	2015-11-01	2016-05-31	99	100
Sveavägen 83	2015-11-05	2016-05-31	96	99
Fleminggatan 59	2015-11-05	2016-05-31	99	99

4.3. Mätningar av meteorologiska parametrar

Mätningar av meteorologiska parametrar sker vid Östra Sveriges luftvårdsförbunds station på taket vid Torkel Knutssongatan på Södermalm. Dessa mätningar innefattar temperatur, relativ fuktighet, regn, vindriktning, vindhastighet och solstrålning. Under vintern används även nederbördsräknarna från Östra Sveriges luftvårdsförbunds station vid Högdalen då den även registrerar snö.

Vägytans fuktighet mäts kontinuerligt på Hornsgatan, Sveavägen och Norrlandsgatan med nedfrästa sensorer i körbanan. Tre sensorer sitter i anslutning till mätstationerna för luftkvalitet på dessa stationer. Den sensor som sitter mitt i körbanan används för statistiken. Motsvarande sensorer finns även på Fleminggatan och användes under perioden som den luftkvalitetsstationen var i drift. På Hornsgatan och Sveavägen finns även sensorer av typen Vaisala DSC 111 som via IR strålning mäter vägytans fuktighet och egenskaper.

4.4. Kemiska analyser av PM₁₀

Bidraget från vägsalt (natriumklorid) till PM₁₀-halterna kvantifierades baserat på kemiska analyser av filterprover insamlade från mätstationen på Hornsgatan. Enligt EU-direktiv (EG, 2008) kan bidrag till PM₁₀-halterna från salt räknas av vid jämförelse med gränsvärdet i direktivet. Tidigare år analyserades även acetat för skattning av bidraget till PM₁₀ från CMA. Eftersom dessa analyser har visat mycket låga acetathalter, ofta under detektionsgränsen för metoden med PM₁₀ bidrag på 0,1–0,5 %, så gjordes inga acetatanalyser detta år.

Partiklarna samlades in dygnsvis med hjälp av en referensprovtagare (Leckel) och data finns för perioden 8 april–15 juni 2015. Jonanalyser av filter genomfördes av IVL, Svenska miljöinstitutet AB med hjälp av jonkromatografi avseende kalcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), kalium (K⁺), natrium (Natrium⁺), klorid (Klorid⁻), sulfat (SO⁴⁻), nitrat (NO³⁻).

4.5. Friktion

För att följa upp eventuella poleringsfenomen där vägdammet tillsammans med dammbindningsmedlet riskerar att poleras av trafiken, vilket skulle kunna leda till nedsatt friktion under torra förhållanden, mättes friktionen i samband med WDS-provtagningarna. Vid de mätningarna relateras eventuella friktionsproblem till uppmätta CMA-mängder på vägytan och friktionen mäts med hjälp av en Portable Friction Tester (PFT, Figur 13 Åström (2001)) i och mellan hjulspår vid torrt och vått väglag. Mätningarna utfördes längs två meter i respektive sektion och upprepades tre gånger i varje sektion.



Figur 13. Portable friction tester (PFT). (Foto: Håkan Wilhelmsson, VTI).

5. Resultat

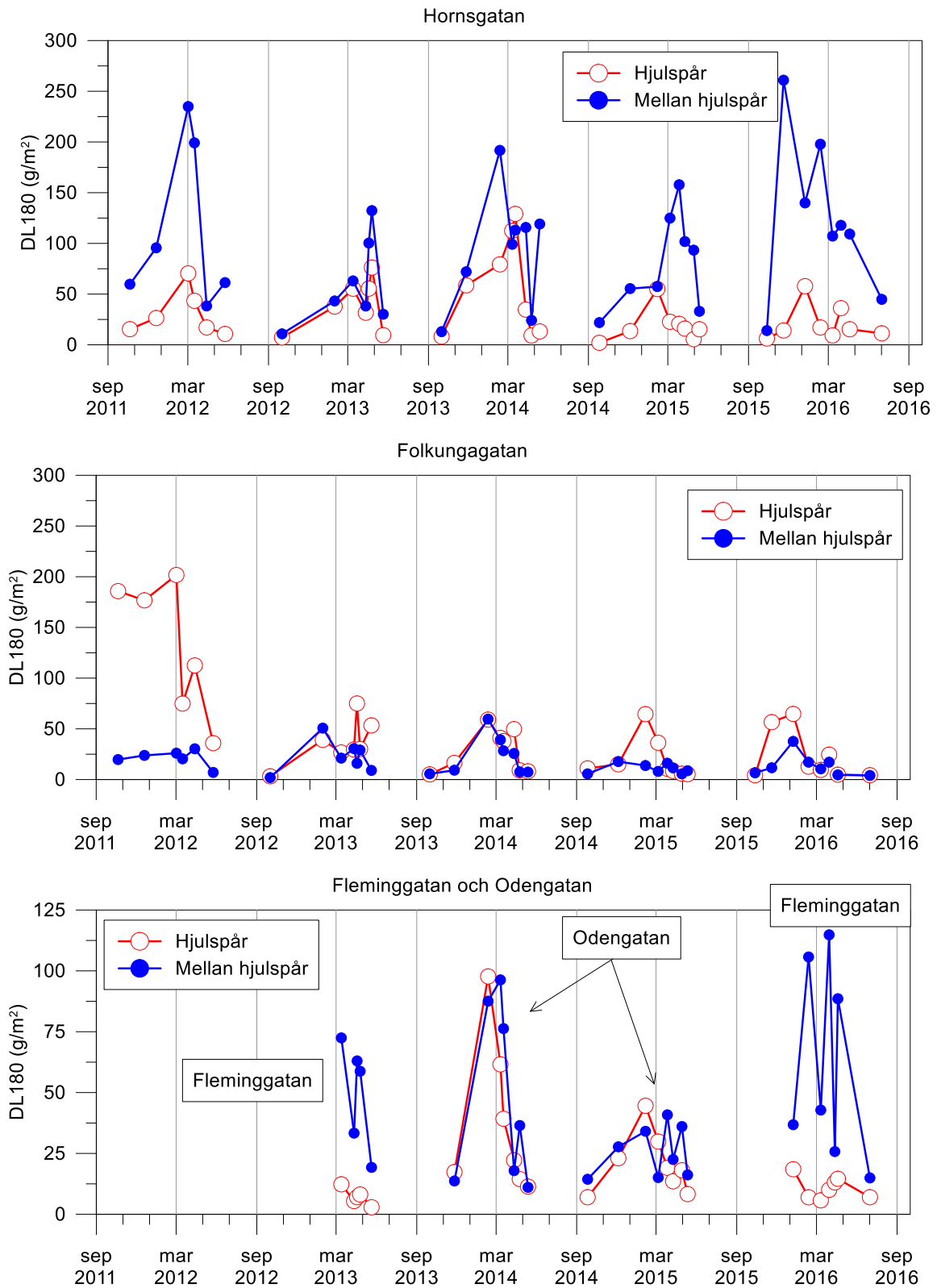
5.1. Vägdammsförråd och joner på vägytan

5.1.1. Variation av DL180 i vägdamm under vintersäsongen 2015–2016

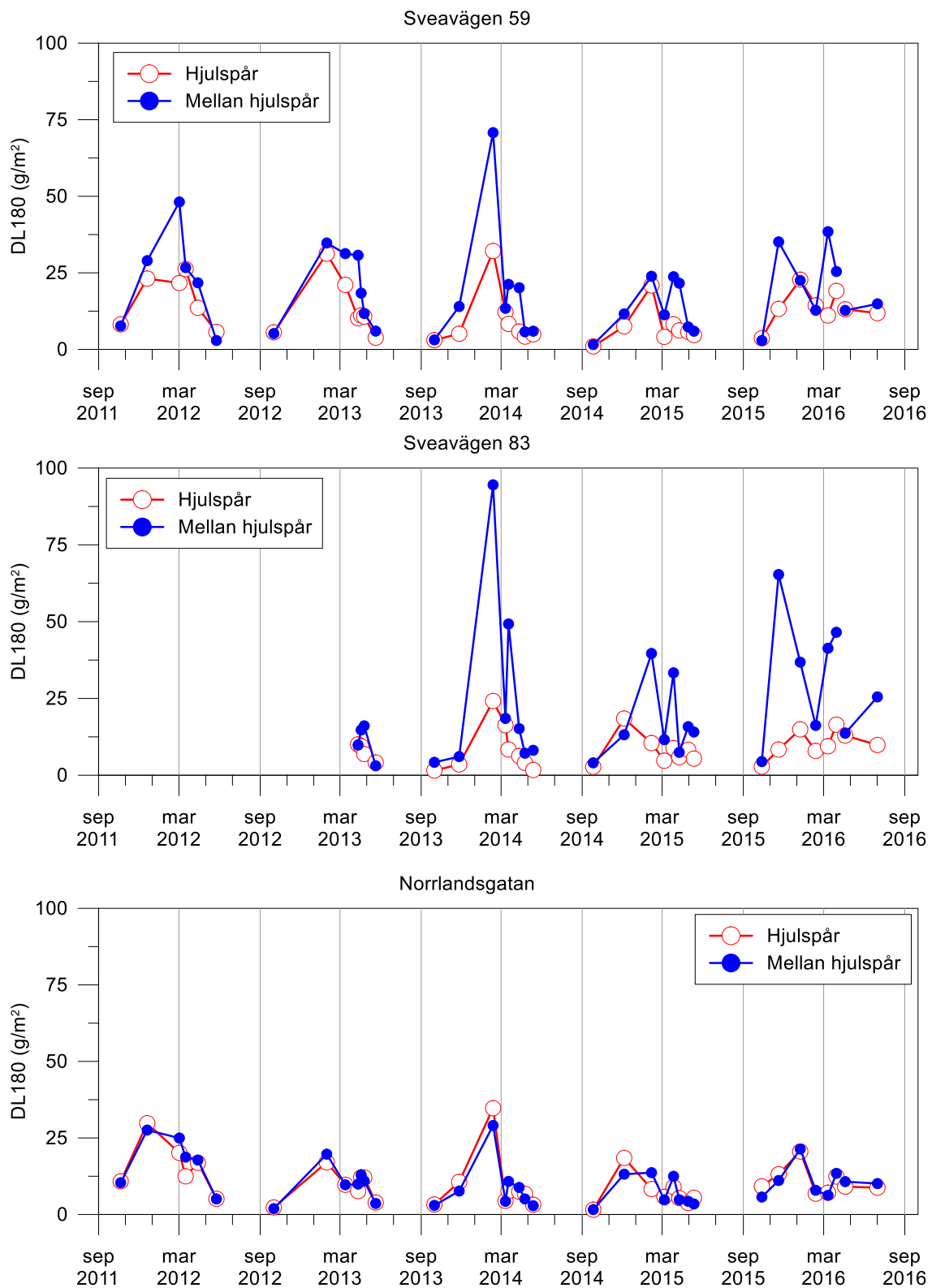
I Figur 14 och Figur 15 redovisas medelvärden av dammängderna som uppmättes på ytorna under mättillfällena tillsammans med data från föregående år. Mönstret från föregående säsonger upprepar sig med låga dammängder i oktober och maj och en topp i mätningarna i februari och mars.

Hornsgatan har större vägdammsmängder än övriga gator under vinter och vår. Folkungagatan och Odengatan ligger på ungefär samma nivå, följda av Sveavägen 83, Sveavägen 59 samt Norrlandsgatan.

Dammängderna mellan hjulspår varierar mellan gatorna. Hornsgatan, Sveavägen och Fleminggatan har oftast eller alltid högre dammängder mellan hjulspår än i, medan Norrlandsgatan och i Odengatan har jämna dammängder i ytorna. Folkungagatan tenderar att ha mer damm i hjulspår än mellan. Dessa skillnader går att koppla till dels beläggningarnas ytegenskaper och dels till trafiksituationen på gatorna. Hornsgatan har en beläggning i dåligt skick med grov textur, stensläpp och sprickor, vilket medför att den samlar på sig damm i större utsträckning än gator i gott skick med finare textur, som t.ex. Sveavägen och Norrlandsgatan. Att notera för den senaste säsongen är de höga dammängderna mellan hjulspår på Hornsgatan som lett till att skillnaden mellan ytorna på Hornsgatan är särskilt stor. Fleminggatan, som inte mätts på under de föregående två säsongerna uppvisar samma stora skillnad i dammfördelningen tvärs vägen, som under 2013. Fleminggatan är den enda gatan som ingått i uppföljningsarbetet som endast har ett körfält, vilket sannolikt gör trafiken mer spårbunden än i de andra gatorna som har två körfält. På Norrlandsgatan är trafiken långsam och mindre spårbunden vilket resulterar i mycket lika dammängder i hjulspår och mellan hjulspår.

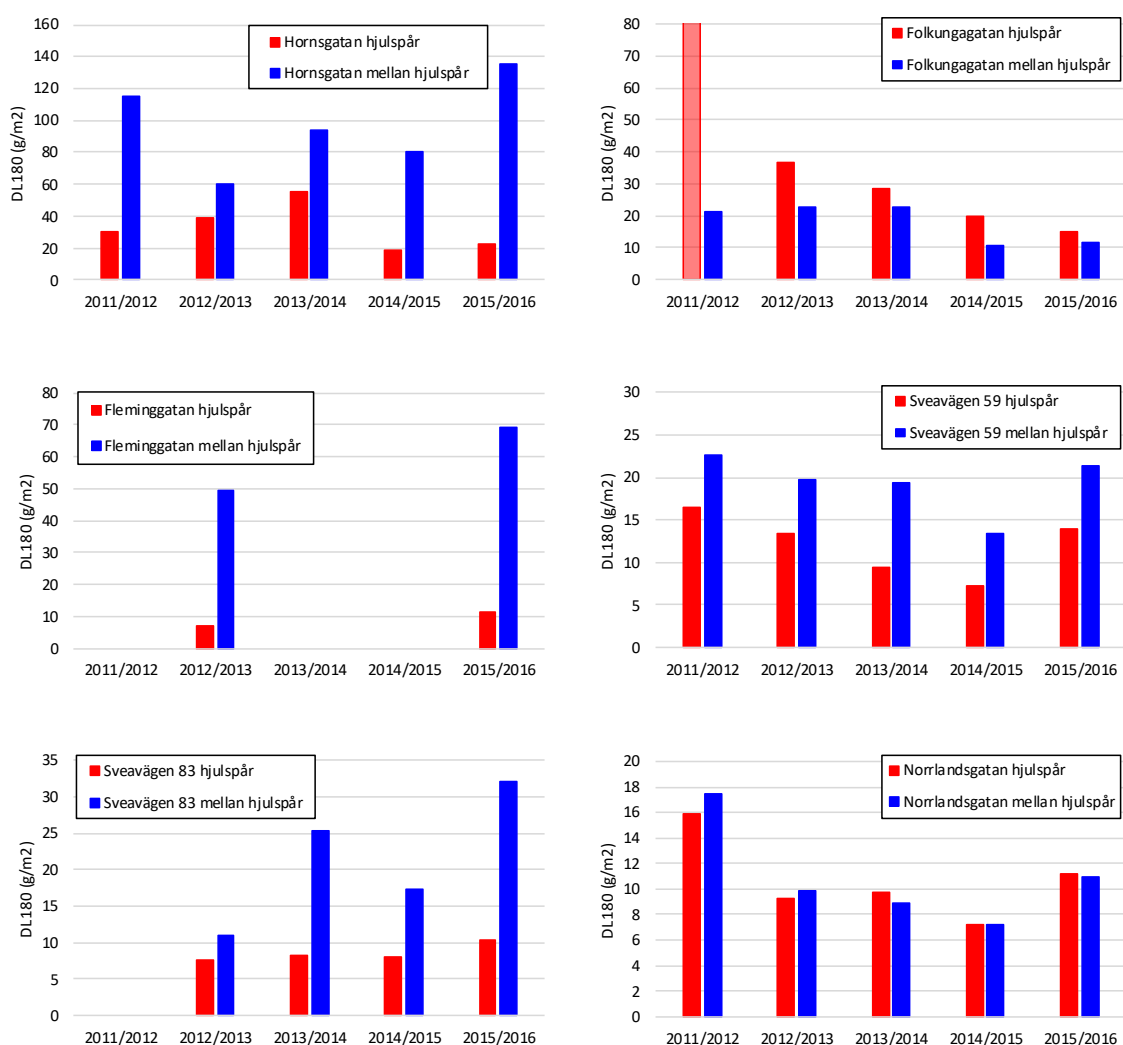


Figur 14. Medelvärden av DL180 (mängden damm <180 μm) (g/m^2) på Hornsgatan, Folkungagatan och Odengatan. Observera de olika y-axlarna.



Figur 15. Medelvärden av DL180 (mängden damm <math>< 180 \mu\text{m}</math>) (g/m^2) på Sveavägen och Norrlandsgatan.

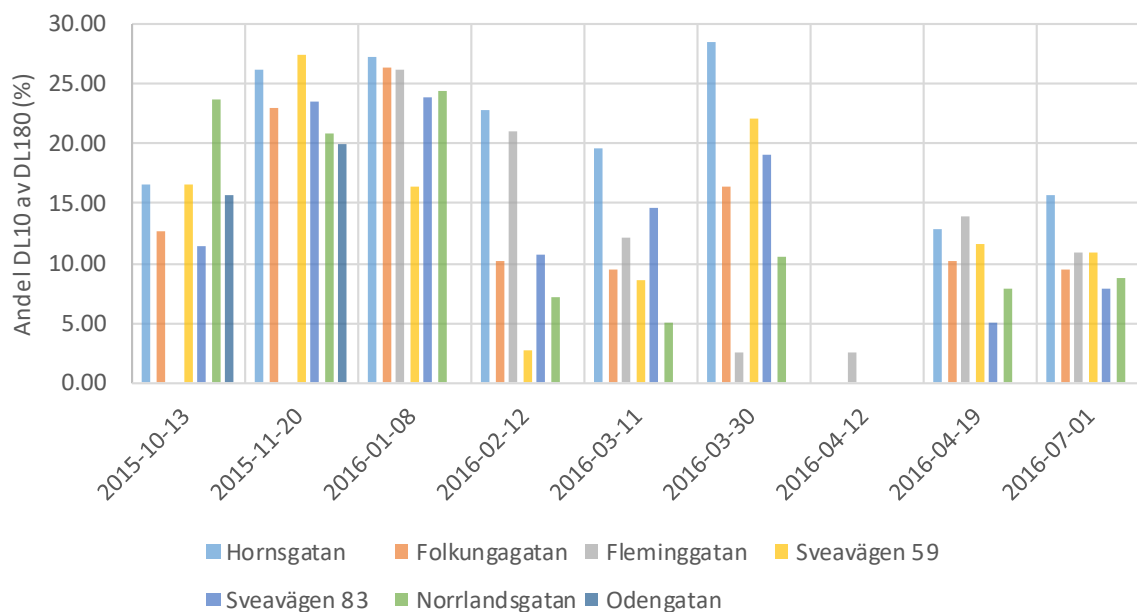
I Figur 16 presenteras medelvärden av DL180 för alla mätsäsonger. Till och med föregående säsong (2014–2015) var trenden på samtliga gator, utom på Hornsgatan och Sveavägen 83, att dammförrådet minskat säsong för säsong. Säsongen 2015/2016 är det egentligen bara Folkungagatan som har en fortsatt positiv utveckling, medan övriga gator snarare uppvisar en viss ökning av dammförrådet. Orsakerna till detta är sannolikt fuktigare vägytor än föregående säsonger. Snö- och isfattigare vintrar gynnar borttransport av damm från vägytan genom dränering och suspension. Hornsgatans beläggning är i dåligt skick och det är sannolikt att provtagaren (WDS) tar upp material som trafiken inte kommer åt att suspendera och städmaskinerna inte heller klarar att städa bort, vilket kan förklara den obefintliga trenden på denna gata. Sveavägen 83 har en beläggning i gott skick och det är svårare att spekulera kring avsaknad av trend, särskilt då Sveavägen 59 har en tydlig sådan. Mätningen på Sveavägen 83 görs i höger körfält mellan det vänstra och en buss/taxi-fil, vilket skiljer sig från övriga gator. Möjligen medför detta en ökad variation i trafikens läge i sidled, vilket i sin tur kan medföra en större variation i vägdamms fördelning på vägytan.



Figur 16. Medelvärden för DL180 för alla säsonger i och mellan hjulspår. Observera de olika skalorna på y-axlarna. Den skrafferade stapeln i diagrammet för Folkungagatan indikerar att proverna är tagna på ett parti av vägbanan som var i dåligt skick. Provplatsen ändrades följande säsonger för förbättrad jämförbarhet.

