



Optidrift

Optimerad vinter- och barmarksdrift för bättre luftkvalitet

Mats Gustafsson
Göran Blomqvist
Ida Järtskog
Joacim Lundberg
Anna Niska
Sara Janhäll
Michael Norman
Kristina Eneroth
Christer Johansson

Optidrift

Optimerad vinter- och barmarksdrift för bättre luftkvalitet

Mats Gustafsson

Göran Blomqvist

Ida Järskog

Joacim Lundberg

Anna Niska

Sara Janhäll

Michael Norman

Kristina Eneroth

Christer Johansson

Författare: Mats Gustafsson, (VTI), Göran Blomqvist (VTI), Ida Järtskog, (VTI), Joacim Lundberg, (VTI), Anna Niska, (VTI), Sara Janhäll, (VTI), Michael Norman, (SLB-analys, Stockholms stad), Kristina Eneroth, (SLB-analys, Stockholms stad), Christer Johansson, (ACES, Stockholms universitet och SLB-analys, Stockholms stad)

Diarienummer: 2014/0599-7.2

Publikation: VTI rapport 1004

Omslagsbilder: Mats Gustafsson, VTI

Utgiven av VTI, 2019

Referat

Drift av gator och vägar påverkar, förutom framkomlighet och säkerhet, även miljöaspekter som luftkvalitet. Åtgärder som sandning och saltning påverkar halten av inandningsbara partiklar (PM₁₀) i luften. Driftåtgärder som görs för att minska uppvirvlingen av partiklar på våren kan å andra sidan ha effekt på vinterdriften, genom att de saltlösningar som används också fungerar som halkbekämpningsmedel. Projektet har undersökt möjligheterna att optimera gatudriften ur dessa aspekter, med ett fokus på luftkvalitet. I olika aktiviteter inhämtades synpunkter och erfarenheter kring problembild och lösningar från bransch, väghållare och praktiker. En provtagare för vägdam, WDS II, vidareutvecklades. Utvärderingar av olika spol- och städvarianters effekt på dammförrådet visade att en positiv effekt av metoderna kräver att det finns förhållandevis mycket damm på vägytan. Optimeringstester visade att god prognosstyrning av insatserna är viktigt för ett bra resultat. En kriteriebaserad analys visade att ingen optimering av dammbindningen skett under projektperioden. Sammantaget har projektets ursprungliga mål att kunna föreslå en optimerad gatudrift i en stadsdel i Stockholm inte nåtts, främst beroende av gällande driftkontrakt och av miljö kvalitetsmålets (PM₁₀) och framkomlighetens höga prioritet i staden. Däremot har Optidrift identifierat framgångsfaktorer och problem med gatudriften, resulterat i ökad kunskap om gatudriftens effekter på dammförråd och luftkvalitet samt tagit fram användbara utvärderingsmetoder och scenarioanalyser användbara i fortsatt arbete med att förbättra och optimera vinter- och barmarksdrift.

Titel: Optidrift – optimerad vinter- och barmarksdrift för bättre luftkvalitet

Författare: Mats Gustafsson (VTI, <https://orcid.org/0000-0001-6600-3122>)
Göran Blomqvist (VTI, <https://orcid.org/0000-0002-0124-0482>)
Ida Järleskog (VTI, <https://orcid.org/0000-0003-4815-8299>)
Joacim Lundberg (VTI, <https://orcid.org/0000-0002-0138-0768>)
Anna Niska (VTI, <https://orcid.org/0000-0003-1162-2633>)
Sara Janhäll (RISE, <https://orcid.org/0000-0002-2679-2611>)
Michael Norman (SLB-analys, Stockholms stad)
Kristina Eneroth (SLB-analys, Stockholms stad, <https://orcid.org/0000-0002-5377-9754>)
Christer Johansson (ACES, Stockholms universitet och SLB-analys, Stockholms stad, <https://orcid.org/0000-0002-8459-9852>)

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

Serie och nr: VTI rapport 1004

Utgivningsår: 2019

VTI:s diarienummer: 2014/0599-7.2

ISSN: 0347–6030

Projektnamn: Optidrift – optimerad gatudrift i tätort för förbättrad miljö, tillgänglighet och säkerhet

Uppdragsgivare: Vinnova

Nyckelord: Vinterdrift, gatudrift, städning, dammbindning, halkbekämpning, luftkvalitet, NORTRIP