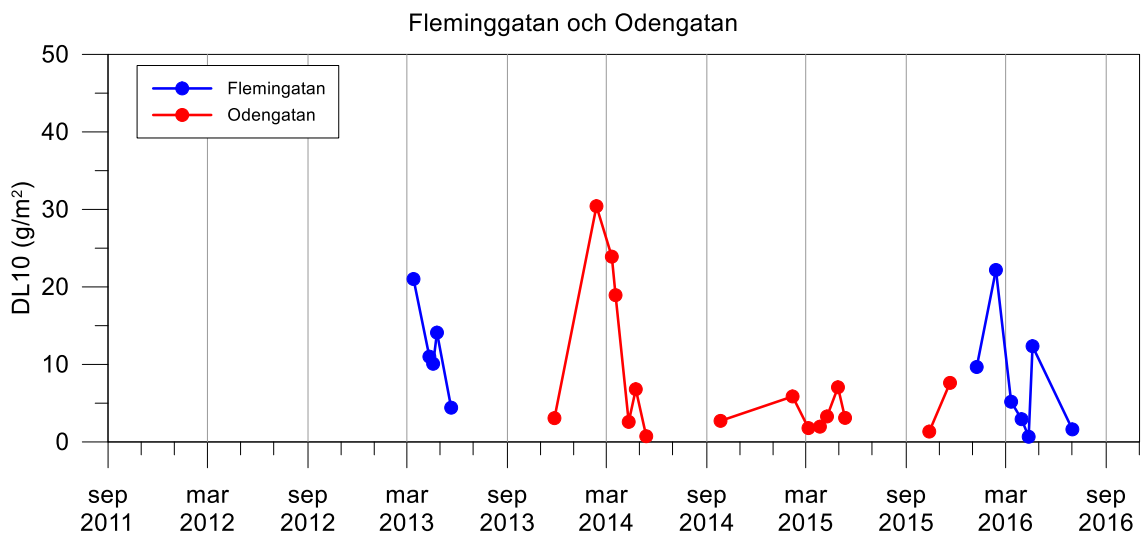
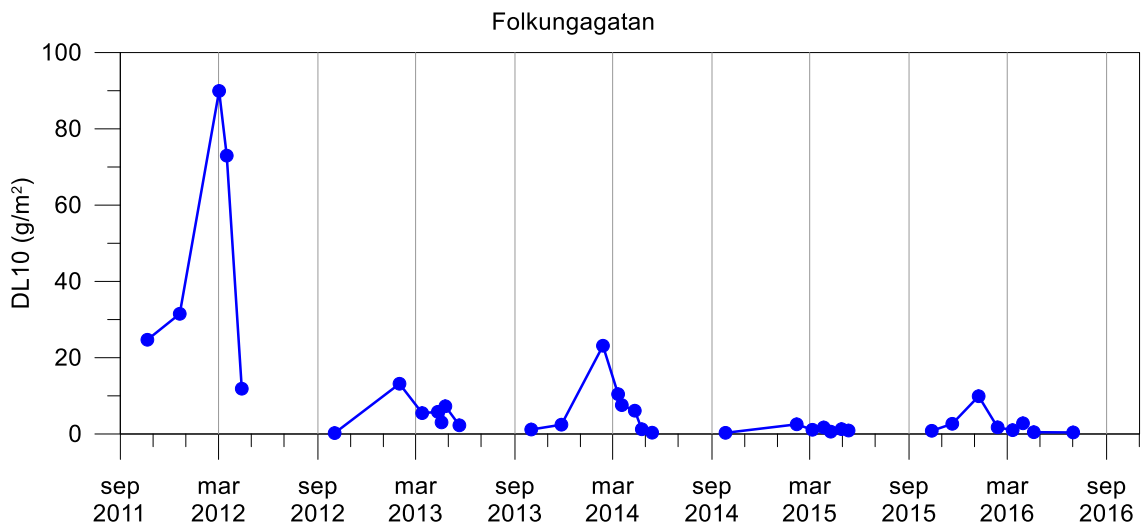
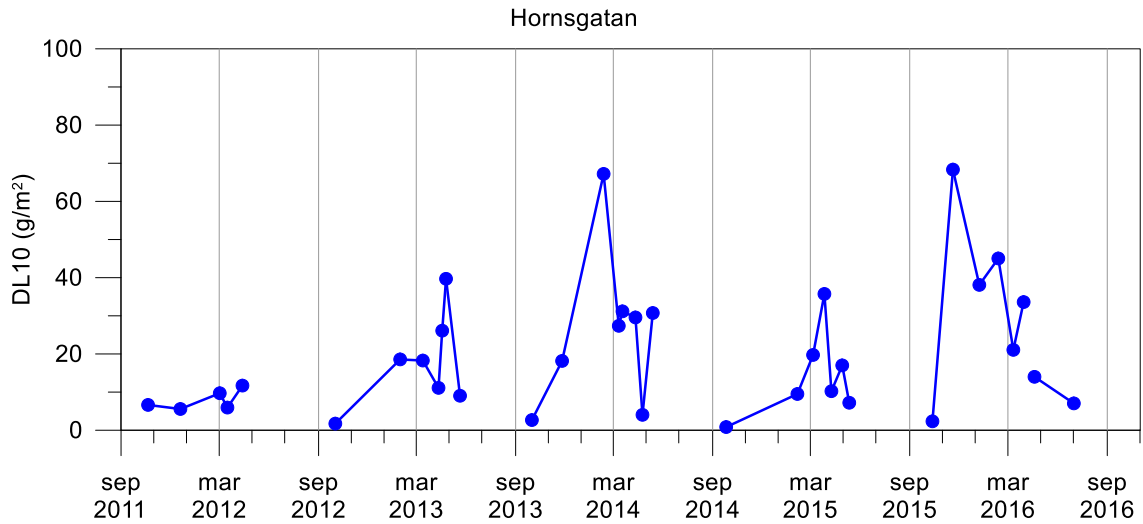
5.1.2. Variation av DL10 i vägdammer över vintersäsong mellan hjulspår

Med hjälp av storleksfördelningsanalys kan mängden partiklar mindre än 10 µm (DL10) beräknas. Andelen DL10 av DL180 i proverna över säsongen redovisas i Figur 17. Andelen har ett maximum under mätningarna i november till januari och sjunker under tidig vår. Nästan alla mätstationer uppvisar ett andra maximum i slutet på mars, varefter andelen sjunker igen. Fleminggatan skiljer sig något från övriga gator genom att ha lägst andel DL10 i slutet på mars. Detta kan möjligen bero på trafikens högre spårbundet på Fleminggatan, vilket medför att materialet mellan hjulspår i mindre grad påverkas av hjulens malande verkan.

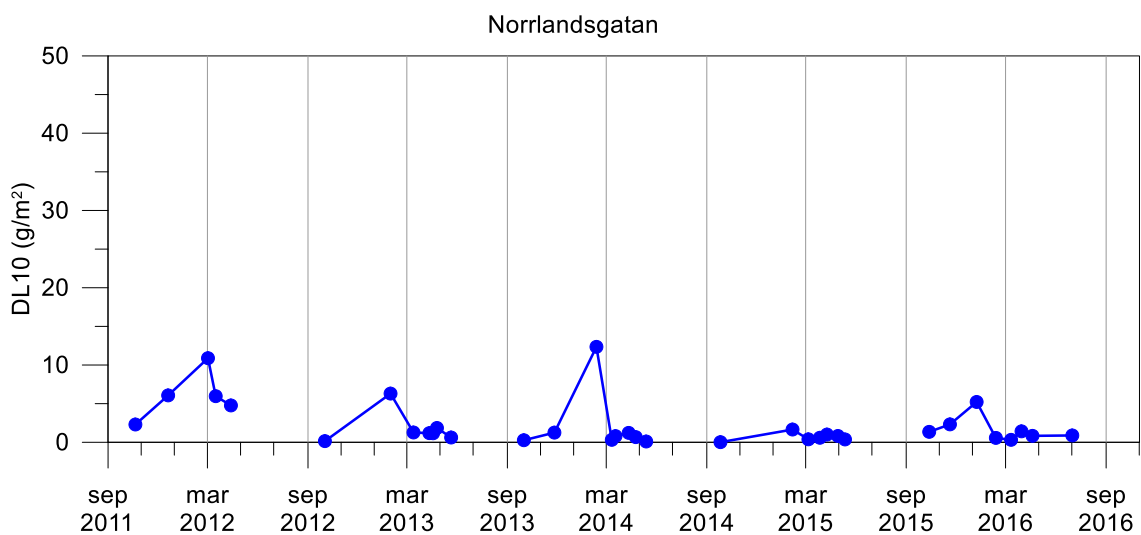
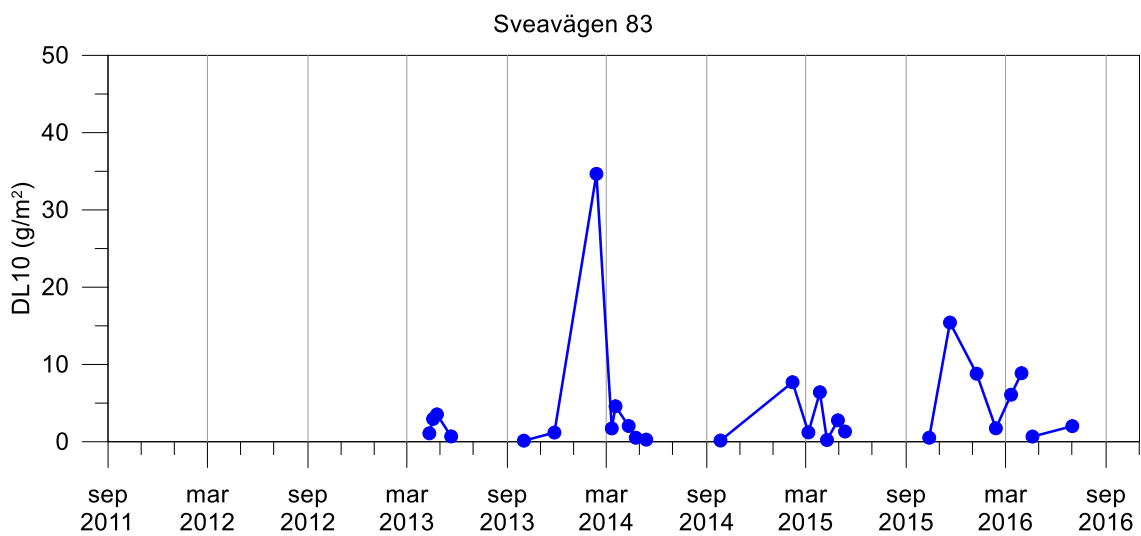
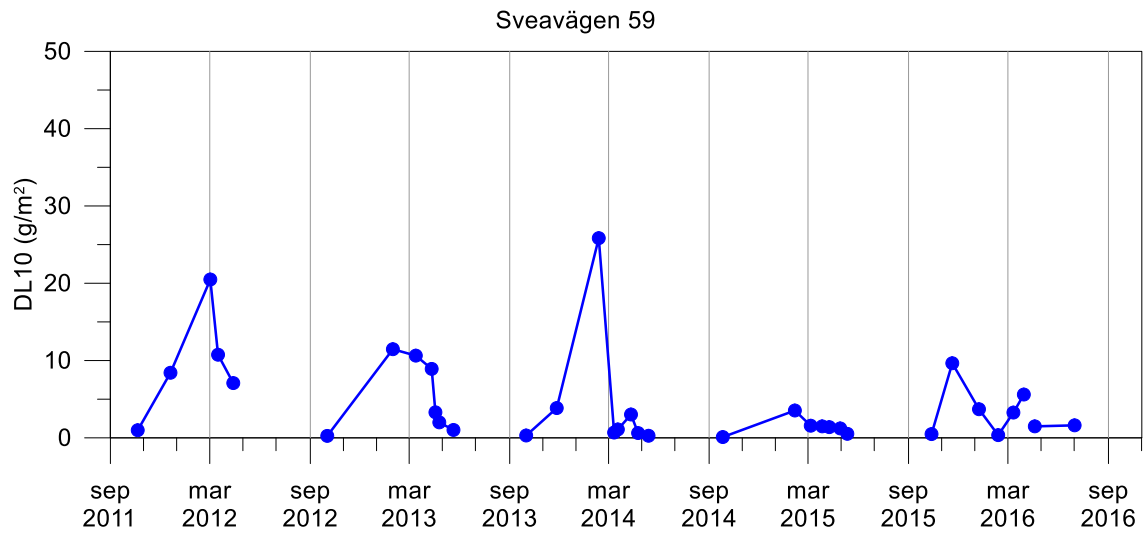


Figur 17. Andel av DL180 som är mindre än 10 µm (DL10) under säsongen 2015–2016 mellan hjulspår på gatorna.

Om andelarna kombineras med mängderna DL180 kan mängden DL10 på vägytan beräknas. Variationen över säsongen och mellan mätlokaler följer variationen i DL180. Samtliga gator utom Hornsgatan har ett max i februari med upp till 5–10 g/m². På Hornsgatan är värdena generellt högre med ett max i mars på nästan 40 g/m² (Figur 18 och Figur 19).



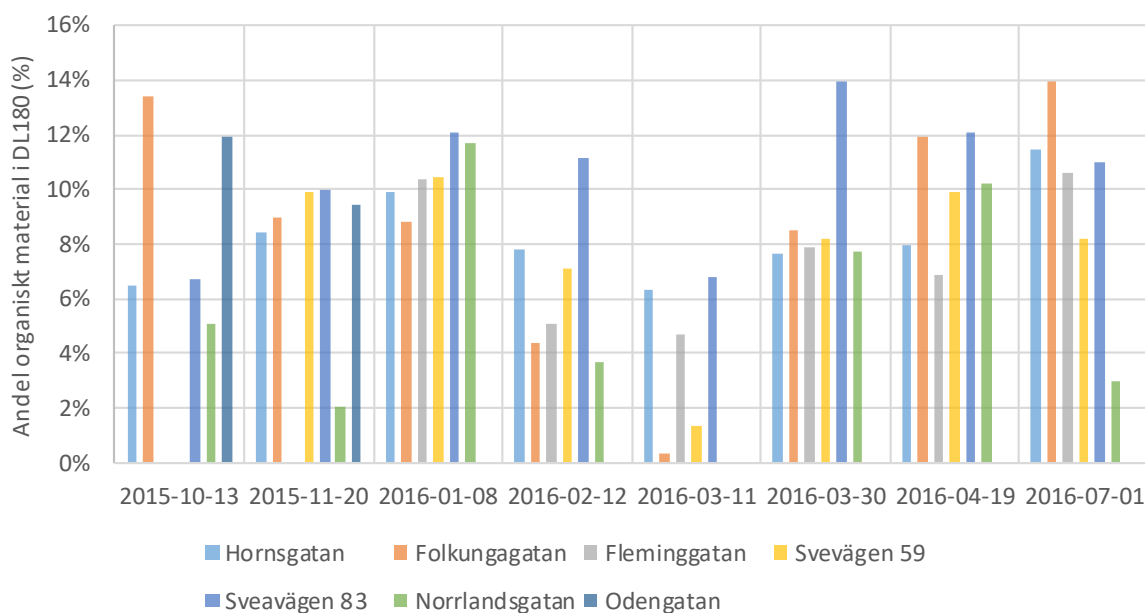
Figur 18. Mängd damm mindre än 10 µm (DL10) på vägytan mellan hjulspår på Hornsgatan, Folkungagatan och Fleminggatan/Odengatan. Observera skilda skalor på y-axlarna.



Figur 19. Mängd damm mindre än 10 μm (DL10) på vägytan mellan hjulspår på Sveavägen och Norrlandsgatan.

5.1.3. Organisk andel i DL180

Vägdamm består i huvudsak av mineraler från slitage av beläggningssten och sand, men en viss andel är bitumen, däckgummi och finfördelat material från till exempel pollen, svampsporer, nedmalda växtdelar, fibrer etcetera med organiskt ursprung. Medelvärdet för den organiska andelen av DL180 var för mätningarna under 2015–2016 mellan någon enstaka procent upp till 14 %, utan någon tydlig säsongsvariation. Under föregående säsong kunde ett minimum ses i mars–april, men detta kan bara anas i innevarande säsongens data mellan hjulspår (Figur 20). En sannolik orsak till högre andel under sommarhalvåret är att källor till organiskt damm är större under sommarhalvåret, samtidigt som dammkällorna vägslitage och vintersand är starkare vintertid. På hösten kan även lövfällningen förväntas bidra till en högre organiska andel.

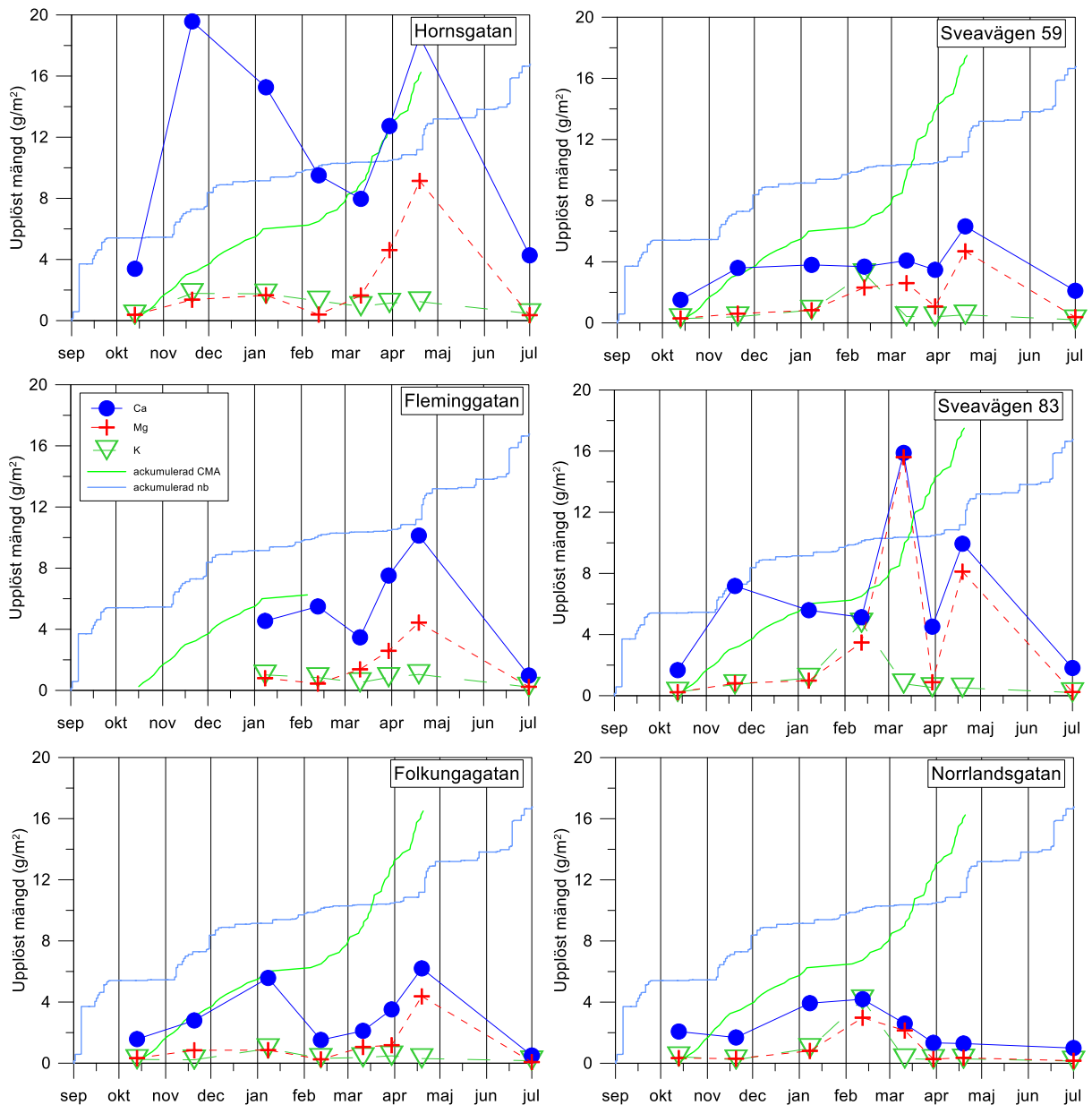


Figur 20. Organisk andel av DL180. Medelvärde för samtliga mätgator.

5.1.4. Variation av joner på vägytan över mätperioden

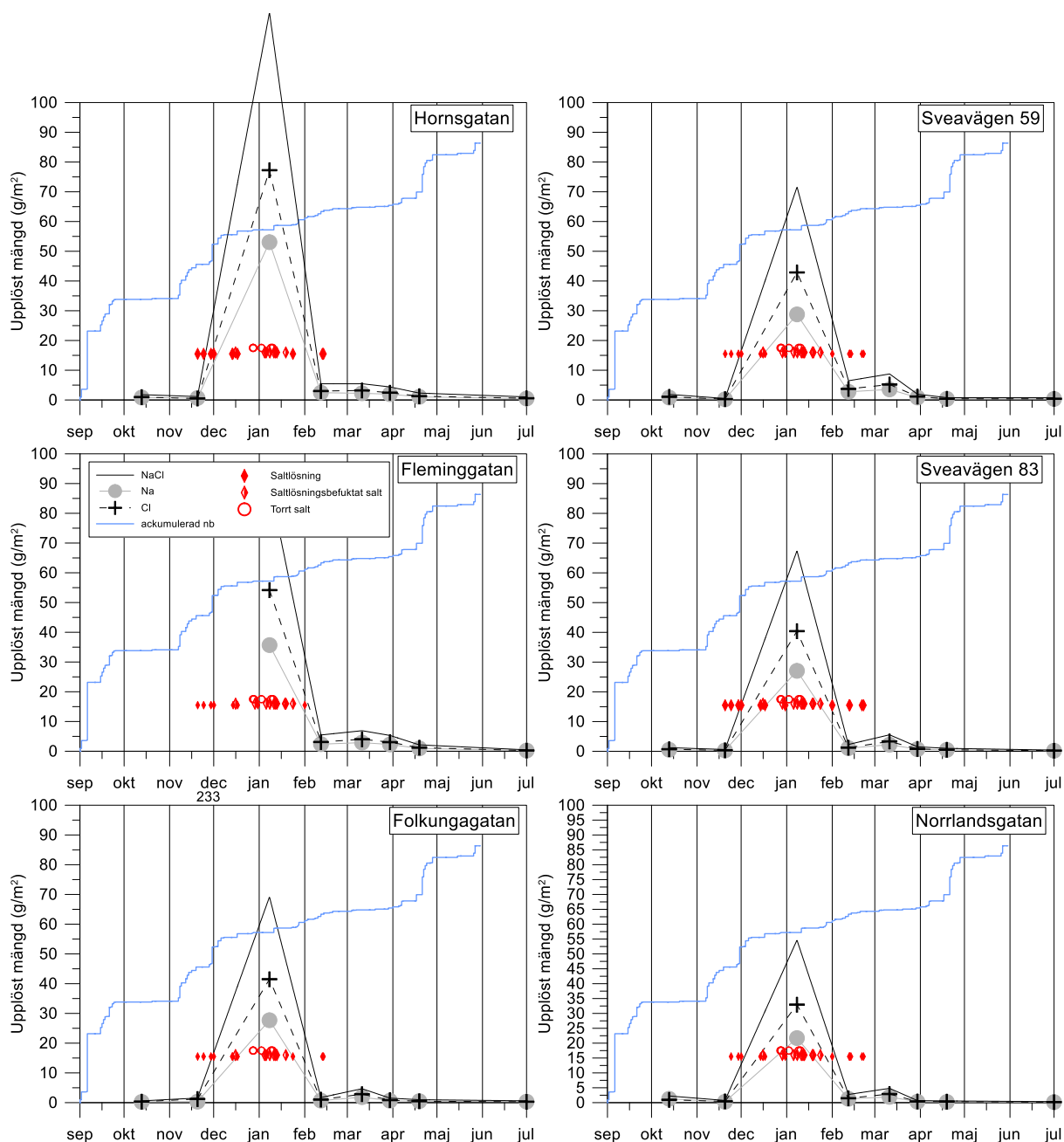
Tidsserier av jonerna som kan kopplas till dammbindning, magnesium (Mg^{2+}) och kalcium (Ca^{2+}) (CMA) visas i Figur 21. I figuren visas även de ackumulerade CMA-utläggningarna, som tillför jonerna, och ackumulerad nederbörd, som är en viktig process för jonernas utspädning och borttransport från vägytan.

Gatorna följer i princip samma mönster under säsongen (Figur 21). Då CMA-användningen påbörjas i mitten av oktober stiger jonhalten på vägytan. Särskilt den grova ytan mellan hjulspår på Hornsgatan samlar på sig CMA. Då spridningen av CMA avstannar under januari sjunker jonmängderna, men ökar igen då spridningen intensifieras i februari – mars. Ett rejält nederbördstillfälle i mitten på april sköljer bort mycket av jonerna och samtidigt upphör CMA-spridningen.



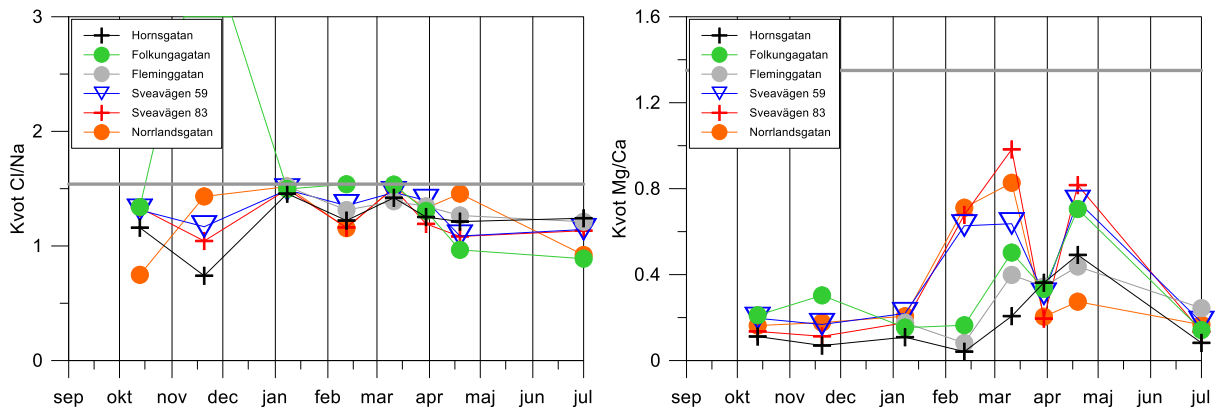
Figur 21. Mängden Ca^{2+} och Mg^{2+} (som påverkas av CMA-utläggning) och K^+ (som eventuell indikator för kaliumformiat) på vägytorna under mätperioden kombinerat med ackumulerad nederbörd och CMA-utläggningstillfällen. Under mars lades CMA+KF ut på Sveavägen 83.

Joner som kopplas till vägsalt (natrium och klorid) avspeglar väl användningen (Figur 22). Samtliga gator har ett kraftigt maximum i mätningen i början på januari. Saltningen upphör i mitten på februari. Jonmängderna på gatorna i mätningen i början på månaden är dock låga, sannolikt på grund av nederbörd som föregår mätningen. Resten av våren är mängderna av Na och Cl låga. Liksom för de CMA-anknutna jonerna är mängderna generellt högst på Hornsgatan.



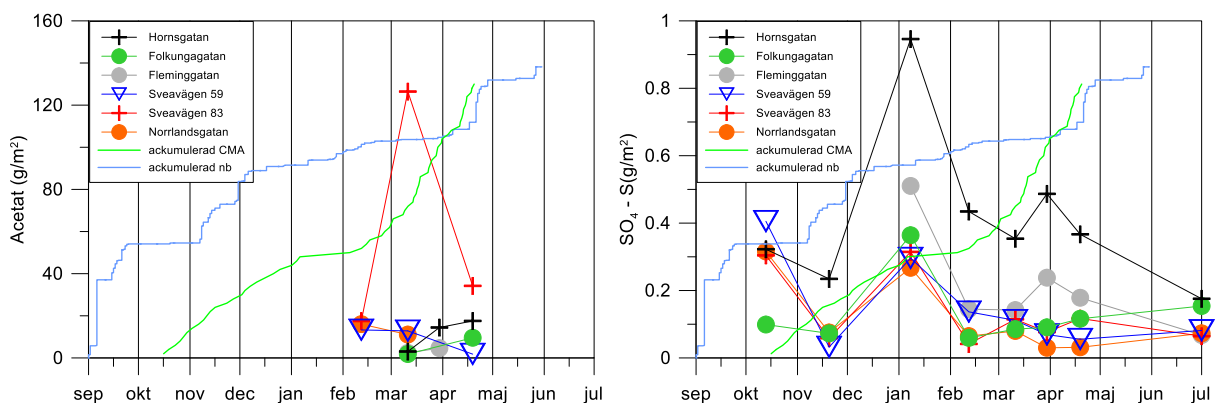
Figur 22. Mängden klorid och natrium (som påverkas av vägsaltning), summerad klorid och natrium samt ackumulerad nederbörd och utläggningstillfällen för vägsalt i olika form.

Kvoterna mellan natrium och klorid respektive magnesium och kalcium visas i Figur 23. Kvoten mellan klorid och natrium är på samtliga gator i januari mycket lik den för vägsalt (1,54). Vid övriga mätningar är kvoten vanligen lägre, vilket tyder på ett relativt tillskott av Na från andra källor i gatumiljön. Kvoten mellan magnesium och kalcium, som tidigare år visat sig vara en lämplig indikator på förekomst av CMA på vägytan uppvisar en ganska kraftig variation under säsongen och når aldrig den i utlagd CMA (1,35), sannolikt på grund av andra kalciumkällor i gatumiljön. Kvoten är som högst, och närmast den i ren CMA, på Sveavägen och Norrlandsgatan i början på mars då CMA-utläggningen är intensiv.



Figur 23. Kvoter för klorid/natrium (vägsalt) och magnesium/kalcium (CMA) vid mättillfällena. Förhållandena mellan jonerna i utlagd lösning markerad med grå linje.

Mängden acetat på vägytan korrelerar förhållandevis väl med magnesium, men detekterbara mängder noteras bara under våren (Figur 24). Sulfatmängderna är låga och ganska jämna under säsongen med en topp på alla gator i januari-mätningen.



Figur 24. Variationen av acetat på de tre CMA-behandlade gatorna (vänster). Till höger variationen av SO₄-S på samtliga gator.

5.2. Luftkvalitetsmätningar

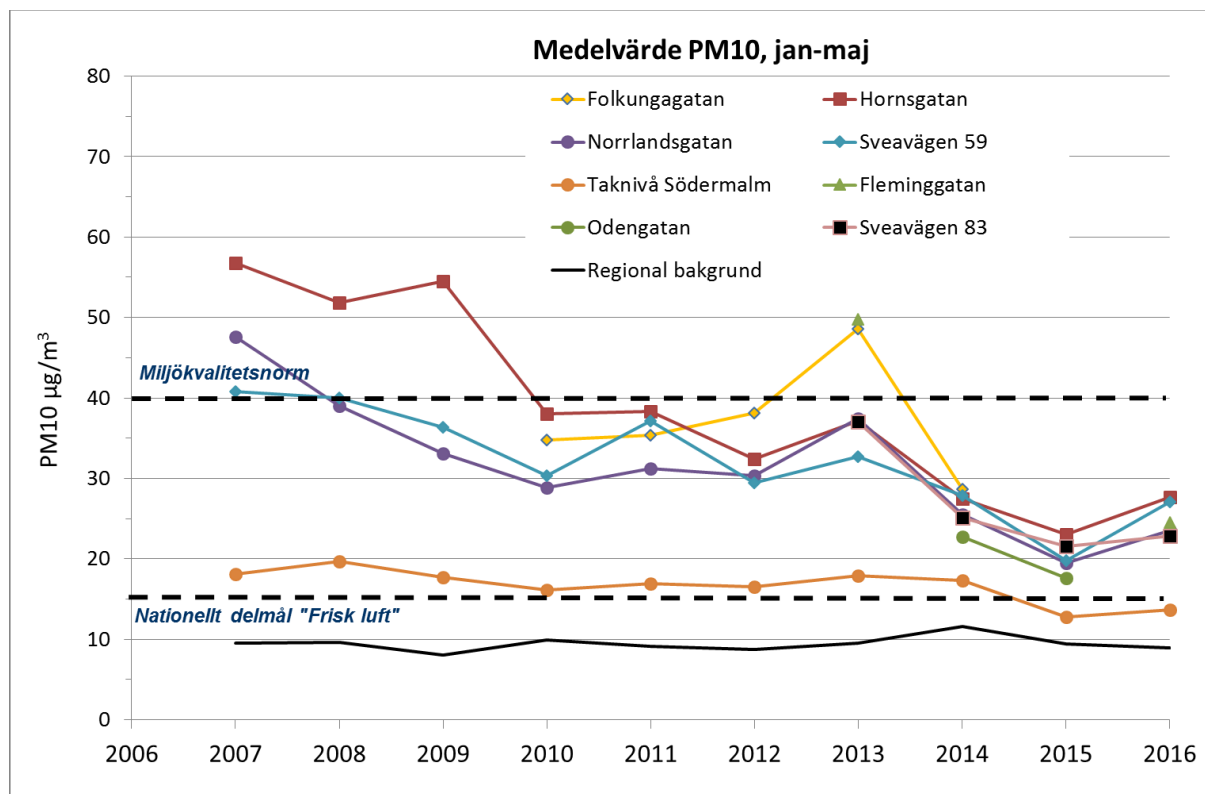
5.2.1. PM₁₀-halter

Periodmedelvärdet av PM₁₀-halterna under januari till maj för åren 2004–2016 visas i Figur 25. Samtliga mätstationer visade på högre halter under 2016 jämfört med 2014 och 2015. Halterna av PM₁₀ som transporterats från andra länder (regional bakgrund) var ungefär samma under 2015 och 2016. Även om en ökning uppmättes i gatunivå under 2016 jämfört med 2014 och 2015 så var halterna lägre än alla år fram till 2013. PM₁₀-halterna uppvisar alltså en tydlig nedåtgående trend sedan 2007. Denna trend är tydligast för Hornsgatan. I samband med att dubbdäcksförbudet infördes 2010 ses ett hack nedåt i kurvan. Under 2012 kompletterades detta sedan med dammbindning och städåtgärder vilket gav ytterligare en sänkning. Från 2014 intensifierades åtgärderna (se nedan) vilket ytterligare har hjälpt till att sänka halterna.

Även bakgrundshalterna vid taknivå på Södermalm ökade lite jämfört med 2015, men var fortfarande låga jämfört med 2014 och åren innan dess. Den urbana bakgrundshalten under 2016 var 3,5 µg/m³ lägre under 2016 jämfört med 2014. Minskad intransport från andra länder (den regionala bakgrunden) var orsaken till cirka 2,5µg/m³ (cirka 70 %) av minskningen medan cirka 1 µg/m³ (cirka 30 %) av

minskningen av bidraget från gatorna i staden. Det är mycket möjligt att en del av minskningen i den urbana bakgrundshalten är tack vare åtgärderna i staden.

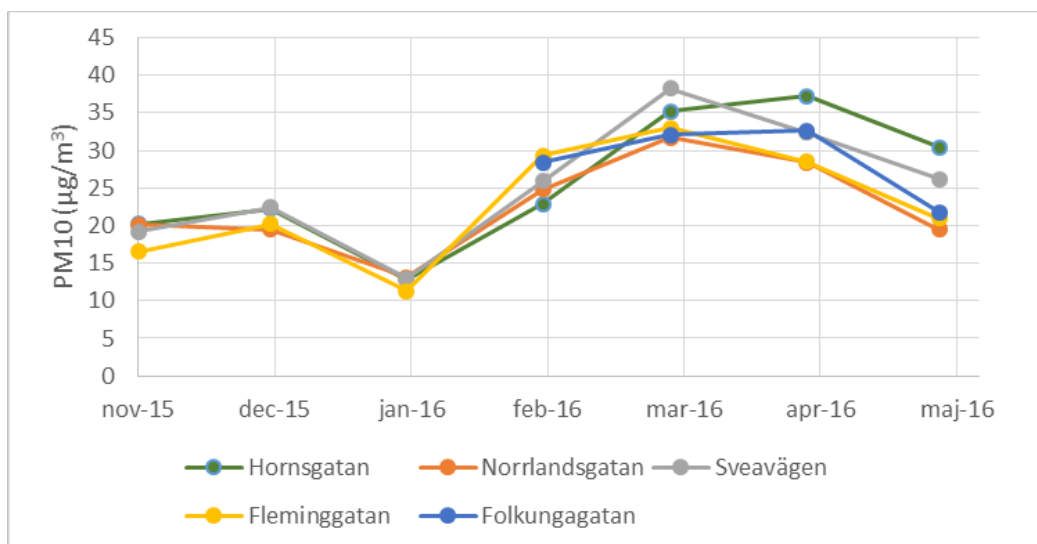
I samma figur görs även en jämförelse med miljö kvalitetsnormen och även det nationella delmålet ”Frisk luft”. Observera att de angivna gränsvärdena gäller för kalenderår och mätningarna gjordes under en kortare period. I Stockholm uppmäts de högsta halterna under perioden mars till maj för att vara betydligt lägre under sommaren och tidiga hösten. Årsmedelvärdet och jämförelse med gränsvärdet presenteras i årsrapporten om luften i Stockholm (Eneroth, 2017).



Figur 25. Medelvärde för PM₁₀ under perioden 1 januari tom 31 maj på mätstationerna i Stockholm.

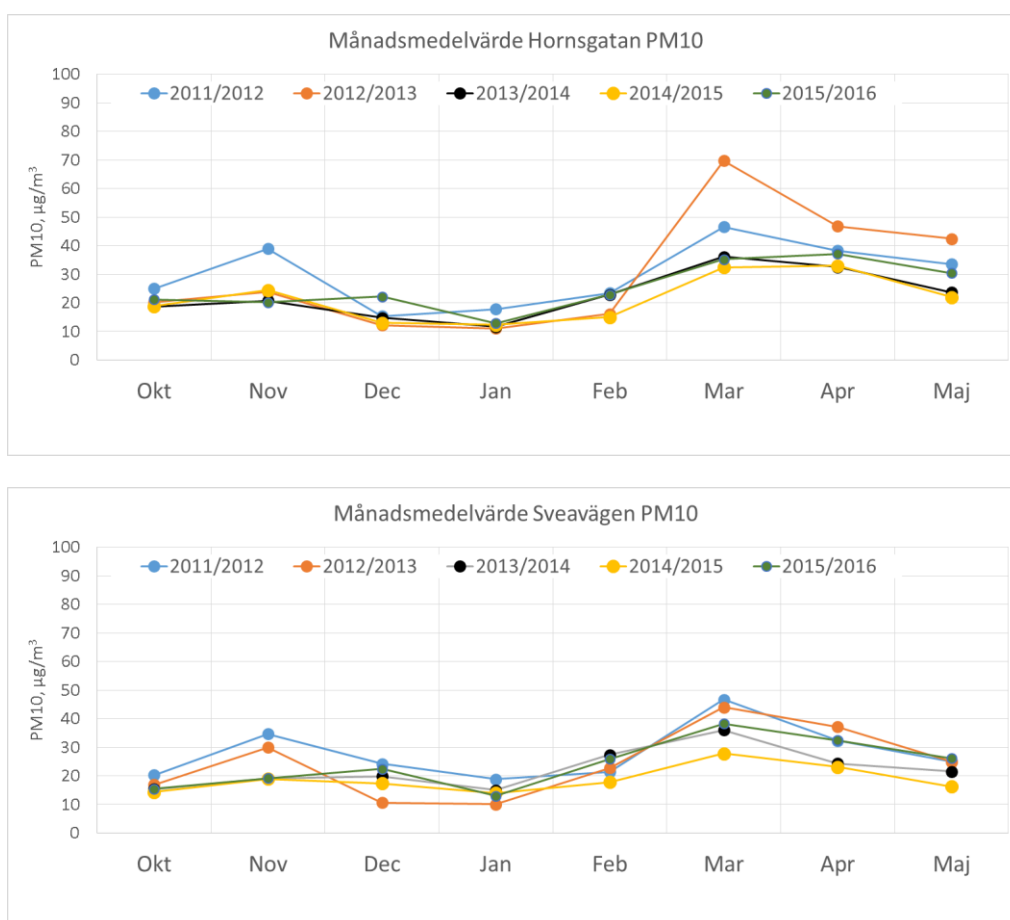
De åtgärder som görs för att minska PM₁₀-halterna i Stockholm har endast effekt på den andel av PM₁₀ som har sitt ursprung i vägdamm från gatorna i staden, det vill säga det lokala bidraget av PM₁₀. De urbana bakgrundshalterna uppmäts i taknivå vid Torkel Knutssongatan på Södermalm på 20 meters höjd. Den regionala bakgrundshalten representerar den del av PM₁₀-halterna som kommer från andra länder och regioner.

Månadsmedelfördelningen av PM₁₀-halterna visas i Figur 26. Samtliga stationer inklusive takstationen på Torkel Knutssongatan uppvisar relativt låga halter under oktober till januari för att sedan uppvisa förhöjda halter under februari till maj. Förhöjda halter under våren är normalt förekommande i Stockholm. Intressant i Figur 26 är att förhållandena mellan gatorna varierar under våren. Under den tidiga våren, februari, så uppmättes de högsta halterna på Fleminggatan och Folkungagatan. Under mars uppmättes de högsta halterna på Sveavägen och under april och maj uppmättes de högsta halterna på Hornsgatan. Både Sveavägen och Norrlandsgatan har en nord-sydlig sträckning och har ungefär samma variation mellan månaderna. Folkungagatan, Fleminggatan och Hornsgatan har öst-västlig sträckning. Det är förvånande att dessa tre gator uppvisar så pass olika variation mellan månaderna.



Figur 26. Månadsmedelvärden av PM₁₀ under oktober 2015 till maj 2016.