Språk: Svenska

Antal sidor: 117

Abstract

Operation of streets and roads, in addition to accessibility and safety, also affects environmental aspects such as air quality. Measures such as sanding and salting affect the content of inhalable particles (PM₁₀) in the air. On the other hand, operational measures that are made to reduce the suspension of particles in the spring can have an effect on the winter operation, because the salt solutions used also act as de- and anti-icing agents. The project has investigated the possibilities of optimizing street operations from these aspects, with a focus on air quality. In various activities, views and experiences were gathered about problem images and solutions from industry, road managers and practitioners. A road dust sampler, WDS II, was developed. Evaluations of the effect of different coil and cleaning variants on the road dust load showed that a positive effect of the methods requires that there is relatively much dust on the road surface. Optimization tests showed that good forecasting of dust binding is important for a good result. A criteria-based analysis showed that no optimization of the dust binding occurred during the project period. Overall, the project's original goal of being able to propose an optimized street operation in a district in Stockholm has not been achieved, mainly due to current operating contracts and of the high priority of the environmental quality objective (PM₁₀) and accessibility in the city. On the other hand, Optidrift has identified success factors and problems with the street operation, resulting in increased knowledge about the street operations' effects on dust load and air quality, and developed useful evaluation methods and scenario analyzes useful in continued work on improving and optimizing winter and barge operations.

Title: Optidrift – optimized urban street operation for better air quality

Authors: Mats Gustafsson (VTI, <https://orcid.org/0000-0001-6600-3122>)
Göran Blomqvist (VTI, <https://orcid.org/0000-0002-0124-0482>)
Ida Järlskog (VTI, <https://orcid.org/0000-0003-4815-8299>)
Joacim Lundberg (VTI, <https://orcid.org/0000-0002-0138-0768>)
Anna Niska (VTI, <https://orcid.org/0000-0003-1162-2633>)
Sara Janhäll (RISE, <https://orcid.org/0000-0002-2679-2611>)
Michael Norman (SLB-analys, City of Stockholm)
Kristina Eneroth (SLB-analys, City of Stockholm, <https://orcid.org/0000-0002-5377-9754>)
Christer Johansson (ACES, Stockholm university and SLB-analys, City of Stockholm, <https://orcid.org/0000-0002-8459-9852>)

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

Publication No.: VTI rapport 1004

Published: 2019

Reg. No., VTI: 2014/0599-7.2

ISSN: 0347–6030

Project: Optidrift – optimized urban street operation for improved air quality, accessibility and safety

Commissioned by: Vinnova - Sweden's innovation agency

Keywords: Winter maintenance, street operation, maintenance, sweeping, dust binding, air quality, NORTRIP

Language: Swedish

No. of pages: 117

Förord

Projektet Optidrift initierades som resultat av en ansökan till Vinnovas utlysning Transport- och miljöinnovationer 2014. Författarna vill rikta ett stort tack till övriga projektdeltagare: Susanne Pettersson och Peter Ringkrans på Trafikkontoret, Stockholms stad, Mikael Kellinsalmi, PEAB, Lars Lind och Mathias Bergström, DISAB och Mats Ströby, Svevia och till referensgruppen bestående av Tomas Nitzelius, Stockholms stad, Erik Svensson, Göteborg stad, Michelle Benyamine, Trafikverket region Stockholm, Kristofer Bergvall, Salinity och Torbjörn Sandberg, f.d. Umeå kommun, numera pensionär. Vidare vill vi tacka konstruktören Olle Andersson, Olle Andersson Engineering AB och VTI:s verkstad för utveckling och konstruktion av WDS II. Slutligen ett stort tack till lektören Jones Karlström för värdefulla synpunkter på manuskriptet till denna rapport.