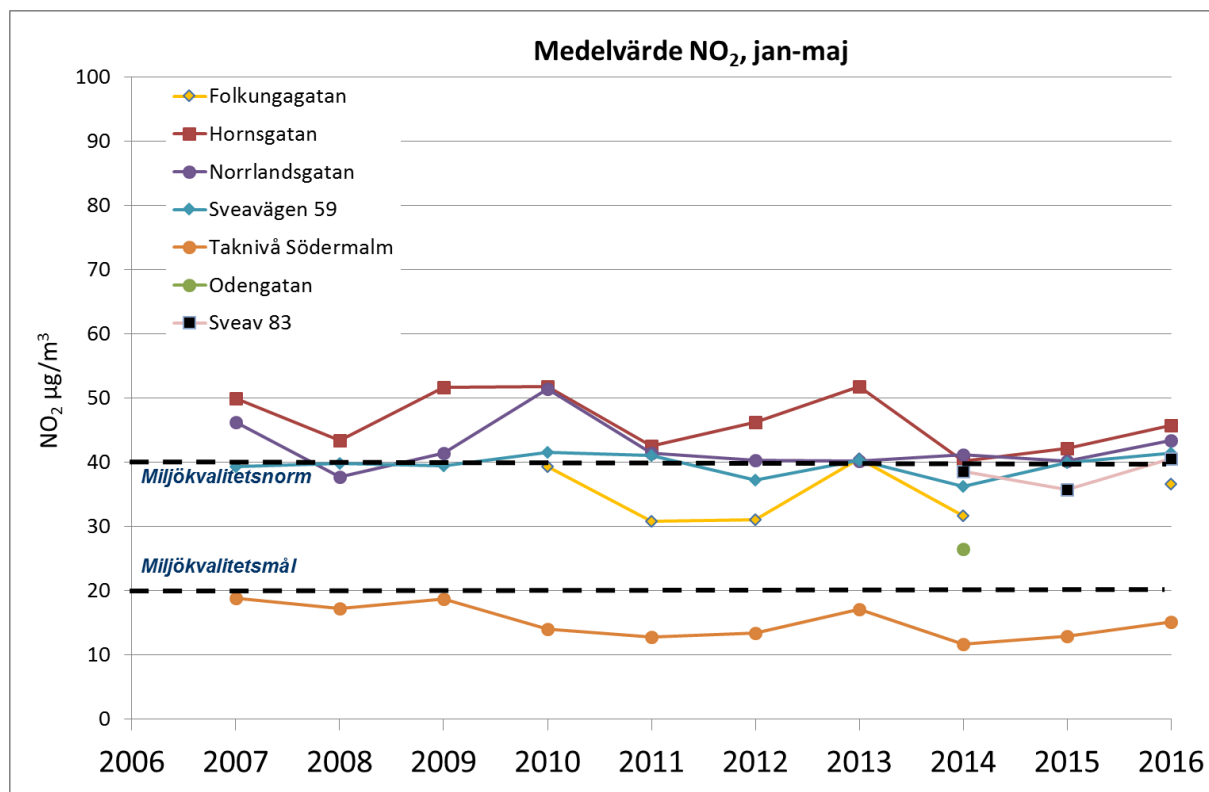
Halterna under säsongen 2015/2016 på Hornsgatan och för Sveavägen jämförs månad för månad med tidigare år i Figur 27. Under mars och april 2016 uppmättes klart lägre halter jämfört med 2012 och 2013. Däremot var halterna högre under april och maj 2016 jämfört med 2014 och 2015.



Figur 27. Månadsmedelvärden av PM₁₀ på Hornsgatan och Sveavägen under okt-maj de fem senaste säsongerna.

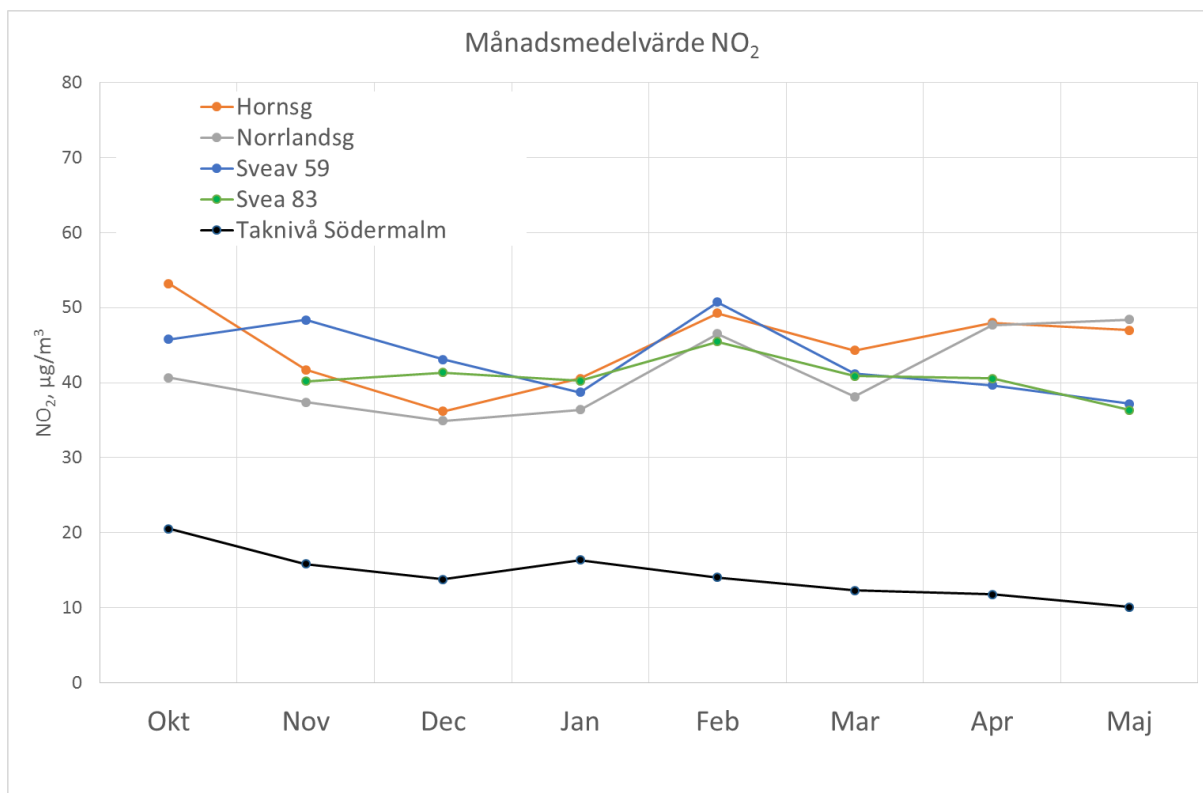
5.2.2. NO₂-halter

Periodmedelvärdet av NO₂-halterna under januari till maj för åren 2004–2016 visas i Figur 28. Till skillnad från motsvarande bild för PM₁₀ (Figur 25) så finns ingen tydligt nedåtgående trend i halterna. En mindre uppgång i halterna från 2014 till 2016 ses för samtliga stationer inklusive taknivå på Södermalm. NO₂ påverkas inte av vägytans fuktighet såsom PM₁₀ utan påverkas istället betydligt mer av till exempel vindhastigheten samt förekomsten av stabilt vinterväder.



Figur 28. Medelvärde för NO₂ under perioden 1 januari tom 31 maj på mätstationerna i Stockholm.

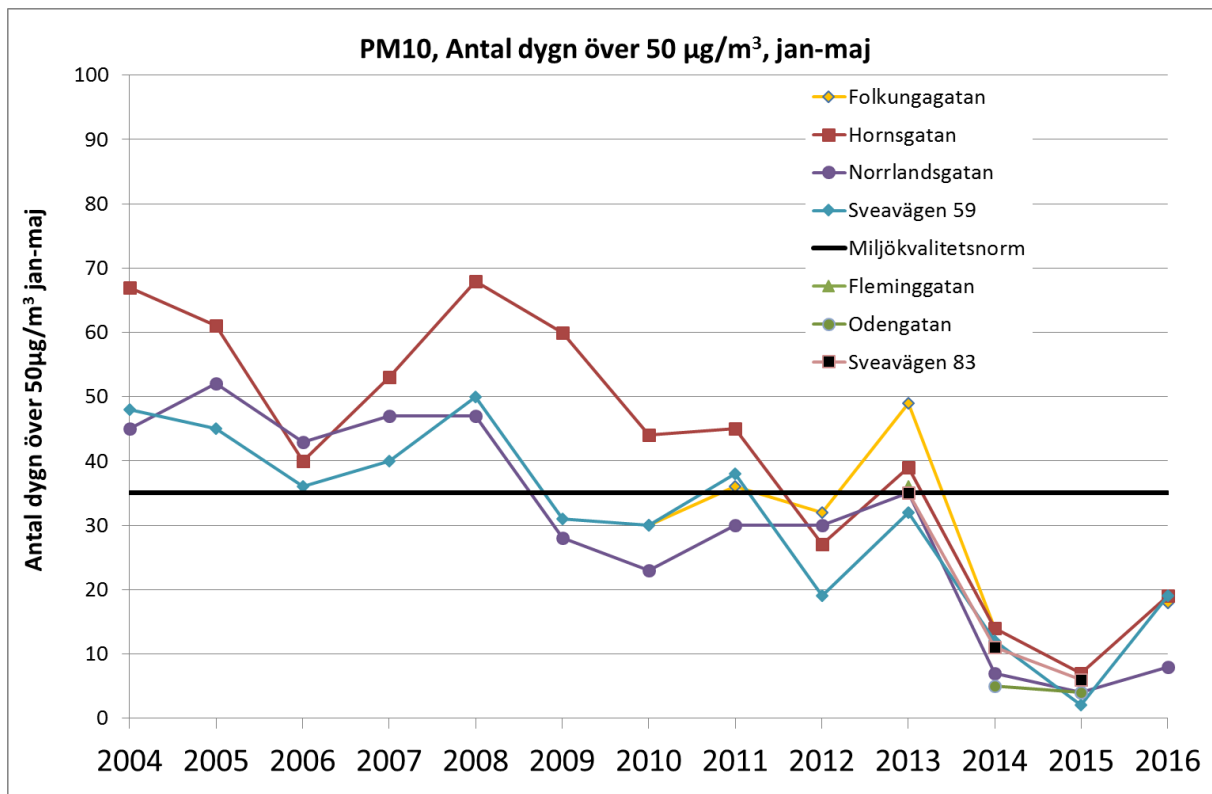
Till skillnad från PM₁₀ (Figur 26) så ses inga toppar för NO₂ under vårmånaderna (Figur 29). Februari uppvisade de högsta halterna och kan kopplas till vinterväder med sämre utvädring än andra månader.



Figur 29. Månadsmedelvärden av NO₂ under oktober 2015 till maj 2016.

5.2.3. Jämförelse mot miljö kvalitetsnormen för PM₁₀

Utvecklingen av antalet dygn med PM₁₀-halter över 50 µg/m³ under perioden januari till maj visas i Figur 30. Våren 2016 innehöll fler dygn med PM₁₀-halter över 50 µg/m³ än under 2014 och 2015. Däremot var antalet dygn över 50 µg/m³ under våren 2016 lägre än antalet dygn under alla år fram till och med 2013. Sett i det längre perspektivet så var alltså 2016 ett bra år med låga partikelhalter, men jämfört med 2014 och 2015 var det en ökning. Under hösten 2016 tillkom några dygn med PM₁₀-halter över 50 µg/m³ och totala antalet dygn över 50 µg/m³ på Hornsgatan och Folkungagatan hamnade på 21 dagar och på Sveavägen 22 dagar. Miljö kvalitetsnormen för PM₁₀ klarades alltså vid samtliga mätstationer i centrala Stockholm under hela 2016, vilket är tredje året i följd. Åtgärderna har varit en tydligt bidragande faktor till detta. Rapportering om halterna under hela 2016 redovisas i Eneroth 2017.



Figur 30. Antalet dygn med halter över miljökvalitetsnormen för PM₁₀ (50 µg/m³) under perioden 1 januari tom 31 maj på gatorna i Stockholm.

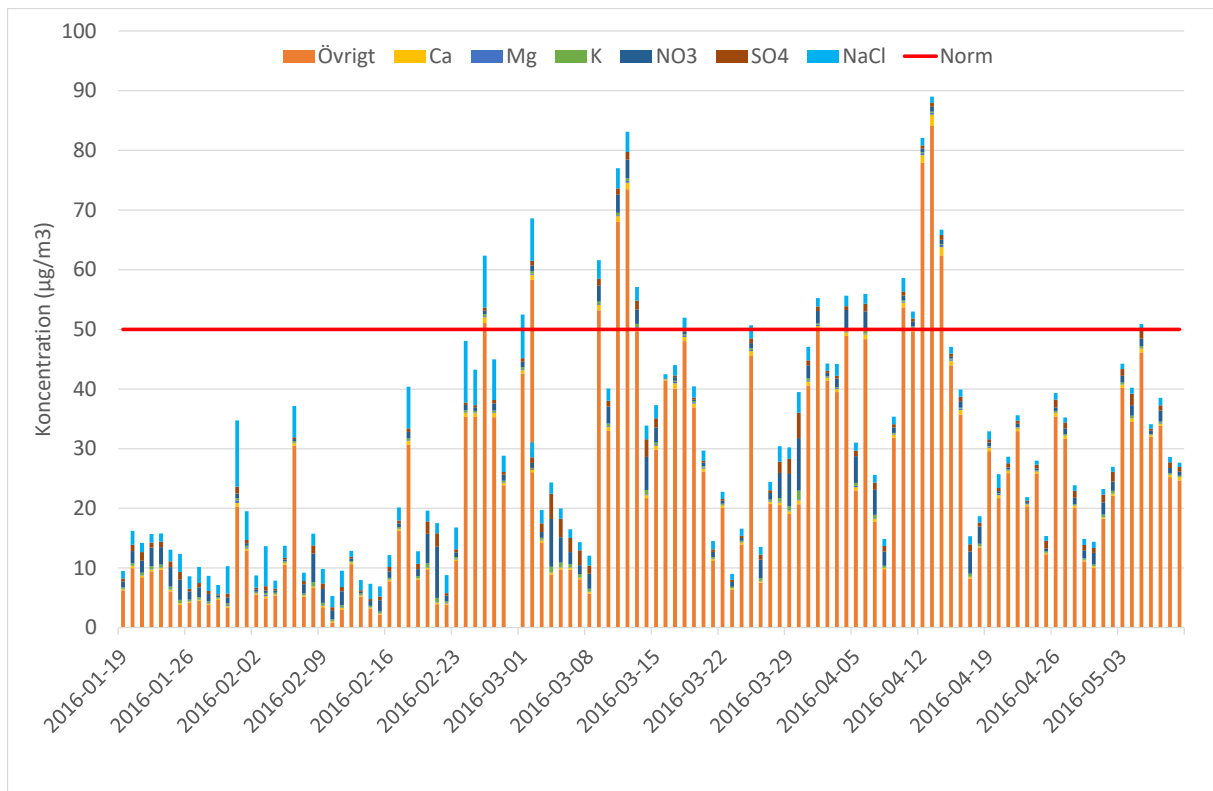
5.2.4. Kemiska analyser av PM₁₀

Figur 31 visar ett antal kemiska komponenter i PM₁₀ för januari – maj 2016. Natriumklorid, som till stor del sannolikt kommer från vägsalt, men också till viss del från havssalt, utgör i genomsnitt 7,6 % av den totala PM₁₀ -halten. Detta är betydligt mer än rapporterat tidigare år vilket sannolikt beror på att filterprovtagningen startade redan 1:a januari denna säsong under den period som saltningen var som mest intensiv. Föregående två säsonger startade mätningen 12:e februari respektive 29:e mars.

Vid 3 tillfällen (dygn) hade PM₁₀ -halten underskridit 50 µg/m³ om natriumklorid hade subtraherats från den totala halten, dvs. antalet överskridanden av normen hade minskat med 3 dagar från 18 till 15 dagar under den aktuella perioden.

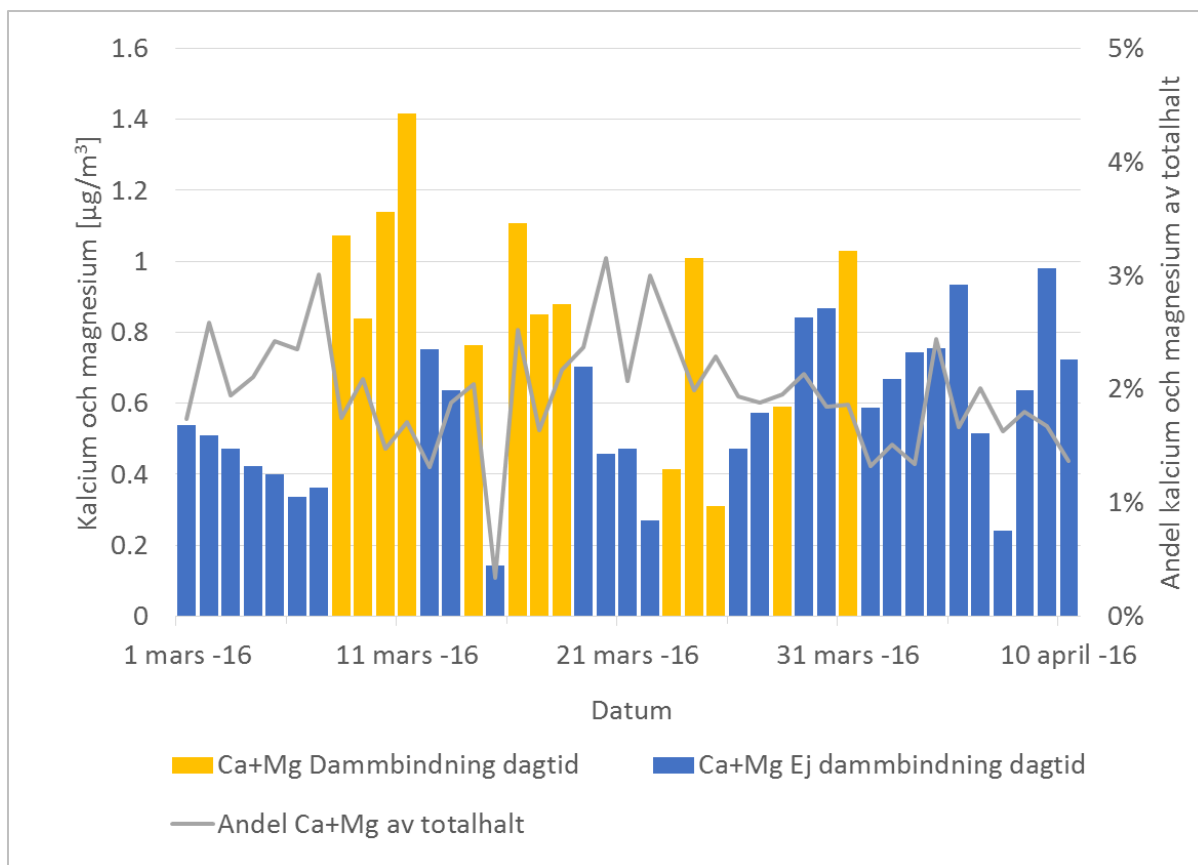
Övriga analyserade vattenlösliga joner är nitrat (5,8 %), sulfat (3,1 %), kalcium (1,5 %), kalium (1,1 %) och magnesium (0,4 %). Största delen är kemiska ämnen som inte analyserats. Denna del innefattar ammonium, mineraler, organiska ämnen, karbonat, elementärt kol, metaller och vatten (Areskoug m. fl., 2001).

Huvudsakliga ursprunget till nitraten och sulfaten är kväve och svavelutsläppen i Central-, Väst- och Östeuropa. Största delen av mineraler och metaller/metalloxider kommer från stenmaterial i vägbanan och sandningssand och bromsslitage. Organiska ämnen kommer både från förbränning av olika bränslen och från naturliga källor. Elementärt kol kommer från ofullständig förbränning.



Figur 31. Kemiska sammansättningen av PM_{10} på Hornsgatan under 18 januari–8 maj, 2016. Röd linje anger gränsvärdet, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En separat redogörelse av halterna av kalcium och magnesium, saltkomponenterna som ingår i CMA, har även genomförts för perioden då dammbindning utfördes dagtid (Figur 32). Halterna av kalcium och magnesium var i snitt drygt 50 % högre under de dygn som dammbindningsmedel lades ut dagtid jämfört med dygn utan dagtids utlägg. Det motsvarar dock låga absoluta halter, mindre än $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Andelen kalcium och magnesium av den totala partikelhalten är däremot i snitt densamma under dagar med, respektive utan dagtids utlägg av CMA.

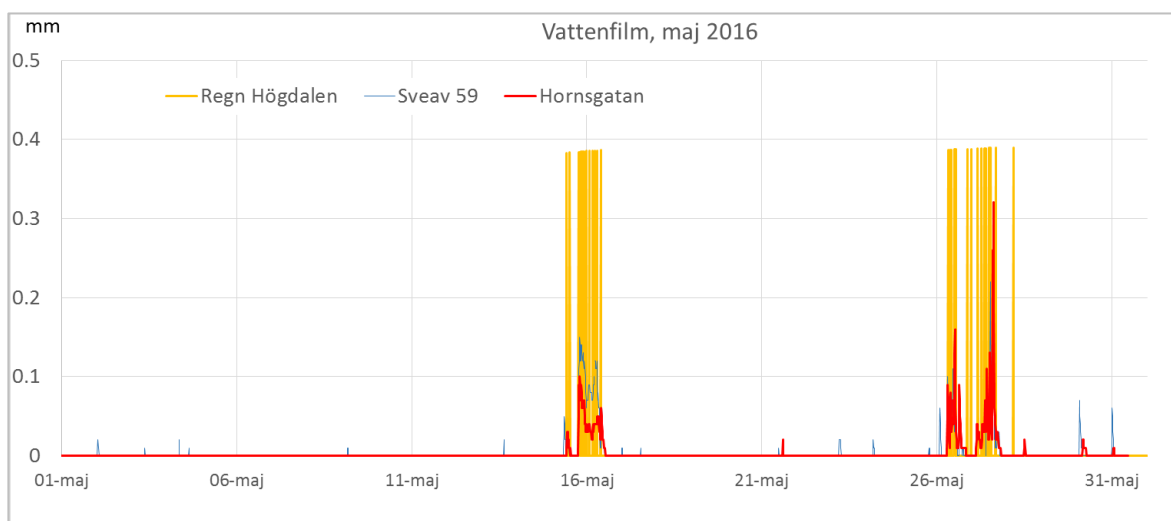
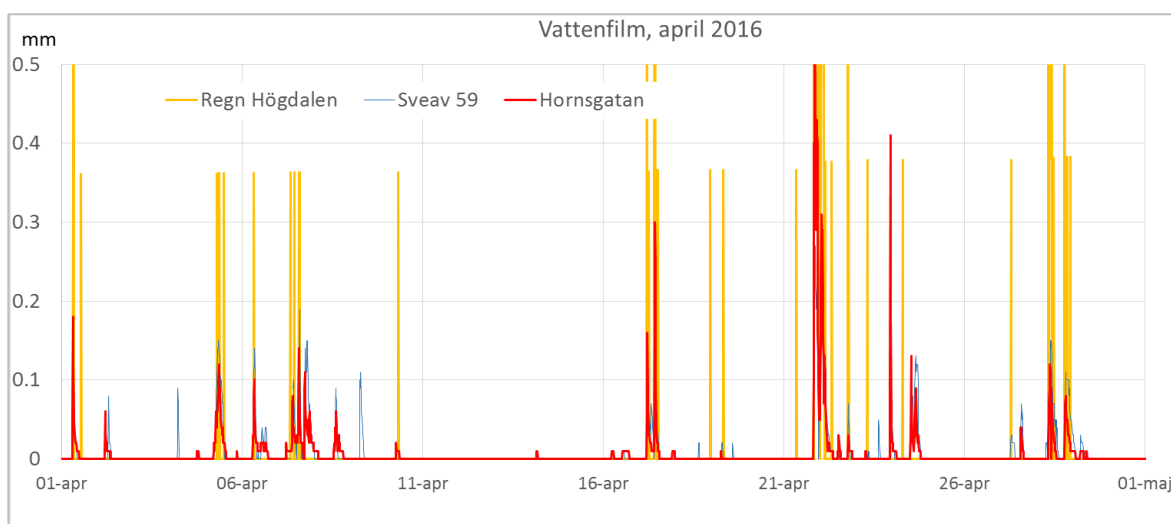
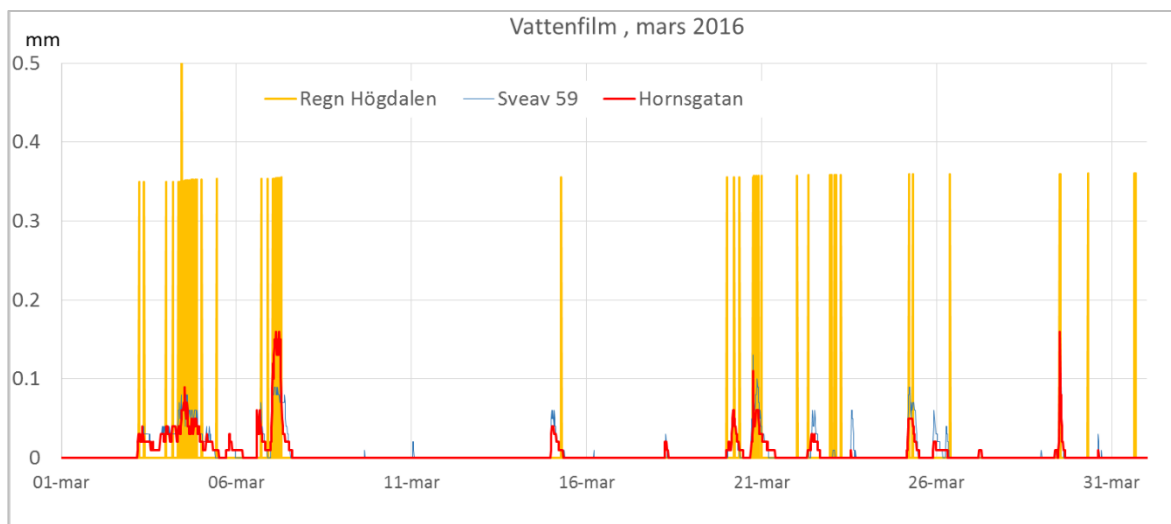


Figur 32. Koncentrationen saltkomponenterna av CMA (kalcium och magnesium) uppdelat mellan dygn då CMA lades ut respektive inte lades ut dagtid, samt andelen av totalhalten PM_{10} under 1 mars–10 april, 2016.

5.3. Åtgärdernas effekt på vägytans fuktighet

Under säsongen användes två sensorer (Vaisala DSC 111) som mätte vägytans fuktighet på Sveavägen 59 respektive Hornsgatan. I Figur 33 visas den uppmätta mängden vatten i millimeter på vägytan på de båda gatorna under mars, april och maj. I figuren visas även mängden regn per 15 minuter vid Högdalen. De toppar som syns i figurerna med vattenfilm över 0,1–0,2 mm beror till stor del på nederbörd som har tillfört vatten till vägytan. Trots att de båda gatorna är orienterade i olika väderstreck så är den uppmätta fuktigheten oftast lika. Precis som under tidigare försök så ger dammbindningen med CMA oftast inget utslag på sensorerna. De 10 g/m^2 CMA (bestående av 75 % vatten) som normalt läggs ut ger en vattenfilm som hamnar strax under sensorns detektionsgräns på 0,01 mm/m^2 (enligt uppgift från Vaisala) och det är därför svårt att detektera dammbindningen. Spolning gjordes under mars på Sveavägen 5 och 26 mars samt på Hornsgatan 5 och 27 mars. Både 5 och 26 mars döljs av vatten från nederbörd, men den 27 mars syns ett litet utslag på Hornsgatan. Under april utfördes spolning 2, 9, 17 och 23 april och på Hornsgatan 2, 10, 16 och 23 april. För samtliga av dessa tillfällen syns utslag på vattenfilm, men den 17 och 23 april döljs det av regntillfällena.

Från den 20 maj utfördes spolning varje vardagsnatt på båda gatorna vilket ger små utslag i mätvärdena under i stort sett varje natt.



Figur 33. Uppmätt vattenfilm (mm) på Sveavägen under mars, april och maj 2014.

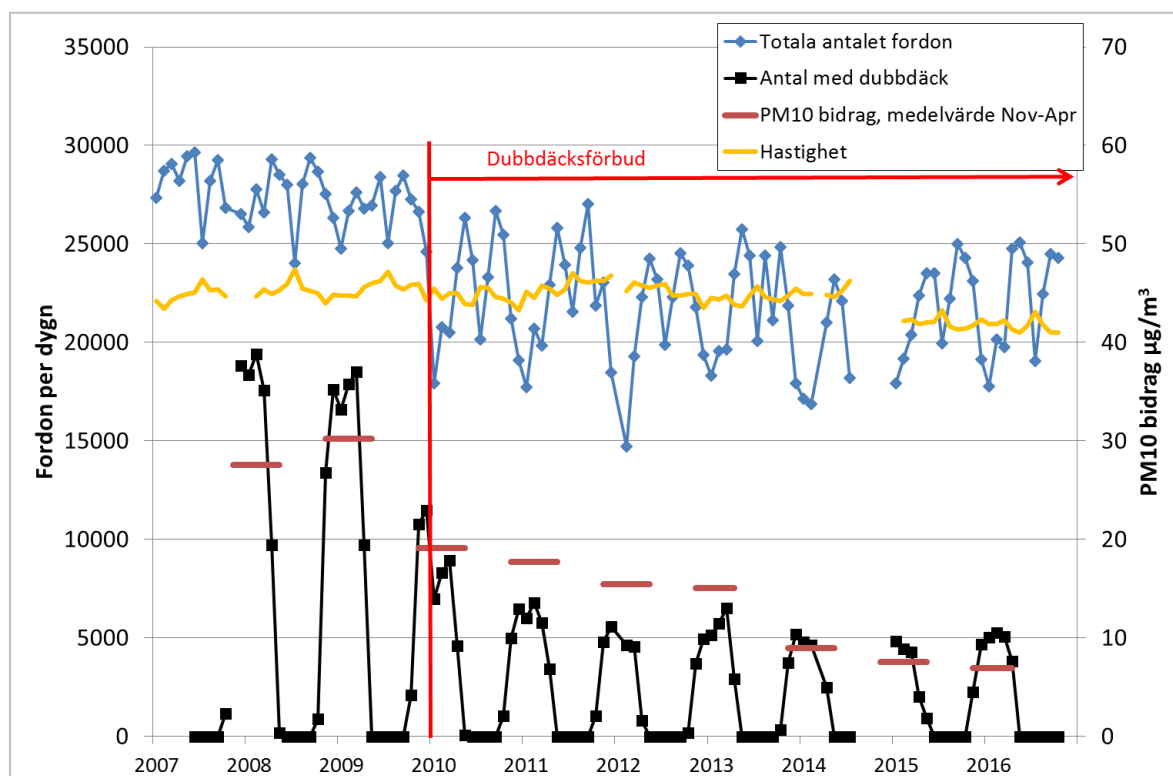
5.4. Åtgärdernas effekter på PM₁₀-halterna

5.4.1. Trafikmängd och antal fordon med dubbdäck

Figur 34 visar att både det totala antalet fordon och antalet fordon med dubbdäck på Hornsgatan har legat på ungefär samma nivå de senaste 3 åren och betydligt lägre än före förbudet 2010. Antalet fordon med dubbdäck per dygn var cirka 18 000 under vintrarna 2008 och 2009. Senaste vintern 2015/2016 var antalet fordon med dubbdäck cirka 5 000 fordon per dygn.

Figuren visar också att bidraget till PM₁₀-halterna från trafiken på Hornsgatan har sjunkit kraftigt sedan förbudet mot dubbdäck infördes, den 1 januari 2010. Bidraget till grova partiklar har varit ungefär detsamma de senaste 3 åren. Bidraget har beräknats som skillnaden mellan halten på Hornsgatan och halten i taknivå på Torkel Knutssongatan. Hastigheten har sjunkit något 2015–2016 jämfört med tidigare år.

För perioden november-april var medelvärdet 30 µg/m³ år 2008/2009 att jämföra med cirka 8 µg/m³ den senaste säsongen 2015/2016.



Figur 34. Utvecklingen av trafikflöde, dubbdäcksanvändning, hastighet och PM₁₀-bidrag på Hornsgatan.

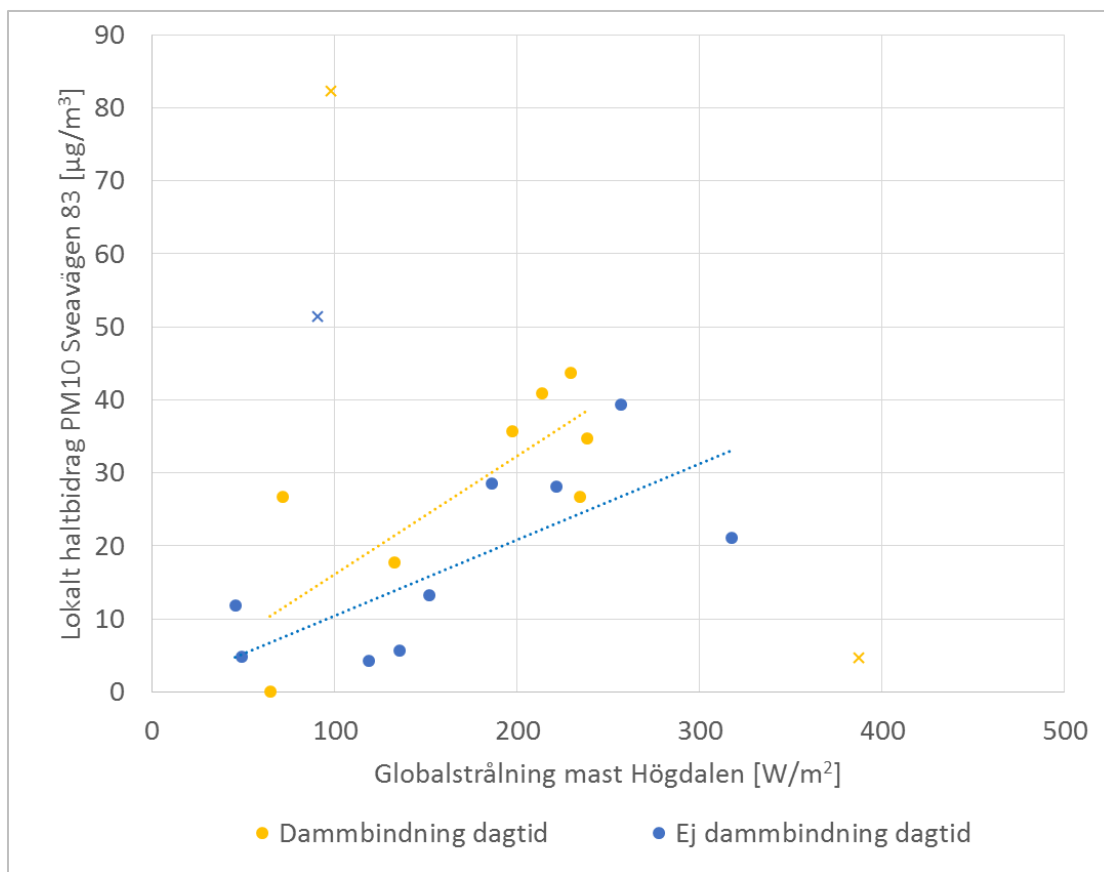
5.4.2. Utvärdering av dammbindning dagtid

Enligt planen skulle vägsträckan runt Sveavägen 83, förutom vanlig dammbindning nattetid, även dammbindas dagtid under mars 2016. Sveavägen 59 skulle användas som referensstation och där skulle därför inga utlägg göras dagtid. Under mars och första delen av april gjordes dock utlägg dagtid vid alla mätstationsgator, inklusive båda delarna av Sveavägen, med undantag för enstaka dagar enligt åtgärdsloggen. Analysen av effekten av dammbindning dagtid har därmed försvårats avsevärt.

För att analysera effekten av dammbindning dagtid har mätdata från Sveavägen 83 sorterats enligt följande kriterier:

- Trots att dagtids dammbindning pågått även i slutet av april (11–18 april) har endast data från mars till och med 10 april använts för att undvika att få med data då dubbdäcksanvändningen har sjunkit kraftigt. Andelen på Sveavägen var endast 18 % efter 10:e april och cirka 40 % normalt under dubbsäsong.
- Data mellan 12:00 och 19:00 har analyserats för att särskilja effekten av dammbindningen dagtid. Dagtid dammbindning har gjorts ungefär 12:00.
- Halter i urban bakgrund (taknivå på Södermalm) har dragits bort för att enbart studera PM₁₀ -halterna som beror av trafiken på Sveavägen.
- Endast regnfria dagar med övervägande torra körbanor har använts i analyserna. Kriteriet var att minst 5 av de 7 analyserade timmarna mellan 12:00 och 19:00 ska ha registrerats som torra av fuktmätarna i asfalten på Sveavägen.
- Partikelhalterna av PM₁₀ har även dividerats med halterna av kväveoxider, NO_x, för att i undvika meteorologiska effekter såsom vindriktning och vindhastighet på halterna.

Eftersom halterna inte kan ställas mot varandra på en referensstation och en försöksstation kommer solinstrålningen bidra till en bias i partikelhalterna. Soliga dagar kommer troligen att innebära högre partikelhalter. Därför har sambandet mellan solinstrålning och lokalt haltbidrag av PM₁₀ på Sveavägen 83 sammanställts. Resultaten visar att det finns ett samband mellan solinstrålning och PM₁₀-halterna, se Figur 35. Detta samband syns även då kvoten PM₁₀/NO_x plottas mot solinstrålningen. Några dagar sticker ut jämfört med de andra, den 8:e och 28:e mars då dammbindning utfördes dagtid samt 2 april då dammbindning inte utfördes dagtid. Den 8:e mars samt den 2:a april kan detta förklaras av att det varit regn 5 respektive 4 dagar innan, vilket troligen gjort att dammdepåerna byggts upp. Solinstrålningen var inte stor på eftermiddagen den 8:e mars och 2:a april men ändå tillräcklig för att få torrt väglag, vilket gör att partiklar kunde frigöras och ge höga partikelhalter. Detta trots att dammbindning gjordes dagtid den 8:e mars. Även den 9:e mars syns effekter men data behölls ändå för korrelationen. Den 28:e mars ger inte meteorologin någon uppenbar förklaring till de avvikande låga PM₁₀-halterna i förhållande till solinstrålningen.



Figur 35. Korrelation mellan lokalt haltbidrag av PM₁₀ under torra dygn och solinstrålningen på Sveavägen 83 mellan 1 mars - 10 april 2016. All data gäller kl. 12–19. Dessa är uppdelade mellan dygn med dammbindning dagtid och icke dammbindning dagtid. "x" visar de exkluderade datapunkterna, där uppmätt PM₁₀-halt var ovanlig hög eller låg i förhållande till solinstrålningen.

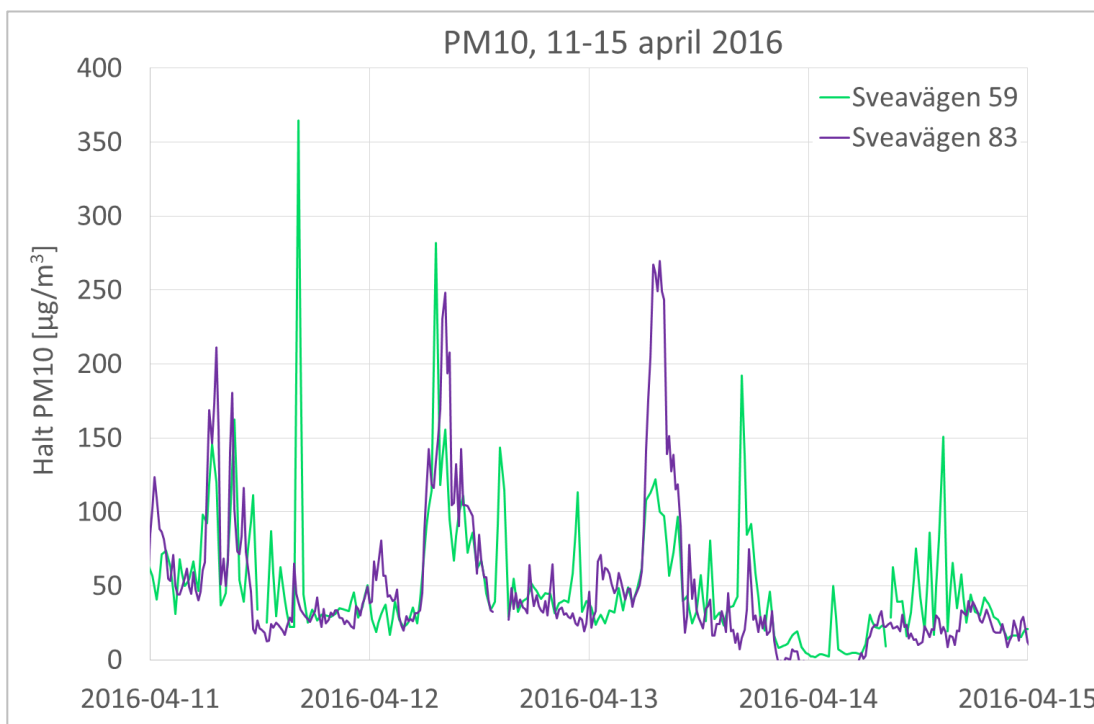
Sambanden mellan PM₁₀ -halt och solinstrålning som visas i Figur 35 antyder att samma mängd solinstrålning korrelerar till högre partikelhalter under dygn med dammbindning dagtid än de utan, vilket är motsatsen till vad som förväntas. I Figur 35 kan det även utläsas att dammbindningen till stor del utfördes dagtid under dagarna med högst lokalt haltbidrag, vilket är positivt. Resultaten från den kemiska analysen av filterprover (avsnitt 5.6.) visar att halterna av de grundämnen som finns i dammbindningsmedlet CMA, kalcium och magnesium, återfunnits i PM₁₀ i högre grad under dygn med dagtids dammbindning jämfört med dagar utan. Både totalt sett och under de torra dygna. Det kan tolkas som att dammbindningssaltet torkar upp och snarare bidrar till en haltökning än en sänkning under dagarna med dammbindning dagtid. Om det antas att allt magnesium och kalcium härstammar från CMA, vilket är en överskattning eftersom det även kommer från andra källor, skulle det ändå inte ensamt kunna förklara de högre halterna under dagar med dammbindning dagtid, eftersom det handlar om maximalt enstaka mikrogram/m³. Det visar samtidigt ändå att dammbindningen kan ha en begränsad effekt dagtid, men eftersom saltanalyserna görs på dygnsbasis är det oklart hur länge effekten varar. Det bör även noteras att mängden datapunkter är mycket begränsad och att osäkerheterna därför är stora.