Linköping, mars 2019

Mats Gustafsson
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Granskningsseminarium har genomförts 11 februari 2019 där Jones Karlström var lektor. Mats Gustafsson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Mikael Johannesson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 15 februari 2019. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

Review seminar was carried out on 11 February 2019 where Jones Karlström reviewed and commented on the report. Mats Gustafsson has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Mikael Johannesson examined and approved the report for publication on 15 February 2019. 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 och syfte.....	13
1.1. Problembild.....	13
1.2. Förutsättningar	13
1.2.1. Ordinarie drift i Stockholm	13
1.2.2. Särskilda driftåtgärder i Stockholm	14
1.2.3. Samordning med andra pågående projekt.....	16
1.3. Syfte	17
2. Begreppslista.....	18
3. Metodik	19
3.1. Inledande workshop	19
3.2. Fokusgrupp med maskinförare.....	19
3.3. Enkät till kommuner.....	19
3.4. Luftmätningar.....	19
3.5. Vägdammsprovtagning	20
3.5.1. Vägdammsprovtagning i Optidrift.....	20
3.5.2. Sandupptagning och spolning på Fleminggatan	21
3.5.3. Spolning med högtrycksramp Fleminggatan	21
3.5.4. Spolning och vakuumsug på Hornsgatan.....	22
3.5.5. Variation i dammängd längs gator.....	22
3.5.6. Inverkan av regn på dammängderna	23
3.5.7. Intransport av damm från anslutande gator.....	23
3.6. Sandprovtagning på cykel- och gångbanor i Linköping	23
3.7. Utvärdering och modellering av effekter av åtgärder med NORTRIP-modellen	24
3.8. Utvärdering av dammbindning genom ”kriterieanalys”	25
3.9. Provtagning av damm i vakuumsug.....	26
4. Resultat.....	28
4.1. Inledande workshop	28
4.1.1. Inledande diskussion.....	28
4.1.2. Gruppdiskussioner	28
4.1.3. Sammanställning av de viktigaste problem- och utvecklingsområdena identifierade under workshopen.....	29
4.2. Fokusgrupp med maskinförare.....	33
4.2.1. Sandupptagning och annan rengöring.....	33
4.2.2. Dammbindning med CMA	34
4.2.3. Sopsaltning.....	34
4.2.4. Utvärdering av resultat.....	35
4.2.5. Utveckling av utrustning.....	35
4.2.6. Spolning	35
4.2.7. Rengöring - ordinarie kontrakt.....	35
4.2.8. Vinterväghållning	36
4.2.9. Kunskap/informationsbehov	36
4.2.10. Övrigt.....	36
4.2.11. Önsketänkande.....	36

4.2.12. Avslutande sammanfattande diskussion	37
4.3. Enkät till kommuner.....	37
4.4. Utveckling av och utvärderingar med Wet Dust Sampler II (WDS II).....	41
4.4.1. Utveckling av provtagare för vägdam (WDS II)	41
4.4.2. Sandupptagning och spolning på Fleminggatan	44
4.4.3. Spolning med högtrycksramp Fleminggatan	45
4.4.4. Spolning och vakuumsug på Hornsgatan.....	46
4.4.5. Variation i dammängd längs gator	47
4.4.6. Inverkan av regn på dammängderna	48
4.4.7. Intransport av damm från anslutande gator.....	50
4.5. Utvärdering av sandprovtagning på gång- och cykelvägar	51
4.6. Utvärdering av dammbindning med NORTRIP.....	54
4.6.1. Den modellerade effekten av CMA utlägggen	54
4.6.2. Effekt på PM ₁₀ beroende av tidpunkt på dygnet som CMA läggs ut.....	56
4.6.3. Finns det ett optimalt antal dagar för utläggning av CMA? (test A)	57
4.6.4. Modellerad effekt av dammbindning om utläggningen av CMA görs flera dagar i följd (test B).....	58
4.6.5. Test och optimering av Stockholms stads schema för CMA-utläggning.....	61
4.6.6. Slutsatser av NORTRIP-modelleringen.....	62
4.7. Utvärdering av dammbindning med ”kriterieanalys”	62
4.8. Provtagning av damm i vakuumsug	68
5. Diskussion	70
6. Övergripande slutsatser.....	75
7. Driftinriktade slutsatser	77
8. Forskningsbehov.....	78
Referenser	79
Bilaga 1 Deltagare på inledande workshop 2015-03-24	83
Bilaga 2 Handbok WDS II.....	85
Bilaga 3.....	111
Bilaga 4.....	117

Sammanfattning

Optidrift - optimerad vinter- och barmarksdrift för bättre luftkvalitet

av Mats Gustafsson (VTI), Göran Blomqvist (VTI), Sara Janhäll (RISE), Ida Järllskog (VTI), Joacim Lundberg (VTI), Anna Niska (VTI), Michael Norman (SLB-analys, Stockholms stad), Kristina Eneroth (SLB-analys, Stockholms stad), Christer Johansson (ACES, Stockholms universitet och SLB-analys, Stockholms stad)