Frågan återstår, i och med det, varför eftermiddagshalterna verkar vara högre vid dagtids dammbindning än utan dammbindning. Vid en närmare titt på dataunderlaget kan det konstateras att majoriteten av de dygn som sorterats ut som torra och icke dammbundna dagtid är helgdagar. Inga av de torra, dagtids dammbundna eftermiddagarna är däremot helgdagar. Frågan är om det är anledningen till skillnaden. Trafikmängd, trafiksammansättningen av tunga och lätta fordon och flyt i trafiken och

hastighet skiljer sig vanligtvis mellan vardagar och helgdagar. Alla dessa aspekter påverkar partikel- och kväveoxidemissioner. I och med att data endast finns för en dryg månad och att fuktiga dagar måste sorteras ut återstår alltför få datapunkter för att kunna göra en ordentlig ytterligare analys av endast vardagar. För framtida liknande försök och möjligheterna att utvärdera dem är det viktigt att säkerställa behovet av en referenssträcka.

5.4.3. Utvärdering av kvartersvis dammbindning och vakuumsugning

Under april testades effekten av att utföra dammbindning även på kvarteren kring mätstationen på Sveavägen 59. Detta för att bedöma i vilken utsträckning PM_{10} -halterna i mätpunkten påverkas av damm från anslutande gator. Under försöksperioden pågick en fasadrenovering vid mätstationen. För att kunna undvika att utvärdera renoveringseffekten snarare än den kvartersvisa dammbindningen har möjligheten att sortera ut data utan påverkan från byggnaden undersökts men dömts ut då det är en arbetsam och otillförlitlig metod. Vissa tillfällen är det relativt uppenbart att halterna påverkats av byggnationen, andra är det mer oklart. I Figur 36 nedan syns några dagar under april då PM_{10} -halterna sannolikt påverkats av renoveringen. Notera att plötsliga spikar i mätdata uppträder mest dagtid på Sveavägen 59 men det syns även en tydlig haltökning kl. 23.00 den 12 april som gissningsvis inte beror på renoveringen. På grund av denna störning bedöms det inte meningsfullt att utvärdera denna åtgärd för denna säsong.



Figur 36. Uppmätta PM_{10} -halter på Sveavägen 59 samt Sveavägen 83 under 11–15 april 2016.

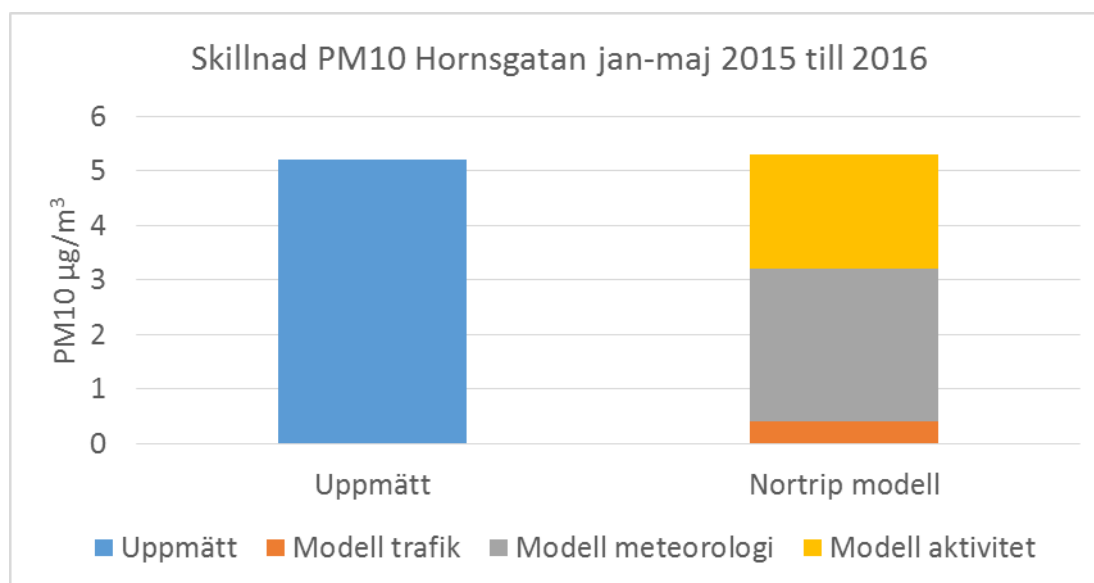
5.4.4. Utvärdering av PM_{10} -halterna med hjälp av Nortrip-modellen

Inom ett nordiskt samarbetsprojekt Nortrip (Non-Exhaust Road TRaffic Induced Particle Emissions) har en beräkningsmodell tagits fram för att studera emissioner och halter av partiklar från vägdam. Nortrip-modellen är beskriven i två vetenskapliga publikationer (Denby m. fl., 2013a, Denby m. fl., 2013b). Modellen har mycket framgångsrikt använts i flera studier gällande åtgärder i nordiska länder. Den har bland annat använts på Hornsgatan där effekten av dubbdäcksförbudet har analyserats (Johansson m. fl., 2011) och resultaten har publicerats i en vetenskapligt granskad artikel (Norman m. fl., 2016). Den användes även för att utvärdera dubbdäckförbudet på Kungsgatan och Fleminggatan (Norman, 2016).

Nortrip-modellen har använts på Hornsgatan för att utvärdera PM-halterna under januari till och med maj för 2016. För jämförelse så användes även modellen för att beräkna halterna under motsvarande period under 2015. För att studera vad som orsakade skillnaden mellan 2015 och 2016 så gjordes en modellkörning med 2016 års meteorologi, men med 2015 års trafik. Genom att göra denna analys så får vi fram hur stor del av skillnaden som orsakades av förändringar i trafikparametrar och hur stor del som berodde på meteorologin.

I Figur 25 framgår att PM₁₀-halterna på Hornsgatan under januari till och med maj var 4,7 µg/m³ högre under 2016 (27,7 µg/m³) jämfört med 2015 (23,0 µg/m³). Samtidigt minskade den regionala bakgrundshalten något från 2015 till 2016. Om den regionala bakgrundshalten räknas bort så var ökningen av det lokala bidraget för PM₁₀ på Hornsgatan 5,2 µg/m³ från 2015 till 2016. NORTRIP-modellen visar även den på en kraftig ökning med 5,3 µg/m³, Figur 37. Både totala trafiken och dubbdäcksandelen ökade något på Hornsgatan från 2015 till 2016 (Figur 2 och Figur 34). Trots det orsakade dessa förändringar endast 0,3 µg/m³ (~10 %) av ökningen mellan 2015 till 2016. Istället visade modellresultaten att största delen, 2,8 µg/m³ (~50 %) av ökningen mellan 2015 och 2016 orsakades av skillnader i meteorologin mellan 2015 till 2016, Figur 37. Modellberäkningarna visade samtidigt att 2,1 µg/m³ (~40 %) av skillnaden kan förklaras med skillnaden i aktivitet mellan 2015 och 2016. Med aktivitet avses dammbindning, städning, sandupptag, sand samt salt.

Det bör påpekas att värdet för skillnaden i Figur 37 är ett teoretiskt värde. Genom att flytta 2015 års åtgärder till 2016 har ingen hänsyn tagits till det rådande vädret under 2016. Till exempel kan åtgärder ha hamnat under perioder med snö på marken när de inte skulle ha gjorts i verkligheten.



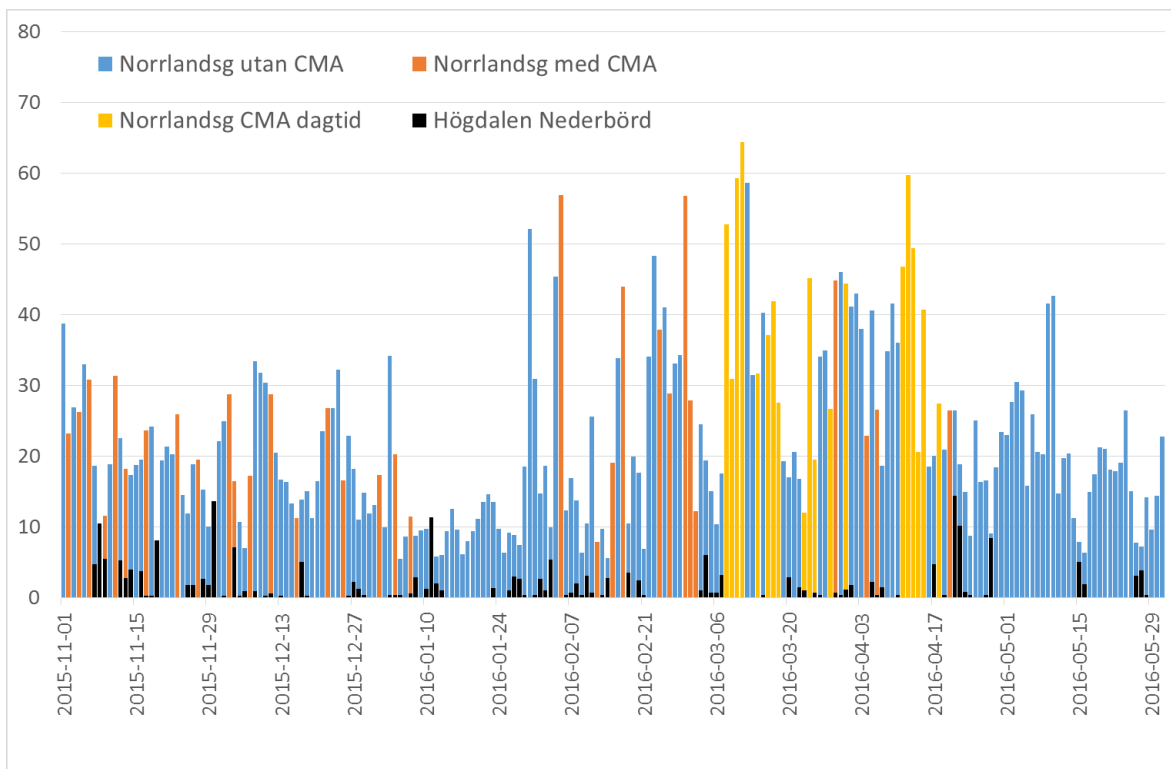
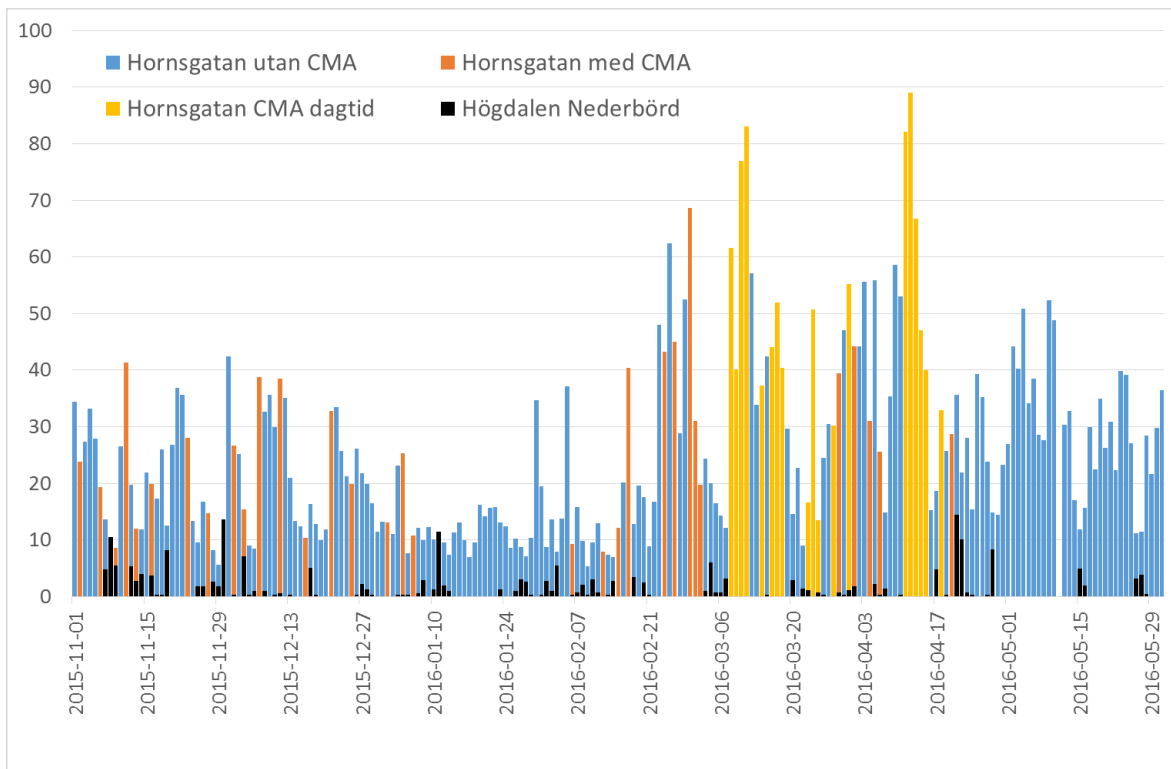
Figur 37. Uppmätt och beräknad skillnad mellan 2015 och 2016 i PM₁₀-halter under jan–maj på Hornsgatan.

5.4.5. Optimering av dammbindningen

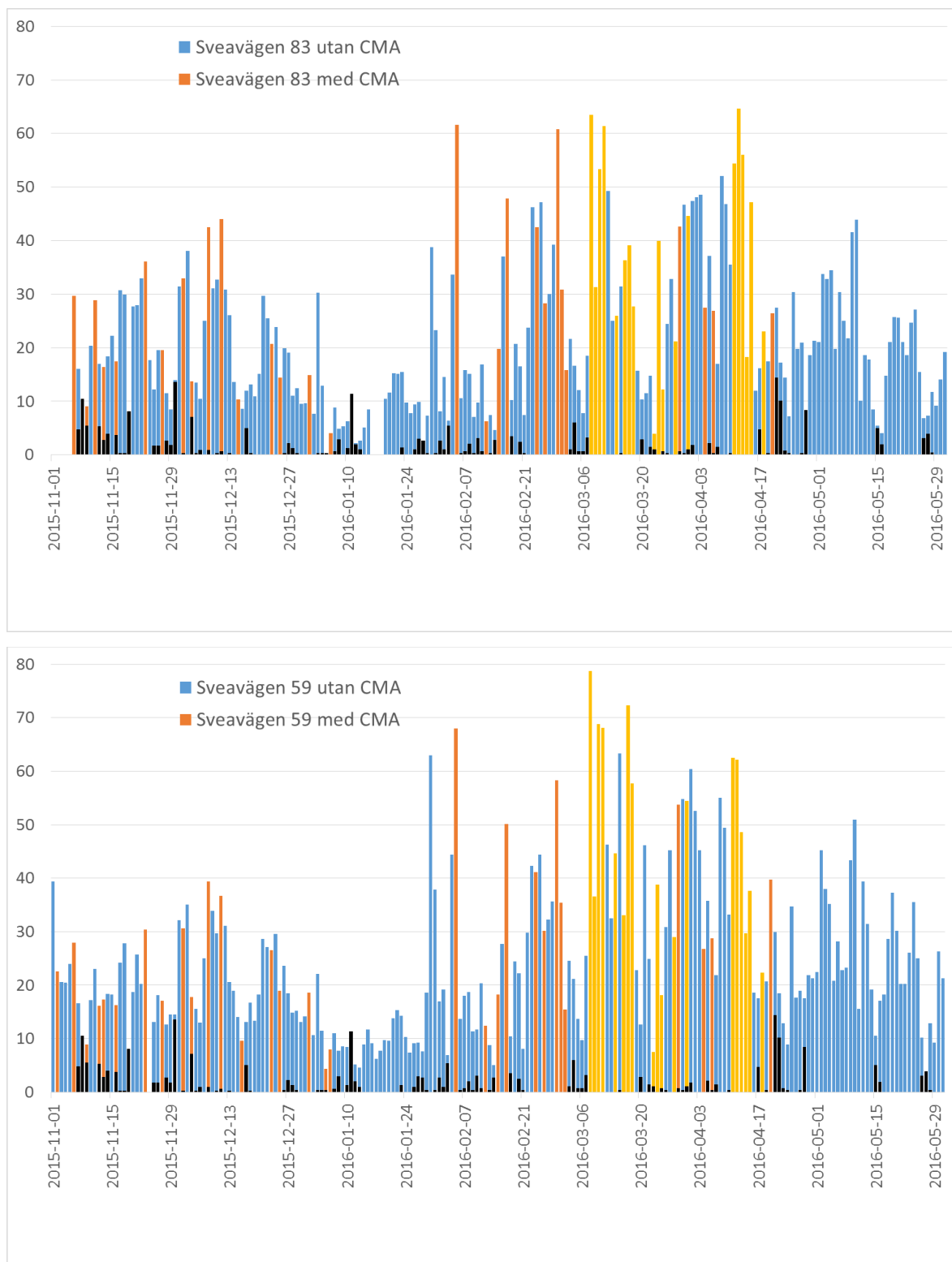
Dammbindningen har gjorts i stor skala under den gånga säsongen. Samtliga mätdata från Hornsgatan och Norrlandsgatan visas i Figur 38 och data från de två mätstationerna på Sveavägen i Figur 39. Data är uppdelade i dygn med CMA samt dygn utan CMA. Dessutom finns mängden nederbörd under varje dygn med i figurerna. I stort sett så har behandlingen med CMA lyckats med att pricka in dygnen med de högsta PM₁₀-halterna under februari till maj, vilket till stor del har varit syftet. Ett par undantag finns dock. Under de två sista dagarna i januari uppmättes två dygn med höga PM₁₀ - halter som till och med för det ena dygnet översteg 50 µg/m³. Detta beror på att körbanorna torkade upp samtidigt

som ingen dammbindning gjordes. Detta illustrerar ett av de svåraste problemen, att kunna prognosera när de första dygnen under våren med torra körbanor inträffar och då hinna dammbinda. Där finns en förbättringspotential att förbättra åtgärderna.

Under november och december var halterna lägre och inga dygn med halter över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmättes. På Sveavägen uppmättes upp till och ibland över $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ under november och det är möjligt att dessa dygn hade överskridit $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ om dammbindning inte utförts. Under december gjordes dammbindning under några dygn där halterna samtidigt generellt var låga ($<20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Om man önskar minska antalet dammbindningstillfällen så visar mätdata från säsongen 2015/2016 att tillfällena under december i så fall hade kunnat minskas utan någon risk för överskridanden av $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dock bör man även ha i åtanke målet för frisk luft.



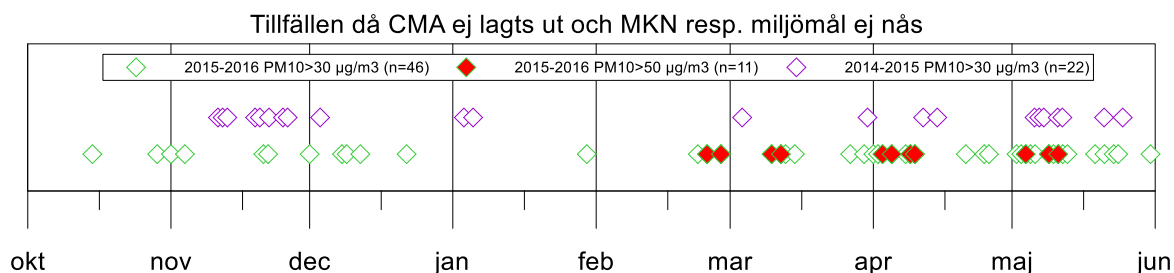
Figur 38. Uppmätta dygnmedelhalter av PM_{10} på Hornsgatan och Norrlandsgatan uppdelat i dygn med och utan CMA-behandling.



Figur 39. Uppmätta dygnmedelhalter av PM₁₀ på Sveavägen 59 och 83 uppdelat i dygn med och utan CMA-behandling.

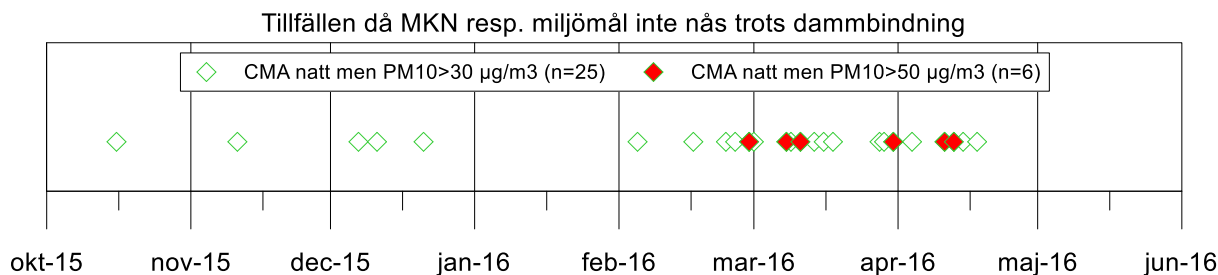
För att identifiera och kvantifiera de ovan diskuterade situationerna, då CMA eventuellt borde lagts ut för att förhindra höga PM₁₀-halter eller då CMA möjligen lagts ut i onödan provades att, utifrån villkor i data, analysera dammbindningsåtgärder, nederbörd, vägfukt och PM₁₀-data för Hornsgatan. Det kan tilläggas att endast vid två dygn användes enbart CMA. Alla övriga tillfällen körde även vakuumsugen

på gatorna varför effekten av enbart CMA egentligen inte går att studera explicit. Dock har tidigare studier visat att dammbindning är den åtgärd som ger överlägset tydligast effekt vid jämförelser från dygn till dygn. För att identifiera den första kategorin sorterades tillfällena ut då PM_{10} -normen överskridits, men ingen CMA lagts ut. Till skillnad från föregående säsong kunde 11 tillfällen identifieras från slutet på februari till mitten på maj (Figur 40). Dessutom identifierades 46 dygn då miljömålsvärdet för PM_{10} $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ överskreds. Detta kan jämföras med 22 dygn föregående säsong. De flesta tillfällena inträffar på våren, varav en stor andel efter det att dammbindningen avslutats i senare delen av april. Detta pekar på att dammbindningen borde fortsatt åtminstone till mitten på maj, för att ytterligare reducera antalet överskridanden. Vid ett antal dygn på våren under CMA-perioden, har också PM_{10} -normen överskridits. Orsaken till att CMA inte lagts ut vid dessa tillfällen är oklar.



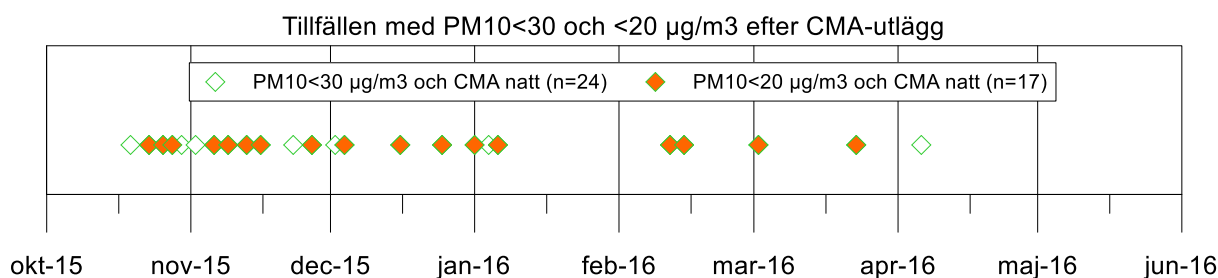
Figur 40. Dygn då CMA ej lagts ut och gränsvärdet för miljö kvalitetsnormen respektive miljömålet överskridits. För jämförelse har motsvarande dygn under föregående säsong (2014–2015) lagts in.

Trots 68 CMA-utläggningar på Hornsgatan under säsongen, finns tillfällen då detta inte varit tillräckligt för att dämpa halterna till nivåer under norm- och målvärdena. Figur 41 visar dygn då gränsvärdena för MKN och miljömålet överskridits trots att CMA spridits natten före. Dessa dygn inträffar, som förväntat främst under våren då halterna är höga. Vid sex tillfällen överskrids MKN.



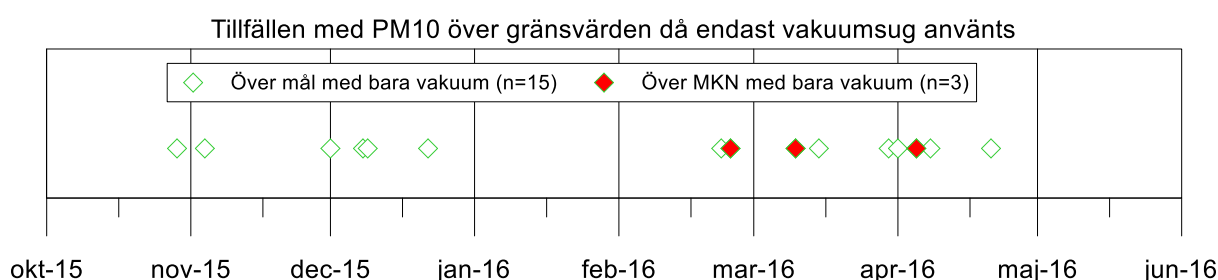
Figur 41. Dygn då gränsvärdena för MKN och miljömålet överskridits trots föregående CMA-behandling.

Observationen tidigare att CMA lagts ut vid ett antal tillfällen då halterna ändå varit låga dagen efter kan undersökas genom att anta att CMA som bäst har en fyrtioprocentig reducerande effekt (Gustafsson m. fl., 2010) på dygnsmedelvärdet för PM_{10} , vilket medför att om halterna är 60 % av MKN:s gränsvärde $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, det vill säga $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och CMA ändå lagts ut natten före, bör denna CMA-utläggning varit onödig för att nå normvärdet. Analysen i Figur 42 visar att 24 sådana tillfällen inträffat under säsongen och bekräftar att det främst är i november och december som dessa tillfällen inträffar. Även då PM_{10} -kriteriet för urvalet sänks till $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 % av gränsvärdet för MKN) har CMA lagts ut vid 17 tillfällen. Det är viktigt att påpeka att även reduktioner i låga halter är gynnsamma för hälsoutfallet. Utläggningarna är endast ”onödiga” för gränsvärdesuppfyllandet.



Figur 42. Dagn med PM₁₀-halter lägre än 30 µg/m³ (60 % av MKN:s gränsvärde) och lägre än 20 µg/m³ (20 % av MKN:s gränsvärde) då CMA lagts ut.

Även om CMA-tillfällen utan vakuumsug är för få för att utvärdera, så har vakuumsugen å andra sidan gått betydligt fler nätter då CMA inte lagts ut (68 tillfällen). Figur 43 visar tillfällen då gränsvärde för PM₁₀ i MKN och miljömål överskrids då vakuumsug är enda åtgärden som genomförts under natten. Vid 3 tillfällen (drygt 4 %) överskrids normen och vid 15 (22 %) målvärdet.



Figur 43. Dagn med PM₁₀ över miljömål och MKN då endast vakuumsug använts.

CMA läggs normalt inte ut om vädret är för fuktigt eller regnigt.

Som har beskrivits tidigare i rapporten så gjordes färre dammbindningar med CMA under 2016 jämfört med 2015, men samtidigt betydligt fler städinsatser. För att studera hur stor skillnad i PM₁₀-halten som förändringen i driften kan ha gett så användes Nortrip modellen på Hornsgatan (se 5.4.4). Modellen användes till att beräkna PM₁₀-halterna på Hornsgatan under 2016, men loggen med åtgärder för 2015 användes (men med ett års förskjutning) istället för de som verkligen gjordes under 2016. Resultatet visade att PM₁₀-halterna under januari till och med maj hade varit 2 µg/m³ lägre under 2016 om åtgärder motsvarande 2015 hade utförts.

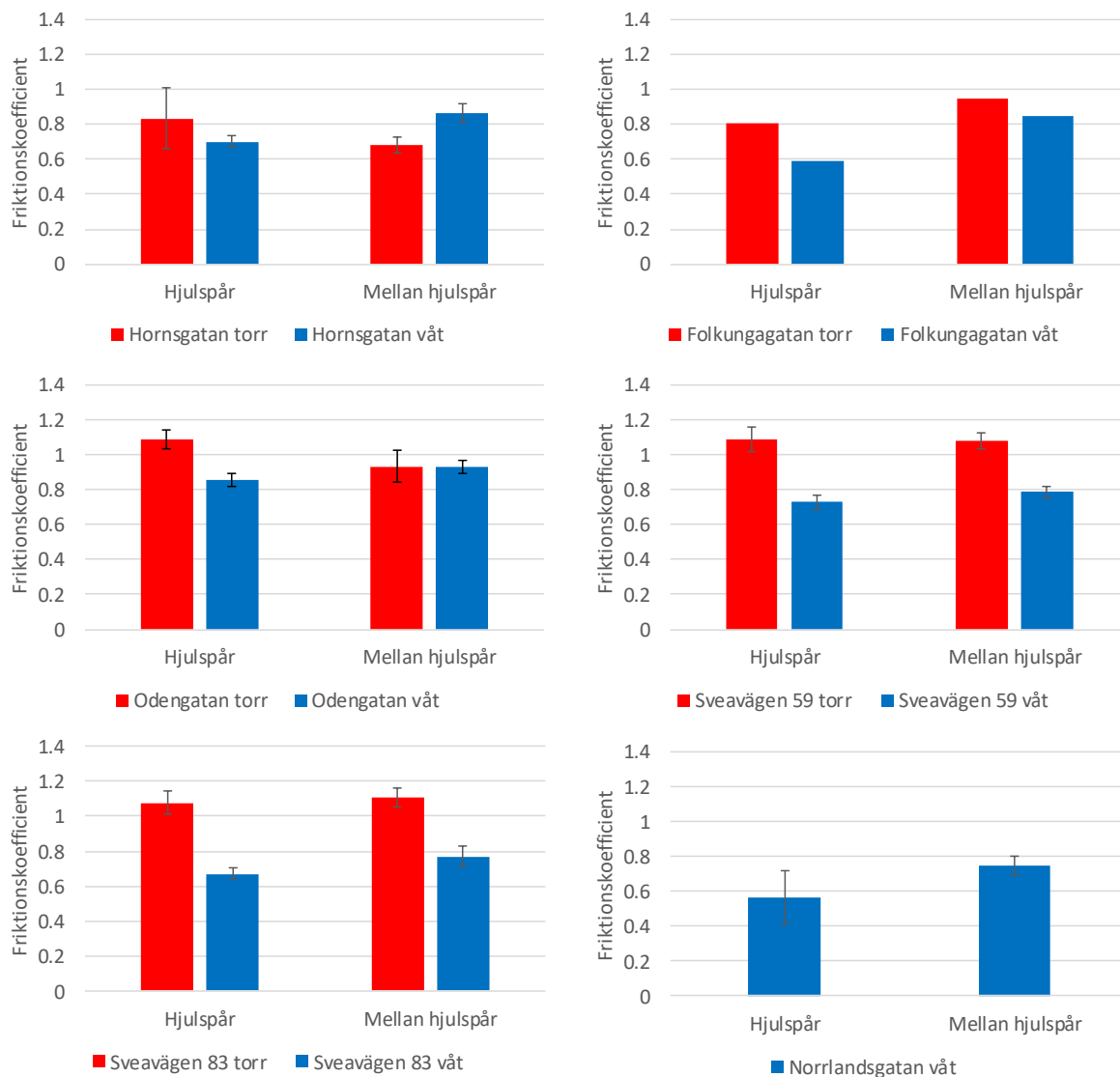
5.5. Friktion

Huvudsyftet med uppföljningen av friktion var att kontrollera om den förhållandevis omfattande CMA-behandlingen av försöksgatorna påverkade friktionen negativt. Ackumulering av CMA kan eventuellt medföra minskad friktion vid torr vägbana, vilket tidigare studier indikerat. Eventuella effekter på friktionen av lägre dubbdäcksandel på Hornsgatan är också av intresse.

5.5.1. Friktion uppmätt med Portable friction tester (PFT)

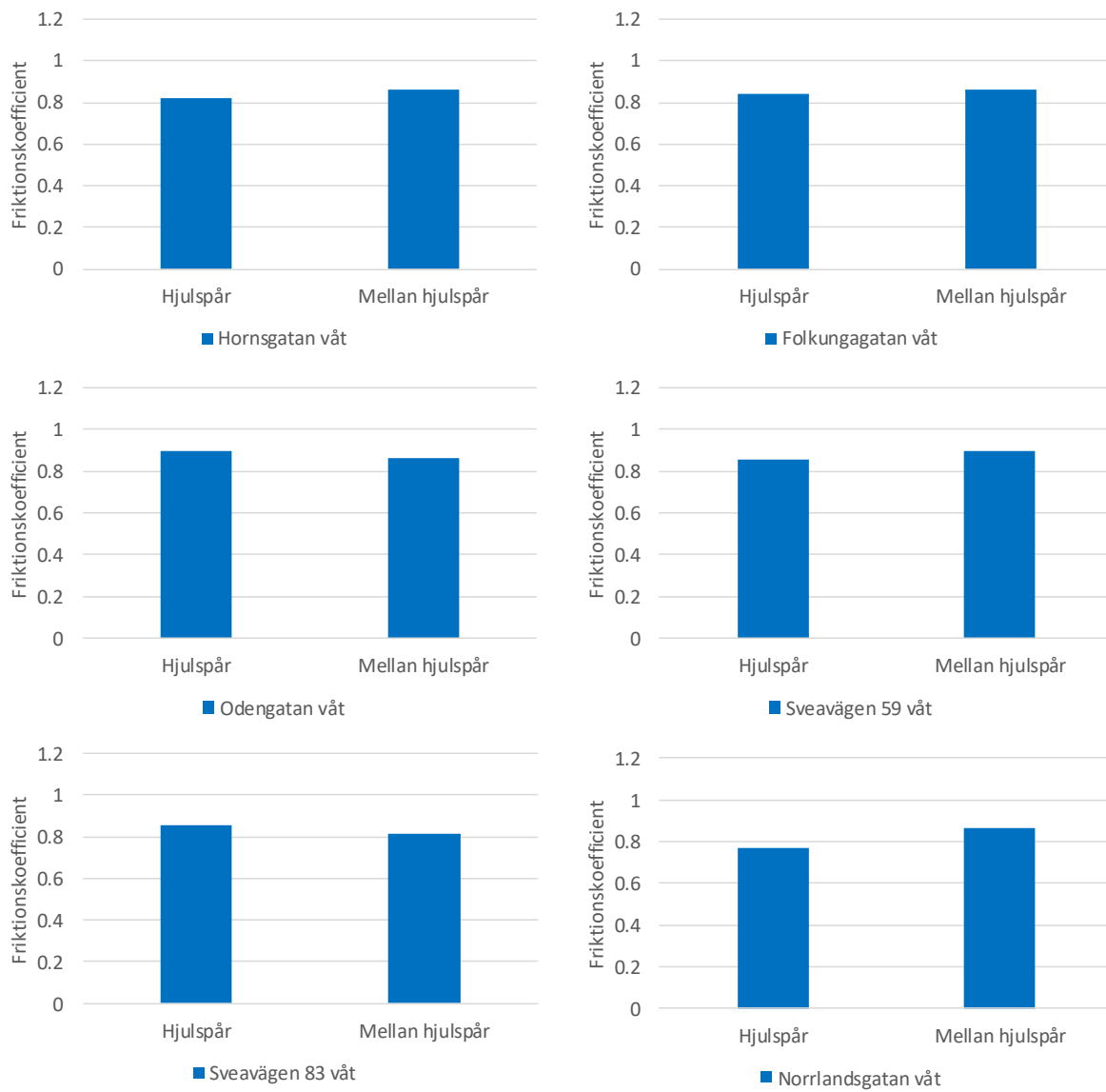
Tanken med friktionsmätningarna var att följa upp skillnaden mellan torr och våt vägbana i relation till CMA-användning. Då vägbanan var fuktig vid alla mättillfällen utom ett, genomfördes friktionsmätningarna endast vid de två första tillfällena, varav det andra endast innehöll våtfriktion. Figur 44 visar torr- och våtfriktion på mätgatorna 2015-10-13. På Norrlandsgatan hade en spolbil gjort vägytan våt, varför ingen torrfraktion mätts där. Generellt är våtfriktionen något lägre än torrfraktionen, men inte vid något tillfälle under 0,5. I hjulspår är detta fallet på alla gator där torr- och våtfriktion uppmätts, medan ytan mellan hjulspår är mindre tydlig. På Hornsgatan är till och med våtfriktionen högre än torrfraktionen mellan hjulspår. Tidigare år (Gustafsson m. fl., 2015) har en typ av "torrhalka"

noterats då mycket CMA och damm ansamlats under en längre period utan att sköljas bort. Vid detta tillfälle har dock ingen CMA lagts ut än, varför anledningen till den lägre torrfriktionen är oklar. Mätpunkterna på Sveavägen har en påtagligt större och signifikant skillnad mellan torr- och våtfriktion än Hornsgatan, Folkungagatan och Odengatan, vilket är ett mönster som även noterats tidigare år och sannolikt kopplat till skillnader i beläggningarnas ytegenskaper.



Figur 44. Torr- och våtfriktion uppmätt med PFT 2015-10-13.

Vid mättillfället 2015-10-20 (Figur 45) uppmättes endast våtfriktion och samtliga ytor hade en friktion på cirka 0,8.



Figur 45. Torr- och våtfriktion uppmätt med PFT 2015-10-20.

6. Diskussion

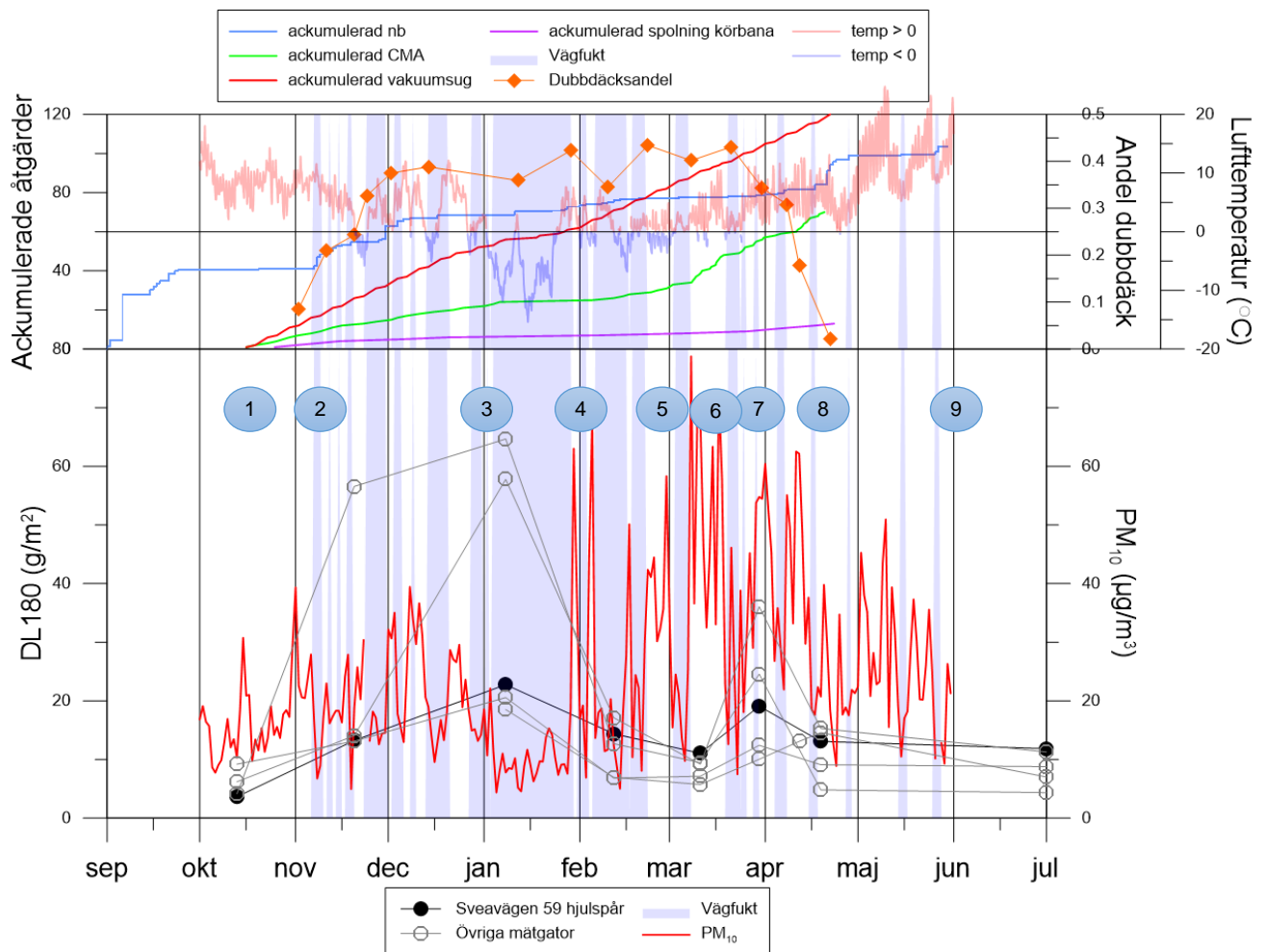
PM₁₀-halterna var under säsongen högre än under föregående säsong, men fortfarande klaras normen med god marginal, vilket tyder på att de åtgärder som Stockholms stad vidtagit ger fortsatt resultat. Förutom de här behandlade åtgärderna kopplade till gatudriften, bidrar dubbdäcksförbudet (och medföljande trafikminskning), trängselskatter och hastighetssänkningar till resultatet. Förändring i meteorologin var den största orsaken till att PM₁₀-halterna under 2015–2016 ökade jämfört med föregående säsong 2014–2015. Trots det bedömdes vädret som förhållandevis gynnsamt under vintersäsongen. Milt, med lite snö och torrare körbanor 2015–2016 än tidigare år i februari och mars har medfört ett minskat behov av halkbekämpning, låg ackumulering av damm i vägmiljön och större möjligheter för bildat damm att ventileras bort ur gaturummet. Den ofta förekommande PM₁₀-toppen under mars och april har därmed förebyggts av såväl meteorologi som åtgärder.