Drift av gator och vägar påverkar, förutom framkomlighet och säkerhet, även miljöaspekter som luftkvalitet. Särskilt tydligt är detta i länder där särskild vinterdrift behövs. Åtgärder som sandning och saltning påverkar halten av inandningsbara partiklar (PM_{10}) i luften. Driftåtgärder som görs för att minska uppvirvlingen av partiklar på våren kan å andra sidan ha effekt på vinterdriften, genom att de saltlösningar som används också fungerar som halkbekämpningsmedel. Projektet Optidrift har undersökt möjligheterna att optimera gatudriften ur dessa aspekter, med ett fokus på luftkvalitet. Initialt inhämtades branschens synpunkter på vad projektet borde fokusera på under en workshop. En fokusgrupp med maskinförare identifierade ett flertal viktiga problemområden och frågeställningar utifrån deras erfarenheter av gatudriften i praktiken. En enkät om dammbindning till kommuner visade på förhållandevis stor variation i metodiken, vilket tyder på ett behov av gemensamma riktlinjer. I projektet utvecklades en ny version av VTI:s vägdammsprovtagare Wet Dust Sampler (WDS II), som förbättrats avseende funktionalitet, hantering och precision. Provtagaren har efter projektrelaterad utveckling även vidareutvecklats ytterligare för försäljning till Norge och Finland. Tre utvärderingar av olika spol- och städvarianters effekt på vägytans dammförråd genomfördes med WDS II under projektet och det kunde konstateras att en positiv effekt av metoderna kräver att det finns förhållandevis mycket damm på vägytan. Olika optimeringstester med hjälp av NORTRIP-modellen visade att god prognosstyrning av insatserna är viktigt för ett bra resultat. Dock kan frekvent dammbindning under perioder med särskilt höga PM_{10} -halter ge bättre resultat än att bara dammbinda dygnet med högst halter. Vidare visades att dagtida dammbindning inte gav någon extra effekt, medan spolning med vatten de dagar då dammbindning inte görs kunde sänka PM_{10} -halterna ytterligare. En kriteriebaserad analys av data från fyra säsonger mellan 2014 och 2018, visade att fler dammbindningstillfällen gav färre överskridanden, färre missade dammbindningar, men också fler tillfällen då åtgärden gjordes i onödan, vilket visar att ingen optimering av dammbindningen skett. Sammantaget har projektets ursprungliga mål att kunna föreslå en optimerad gatudrift i en stadsdel i Stockholm inte nåtts, främst beroende av gällande driftkontrakt och av miljökvalitetsmålets (PM_{10}) och framkomlighetens höga prioritet i staden, vilket bland annat påverkat möjligheten att ha referensgator till de gator där projektspecifika åtgärder provats. Däremot har Optidrift identifierat framgångsfaktorer och problem med gatudriften, resulterat i ökad kunskap om gatudriftens effekter på dammförråd och luftkvalitet samt tagit fram användbara utvärderingsmetoder och scenarionalyser användbara i fortsatt arbete med att förbättra och optimera vinter- och barmarksdrift.

Summary

Optidrift – optimized urban street operation for better air quality

by Mats Gustafsson (VTI), Göran Blomqvist (VTI), Sara Janhäll (RISE), Ida Järskog (VTI), Joacim Lundberg (VTI), Anna Niska (VTI), Michael Norman (SLB-analys, City of Stockholm), Kristina Eneroth (SLB-analys, City of Stockholm), Christer Johansson (ACES, Stockholm university and SLB-analys, City of Stockholm)

Operation of streets and roads, in addition to accessibility and safety, also affects environmental aspects such as air quality. This is particularly evident in countries where special winter operations are needed. Measures such as sanding and salting affect the content of inhalable particles (PM₁₀) in the air. On the other hand, operational measures that are made to mitigate suspension of road dust in spring, can have an effect on the winter operations, because the salt solutions used are normally used for anti-icing and de-icing agents. The Optidrift project has investigated the possibilities of optimizing street operations from these aspects, with a focus on air quality. Initially, stakeholders' and the industry's views were gathered on what the project should focus on during a workshop. A focus group with machine operators identified several important problem areas and issues based on their experience of street operations in practice. A survey on dust binding to municipalities showed relatively large variation in the methodologies used, pointing at a need for common guidelines. In the project, a new version of VTI's road dust sampler Wet Dust Sampler (WDS II) was developed, which improved on functionality, handling and precision. After the project-related development, the sampler has also been further developed for sales to Norway and Finland. Three evaluations of the effect of different coil and cleaning variants on the road surface dust storage were carried out with WDS II during the project and it was found that a positive effect of the methods requires that there is relatively much dust on the road surface. Different optimization tests using the NORTRIP model showed that good forecasting of the mitigation measures is important for a good result. However, frequent dust binding during periods with particularly high PM₁₀ levels can give better results than just dust binding the days with the highest levels. Furthermore, it was shown that daytime dust binding did not produce any extra effect, while flushing with water during the days when dust binding was not made could further reduce the PM₁₀ levels. A criterion-based analysis of data from four seasons between 2014 and 2018 showed that more dust binding occasions resulted in fewer exceedances, fewer missed dust bindings, but also more occasions when the measure was made unnecessarily, which shows that no optimization of the dust binding took place. Overall, the project's original goal of being able to propose an optimized street operation in a district in Stockholm has not been achieved, mainly due to current operating contracts and of the environmental quality objective (PM₁₀) and the high priority of accessibility in the city, which among other things influenced the possibility of having reference streets to those streets where project-specific measures have been tested. On the other hand, Optidrift has identified success factors and problems with the street operation, resulting in increased knowledge about the street operations' effects on dust storage and air quality, and developed useful evaluation methods and scenario analyzes useful in continued work on improving and optimizing winter and springtime street operations.

1. Bakgrund och syfte

1.1. Problembild

Inandningsbara partiklar i vår omgivningsluft är ett av våra största hälsorelaterade miljöproblem (Thompson, 2018, Shaughnessy m.fl., 2015, Schwarze m.fl., 2006). Vägtrafikens föroreningar har beräknats orsaka cirka 3 000 förtida dödsfall per år bara i Sverige (Gustafsson m.fl., 2018b). Höga partikelhalter i nordiska städer är oftast förknippade med uppvirvling av vägdamm på våren. Vägdammsförrådet ökar kraftigt under vinterhalvåret främst på grund av slitage av vägbeläggningar från dubbdäcksanvändning och utspridd vintersand (Gustafsson m.fl., 2011b). Dessutom bidrar fuktiga (snöiga/isiga) vägbanor till att dammet lagras i gatumiljön.

För att minska emissionerna av damm arbetar många kommuner med olika åtgärds paket, där både källorna till damm och emissionen av partiklar adresseras. För att minska källorna används information om däckanvändning, förbättrade beläggningar, men även trafikrelaterade åtgärder som hastighetssänkning och dubbdäcksförbud (Brydolf m.fl., 2017, Johansson m.fl., 2011). För att minska emissionerna används främst städning, dammbindning och spolning (Gustafsson m.fl., 2018a, Gustafsson m.fl., 2010, Amato m.fl., 2010, Norman och Johansson, 2006, Chang m.fl., 2005).

Perioden med höga partikelhalter under våren beror på att dammförrådet som byggs upp under vintern blir tillgängligt för uppvirvling då temperatur och solinstrålning ökar och gatorna börjar torka upp. Trafiken virvlar då upp det ansamlade dammet och partikelhalterna stiger. Perioden med höga halter börjar oftast i slutet av februari och pågår tills gatorna är rena och partikelkällorna har avtagit, vanligtvis i april–maj.

Vinterdriften (det vill säga halkbekämpning, snöröjning med mera) påverkar dammförrådets uppbyggnad under vintern genom till exempel sandutläggning, saltanvändning och plogning. Sandutläggningen tillför material till vägytor och gång- och cykelbanor. Det är material som dels kan innehålla fint damm från början och dels kan malas ner till fint damm av trafiken. Saltanvändningen håller gator fria från snö och is, vilket i sin tur leder till ökat slitage från dubbdäck. Saltet kan även ha en viss fuktbindande förmåga vilket gör att dammet hålls på vägbanan. Plogning och annan snöröjning transporterar bort damm som ansamlats i vägmiljön.