På flera gator har en tidigare sjunkande trend i vägdammsförrådet denna säsong vänt uppåt. Detta trots en betydligt högre intensitet i vakuumsugning denna säsong än tidigare, vilket möjligen kan förklaras av fuktigare vägbanor under mars och april. Mindre dammbindning under säsongen borde rimligen resultera i lägre dammängder bundna vid vägytan, men detta går inte att urskilja i data.

Såväl DL180 som mängderna och andelarna av partiklar under 10 µm (DL10) på vägytan varierar kraftigt från gata till gata och har en tydlig säsongsvariation med de lägsta nivåerna på hösten och sen vår.

Variationerna i jonmängderna på vägytan visar en tydlig koppling till utläggning av CMA och vägsalt och reagerar med snabbt minskande nivåer efter nederbörd.

Som observerats även tidigare säsonger, är kopplingen mellan PM₁₀ och vägdammsförrådet inte självklart. Höga DL180-nivåer behöver inte betyda samtidigt höga PM₁₀-halter. Sambanden är komplexa. Nedan följer ett resonemang kring hur dammkällor, åtgärder, nederbörd och dammförråd påverkat PM₁₀-halterna under säsongen 2015–2016. I Figur 46 visas lokalt bidrag till PM₁₀ och DL180 i hjulspår tillsammans med vägfukt, nederbörd och åtgärderna CMA, vakuumsug och spolning. DL180 i hjulspår uppvisar samma mönster på samtliga mätgator, medan ytorna mellan hjulspår skiljer sig mellan gatorna på grund av mer komplexa samband mellan vägyteegenskaper, lateral transport av damm etc, varför följande resonemang avgränsar sig till DL180 i hjulspår. Exemplet är Sveavägen 59, men data från hjulspår från Hornsgatan, Folkungagatan, Fleminggatan och Norrlandsgatan är inlagda för att visa att mönstret är detsamma på alla gator. Dock bör det understrykas att DL180-mätningarna är stickprov och att variationen mellan mätningarna är okänd.



Figur 46. Variationen i DL180 i hjulspår och PM₁₀ under säsongen 2015–2016. I övre delen av diagrammet visas variation i dubbdäcksanvändning, ackumulerade åtgärder och nederbörd.

1. I mitten på oktober är både PM₁₀ och DL180 lågt. Dubbdäcken börjar läggas på och då det är torrt stiger PM₁₀. Samtidigt påbörjas dammbindning och vakuumsugning.
2. I början av november kommer en del nederbörd, vägbanorna blir fuktiga oftare och PM₁₀-halterna dämpas. Dammförrådet på vägytan fortsätter att byggas upp som ett resultat av allt starkare dammkällor, fuktigare vägbanor och fortsatt dammbindning.
3. I december och främst januari är dammkällorna starka och vägbanan allt oftare fuktig. Nu sjunker även PM₁₀-halterna medan dammförrådet fortsätter att byggas upp på de nu kalla körbanorna, som kan ha en del snö och is. Dammbindningen upphör i januari och vakuumsugning görs mer sällan då vägytan är fuktig och vädret kallt.
4. Korta torra perioder i månadsskiftet januari–februari resulterar i uppvirvling av damm och snabbt stigande PM₁₀-halter. Även direktemission av dubbdäck bidrar till höga halter. Uppvirvlingen under de torra perioderna reducerar dammförrådet, som nu är mindre än i början på januari. Observera att dammängderna (DL180) i hjulspår på samtliga gator vid denna tidpunkt, straxt innan vårens höga PM₁₀-halter, ligger på ungefär samma nivå. Detta trots att dammförrådet är betydligt större på Hornsgatan och Folkungagatan i januari och att

gatorna har stora skillnader i dammförråd mellan hjulspår (se Figur 14). Detta tyder på att trafiken har stor potential att reducera dammförrådet i hjulspår.

5. I slutet på februari och början på mars börjar vägbanan torka upp under längre perioder. PM_{10} -halterna stiger på grund av ökad uppvirvling och direktemission från dubbdäckslitage samtidigt som dammförrådet minskar.
6. I mitten på mars inträffar en period då PM_{10} -halterna är höga, men dammförrådet i hjulspår är förhållandevis litet. Dubbdäcksandelen är dock hög och dammförrådet mellan hjulspår har tilltagit (se Figur 15), vilket tillsammans med torr vägbanan kan leda till ett större bidrag från direktemission från dubbslitage.
7. Från början av mars intensifieras dammbindningen, vilket i kombination med en period med fuktiga vägbanor ökar dammförrådet.
8. Från mitten av april minskar dubbdäcksanvändningen snabbt, dammbindningen upphör, gatorna spolras och nederbörden ökar, vilket bidrar till att dammförrådet minskar och PM_{10} successivt sjunker. Då källorna till damm minskat kraftigt dominerar nu uppvirvling.
9. De starka dammkällorna har sinat i maj och juni och allteftersom enstaka nederbördstillfällen och spolning långsamt minskar dammförrådet sjunker även PM_{10} -halterna.

Förhållandena är inte exakt desamma på alla mätgatorna, men resonemanget ovan stärker tidigare observationer att hösten och vintern domineras av uppbyggnad av dammförrådet med tilltagande dammkällor och allt fuktigare vägytor. Dammförrådet i hjulspår kan dock minskas drastiskt även av korta torra perioder under höst och vinter, då uppvirvlingen av trafiken är effektiv. Höga $DL180$ före en episod, t.ex. vid punkt 4 i Figur 46 bidrar alltså till höga PM_{10} -halter då vägen torkar upp. Våren präglas av snabb upptorkning och uppvirvling av ansamlat dammförråd. Trafiken renar effektivt hjulspåren och det krävs mer fukt i form av nederbörd och/eller dammbindning för att damm ska ansamlas i hjulspåren igen. Förutom uppvirvlingen är sannolikt även direktemission av damm en viktig faktor på våren, främst under mars, då vägarna är torra och dubbandelen fortfarande hög.

Under hösten och vintern ansamlas damm förhållandevis lätt på vägytan, medan den snabba upptorkningen på våren kräver mer fukt tillförsel. Förhållandena för uppbyggnad av dammförrådet är alltså gynnsamma på hösten och mindre gynnsamma på våren.

Observationen att $DL180$ i hjulspår är förhållandevis lika på samtliga gator under våren kan möjligen förklara varför PM_{10} -halterna på gatorna inte skiljer sig nämnvärt åt, trots att dammförrådet på t.ex. Hornsgatan, sett över säsongen och i ytan mellan hjulspår generellt är avsevärt högre än på övriga gator. Då suspensionen är betydligt kraftigare i hjulspår än mellan är det möjligt att dammängderna i hjulspår har en starkare koppling till partikelhalterna i luften.

För att undvika de höga halterna i början på våren bör alltså åtgärder för att förhindra uppbyggnaden av förrådet på hösten och vintern vara gynnsamma. Både ordinarie städteknik och den särskilda vakuumsugen som används i Stockholm är inte så effektiv vid fuktig vägbanan och det är alltså svårt med dagens teknik att, under vinterförhållanden, hålla vägen fri från damm. Att minska källorna ytterligare är antagligen en effektivare lösning, vilket omfattar såväl minskad dubbdäcksanvändning som minskad användning av sand/kross.

För att hindra uppvirvlingen på våren är, som visats ett flertal gånger, dammbindning en del av lösningen. Dammbindningen förmår inte, på det sätt den nu används, alltid sänka halterna under gränsvärdet för miljö kvalitetsnormen och de analyser som gjorts i denna rapport tyder också på att dammbindning, för att nå normens gränsvärde, används i onödigt stor omfattning på hösten. En

prognosstyrd dammbindning med fokus på våren skulle sannolikt bidra till att minska antalet dagar med höga PM₁₀-halter. För att nå målet frisk luft kan det dock krävas mer åtgärder.

De gemensamma analyserna av PM₁₀-halter, meteorologi och utförda åtgärder visar att det är möjligt att identifiera tillfällena då åtgärder borde ha gjorts men även tillfällena då man eventuellt gjort åtgärder i onödan (med avseende på att nå normens gränsvärde). Resultaten visar på betydligt fler tillfällen än föregående säsong då målvärde och norm för PM₁₀ överskrids och CMA inte lagts ut. Detta inträffar främst på våren. Det finns också ett antal tillfällen då dammbindning inte varit tillräckligt för att norm- och målvärdena ska överskridas. Metodiken visar även på ett stort antal tillfällen, främst på hösten, då CMA lagts ut då normen sannolikt ändå inte skulle överskridits. Sammantaget indikerar resultaten från analysmetodiken att om man lagt ut CMA vid fler tillfällen på våren och färre på hösten hade man sammantaget fått färre tillfällen med överskridanden av normen och miljömålet. Modellberäkningar visade att om CMA lagts ut i samma utsträckning som under 2015 så hade PM₁₀-halterna sänkts jämfört med de uppmätta halterna. Vakuumsugningen har varit mycket frekvent och de tillfällen då endast vakuumsug använts sammanfaller med fuktiga förhållanden då CMA inte bedömts ha någon effekt. En analys visar dock att mål- och normvärdena överskridits ett antal tillfällen då endast vakuumsug använts. Sammantaget visar analyserna på ett behov av bättre styrning av åtgärderna baserade på prognoser främst för dammbindning. Nuvarande funktion där CMA läggs på bestämda dagar utom om gatorna bedöms fuktiga på grund av nederbörd, är inte optimalt ur åtgärdssynpunkt och riskerar att resultera i onödigt mycket CMA-utläggning på hösten, men för lite på våren. Analysmetodiken har fortsatt brister och behöver förfinas och vidareutvecklas för att mer precist identifiera denna typ av situationer, men att det är uppenbart att det finns en potential att förbättra bedömningen av när CMA-utläggning bör ske. För att förbättra driften är denna analysmetodik ett bra stöd, då situationerna kan analyseras och kriterier för olika insatser definieras tydligare.

Som nämnts så klaras miljö kvalitetsnormen för PM₁₀ även denna säsong och åtgärderna ser ut att fungera, men potentialen att klara normen även med färre och mer välriktade insatser bedöms som fortsatt stor.

7. Slutsatser

Från föreliggande studie kan följande slutsatser dras:

- Miljökvalitetsnormen för PM₁₀ klarades på samtliga gator i innerstaden under 2016. Det blir tredje året i rad som miljökvalitetsnormen klaras.
- Antal dagar med PM₁₀-halter över miljökvalitetsnormen samt medelhalten av PM₁₀ var fler under 2016 jämfört med 2014 och 2015.
- Bakgrundshalterna var låga under 2016 vilket visar att det är vägdamm från gatorna i staden som är orsaken till högre halter under 2016 jämfört med 2015.
- Gatorna var i genomsnitt något torrare under vintern (nov–feb) än tidigare år. Under våren (mars–apr) var gatorna däremot något fuktigare än tidigare år.
- Dubbdäcksanvändningen fortsätter att generellt minska i innerstaden. Runt 40 % använder dubbdäck på Sveavägen och Folkungagatan. På förbudsgatorna (Hornsgatan, Fleminggatan och Kungsgatan) var användningen runt 30 %. För Hornsgatan sågs en liten ökning vilket var det första året på länge.
- Natriumklorid (vägsalt), utgör i genomsnitt 7,6 % av den totala PM₁₀-halten. Detta är betydligt mer än rapporterat tidigare. Vägsalt i PM₁₀ mättes under en längre period, med start tidigare på året, än under tidigare säsonger.
- Vid 3 dygn hade PM₁₀ - halten på Hornsgatan underskridit 50 µg/m³ om natriumklorid hade subtraherats från den totala halten.
- Utvärderingen av dagtids dammbindning försvårades av att CMA även lades ut på referensgatan, vilket medförde alltför stora osäkerheter för att kunna ge någon kvantitativ analys av dess effekt denna säsong.
- Kvartersvis dammbindning och städning kring Sveavägen 59, har inte kunnat utvärderas på grund av byggarbete vid mätstationen.
- Dammängderna ökar under hösten, når max under vintern och avtar under våren och varierar mellan några enstaka g/m² till upp emot 250 g/m² under säsongen.
- I jämförelse med föregående säsong (2014/2015) har de flesta gatorna i genomsnitt högre dammängder (både DL180 och DL10), vilket bryter senare års trend med lägre mängder. Möjligen är detta ett resultat av fuktigare vägytor i mars och april.
- Andelen DL180 som är mindre än 10 µm varierar mellan några procent till cirka 20–25 %. Högst andel uppmäts i proverna under dec–jan.
- Den organiska andelen av vägdamm varierar mellan nära noll upp till cirka 14 % av vägdammproverna.
- Mätningarna av mängden joner på vägytan avspeglar användningen av CMA och NaCl och visar även på mycket effektiv bortspolning/utspädning vid regntillfällen.
- Friktion mättes endast vid två tillfällen och låg mellan 0,6 och över 1 i friktionskoefficient.
- Modellering med Nortrip-modellen visade att största delen av ökningen (cirka 50 %) i PM₁₀-halter mellan 2015 och 2016 orsakades av skillnader i meteorologin mellan åren och att cirka

40 % av skillnaden kan förklaras med skillnaden i driftåtgärder (dammbindning, städning, sandupptag, sand samt salt).

- En villkorsbaserad beräkningsmetodik för att identifiera tillfällen då ytterligare åtgärder hade behövts för att hålla PM_{10} halterna låga eller då driftåtgärder gjorts i onödan (avseende normens gränsvärde, men inte målets) visar att MKN överskridits 11 gånger på våren vid tillfällen då CMA inte lagts ut, men även att CMA lagts ut vid 22 tillfällen, främst på hösten, då PM_{10} -halterna sannolikt hade klarat normvärdet ändå. Vid tre tillfällen då endast vakuumsugning använts har normen överskridits.

8. FoU-behov

De FoU-behov som identifierades i förra säsongens rapport kvarstår i mångt och mycket. En mer prognosstyrd gatudrift även avseende åtgärder mot damm (förutom halkbekämpning) bör rimligen vara kostnadseffektivt. Den typ av analys av utfallet från tidigare säsonger, som påbörjats i föreliggande rapport bedöms kunna vara ett värdefullt verktyg för att kunna identifiera tillfällen då insatser behövs eller gjorts i onödan avseende normens gränsvärde (inte målets). Metodiken behöver dock förfinas. Med mer noggranna data av åtgärder i tid och rum, kan upplösningen förbättras.

Noggrannare uppföljning av insatser i tid och rum, helst med GPS-data för varje fordon, kan ytterligare förbättra uppföljningen och utvärderingen av åtgärderna. Mer detaljerade mätningar genomförs varje säsong och ger ytterligare information om hur åtgärder bäst utförs och planeras i tid och rum i förhållande till nederbörd och trafiksituation. För närvarande pågår parallella projekt där denna typ av data är i fokus. Insatser bör göras för att förstå uppbyggnaden av dammförrådet i början på säsongen och vilken roll driftåtgärderna har i denna, liksom deras roll då processerna ändras från i huvudsak uppbyggande av förrådet till uppvirvling och bortförsl i slutet av vintern och under våren.

För att kunna studera hur strategier och tekniker kan optimeras pågår även för närvarande projekt i tunnelmiljö där utvärderingen är enklare än i gatumiljö. Detta arbete kan förhoppningsvis bidra till tillämpbara metodiker även för gatumiljö.

Att utföra dammbindning dagtid kvarstår som en åtgärd som teoretiskt kan ge ytterligare effekt på PM_{10} -halterna. Antingen som ersättning av den normala dammbindningen som utförs nattetid eller som en kombination av de båda. Under det gångna årets försök så gjordes dammbindning dagtid på samtliga gator med mätstationer. För att på ett bra sätt kunna utvärdera effekten av dagtid dammbindning behövs försöket upprepas på någon/några av gatorna i staden, men viktigt att det inte görs på alla utan att någon gata behålls som referens.

Stockholm har ett ambitiöst åtgärdsprogram, men att göra justeringar i metodik och material är tungt på grund av åtagandet att klara normen och kontraktutformningar. Samtidigt används alternativa driftmetoder mot dammproblematiken i andra kommuner utan att någon egentlig utvärdering görs. De alternativa metoder som används kan mycket väl tänkas ha intressanta implikationer även för driften i Stockholm, varför det finns ett behov av att följa upp och utvärdera insatser även i andra kommuner.

På ett övergripande plan är idag möjligheterna att mer dynamiskt och funktionsinriktat kunna styra driftåtgärder mot PM_{10} begränsade, då upphandlingsformer och kontrakt inte är anpassade för ändamålet. Idag sker en utveckling mot funktionsentreprenader, som skulle kunna utvecklas till att omfatta även damningsminimerad gatudrift.

Hornsgatan har i dagsläget en beläggning i dåligt skick, med en hel del stensläpp och sprickor, som fungerar som fällor för vägdamm. Likaså är texturen grov, vilket också gynnar ansamling av damm. De planer som finns för beläggningsbyte på Hornsgatan erbjuder en unik möjlighet till en före- efterstudie där effekterna på dammförråd och luftkvalitet, men även andra miljöaspekter som till exempel buller, kan studeras.

Referenser

- Areskoug, H., Alesand, T., Hansson, H.-C., Hedberg, E., Johansson, C., Vesely, V., Widequist, U. & Ekengren, T. 2001. Kartläggning av inandningsbara partiklar i svenska tätorter och identifikation av de viktigaste källorna. Stockholm: ITM, Luftlaboratoriet, Stockholms universitet.
- Brydolf, M., Norman, M. & Sjövall, B. 2016. Användning av dubbdäck i Stockholms innerstad år 2015/2016. Dubbdäcksandel räknad på rullande trafik. SLB-rapport 7:2016.
- Denby, B. R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzal, M., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Kauhaniemi, M. & Omstedt, G. 2013a. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 2: Surface moisture and salt impact modelling. *Atmospheric Environment*, 81, 485-503.
- Denby, B. R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzal, M., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G. & Omstedt, G. 2013b. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: Road dust loading and suspension modelling. *Atmospheric Environment*, 77, 283-300.
- Eg 2008. Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/50/EG om luftkvalitet och renare luft i Europa.
- Gustafsson, M., Bennet, C., Blomqvist, G., Johansson, C., Norman, M. & Sjövall, B. 2011. Utvärdering av städmaskiners förmåga att minska PM10-halter. *VTI Rapport 707*.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C. & Norman, M. 2014. Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2012–2013. Linköping: VTI.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C. & Norman, M. 2015. Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2013–2014. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C., Norman, M. & Silvergren, S. 2016. Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2014-2015. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Johansson, C. & Norman, M. 2012. Driftåtgärder mot PM10 på Hornsgatan och Sveavägen i Stockholm - utvärdering av vintersäsongen 2011-2012, VTI Rapport 767. VTI.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Jonsson, P. & Ferm, M. 2010. Effekter av dammbindning av belagda vägar, VTI Rapport 666. Linköping: VTI.
- Johansson, C., Norman, M. & Burman, L. 2011. Vad dubbdäcksförbudet på Hornsgatan har betytt för luftkvaliteten. *SLB 2:2011*.
- Norman, M. 2016. Utvärdering av dubbdäcksförbud på Kungsgatan och Fleminggatan. Effekten på luftkvaliteten, emissionerna till luften samt trafiken och dubbdäcksanvändningen. SLB-rapport 8:2016.
- Norman, M., Sundvor, I., Denby, B. R., Johansson, C., Gustafsson, M., Blomqvist, G. & Janhäll, S. 2016. Modelling road dust emission abatement measures using the NORTRIP model: Vehicle speed and studded tyre reduction. *Atmospheric Environment*, 134, 96-108.
- Åström, H. 2001. Validering av VTI PFT version 3, VTI notat 50-2001. Linköping.

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Medicon Village AB
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