De åtgärder som utförs för att minska emissionerna av partiklar kan samtidigt påverka vinterdriften. Dammbindning utförs normalt med antingen kloridsalter som magnesium- eller kalciumklorid eller med organiska salter, som acetat eller formiat. Dessa salter används alla även för halkbekämpning, vilket hypotetiskt skulle kunna ge möjlighet att kombinera halkbekämpning och åtgärder mot vägdammsemissioner. Åtgärder mot höga partikelhalter genomförs dock utifrån andra kriterier än vinterdriften, varför optimeringsmöjligheter hittills inte aktualiserats. Det kan också förhålla sig så att beslut om halkbekämpning fattas av en annan avdelning inom en kommun (trafik-/gatukontor) än dammbindning (miljökontor) vilket försvårar samordning.

Utifrån möjligheten att samordna och optimera vinterdrift och barmarksdrift med syfte att minska partikelföroreningarna och samtidigt bibehålla eller förbättra säkerhet och framkomlighet - i bästa fall även till lägre kostnad - tillkom projektet Optidrift, som redovisas i denna rapport.

1.2. Förutsättningar

Projektet har haft Stockholms stad som partner och Stockholms innerstad som försöksområde, vilket inneburit både fördelar och nackdelar. I följande kapitel redogör vi för dessa förutsättningar.

1.2.1. Ordinarie drift i Stockholm

Ordinarie gatudrift av gatumark i Stockholm upphandlas ungefär vart 7:e år. Kontrakten löper vanligtvis under 2 + 3 + 2 år.

Kontrakten är uppdelade i 12 områden:

1. Trafikleder
2. Norrmalm
3. Östermalm
4. Södermalm
5. Kungsholmen
6. Enskede-Årsta-Vantör-del av Älvsjö
7. Hägersten-Liljeholmen-del av Älvsjö
8. Farsta-Skarpnäck
9. Skärholmen
10. Kista-Rinkeby
11. Bromma
12. Spånga-Tensta

Inom varje kontrakt är gatumarken (körbana, gångbana, cykelbana och torg) uppdelad i olika prioriteringsklasser som styr hur entreprenören ska prioritera olika ytor och områden.

I kontrakten ingår barmarksrenhållning och vinterväghållning. Barmarksrenhållning innebär städning av gatumark så som maskinsopning, spolning, papperskorgstömning m.m. Vinterväghållningsarbetet består i att snöröja och halkbekämpa all gatumark i staden. I det ingår exempelvis plogning, moddplogning, snöbortforsling, vallöppning, spridning av saltlake/salt/flis samt upptagning av sand på våren.

Ansvaret för gatudriften på parkmark ligger i Stockholms stad på respektive stadsdelsförvaltning (14 st.).

Kraven i funktions- och arbetsbeskrivningarna för driften är en kombination av funktionskrav, frekvenskrav och tidskrav (företrädesvis vinterdrift). Funktionskraven är styrande, vilket exempelvis formuleras så här för arbetsbeskrivningen för Östermalm:

”Entreprenören ska alltid upprätthålla de övergripande funktionskraven. I denna handling förekommer dock fall där metoder och frekvenser används för att beskriva krav på utförande. Angivna krav och frekvenser ska alltid uppfyllas, i de fall angivna krav inte leder till uppfyllande av funktionskraven, åligger det entreprenören att uppmärksamma beställaren om behov av extrainsatser. Entreprenören ska utöva tillsyn över entreprenadområdet för att uppfylla ställda krav.”

1.2.2. Särskilda driftåtgärder i Stockholm

Då den ordinarie driften styrs av fleråriga driftskontrakt har, sedan 2011, särskilda driftåtgärder använts för att minska emissionerna av partiklar. Under Optidrifts projektperiod 2015–2018 har dessa bestått av dammbindning med CMA (kalciummagnesiumacetat) och extra städning med vakuumsug utan vattenbegjutning.

Dammbindning innebär att en hygroskopisk lösning sprids på vägytan för att fukta den och hålla den fuktig så länge som möjligt. Fukten gör att damm som finns på och bildas vid vägytan inte suspenderas till luften utan binds kvar på vägytan. Ett flertal studier har visat att dammbindning kan reducera PM₁₀-halterna dagen efter med mellan 20–40 % (Gustafsson m.fl., 2018a, Gustafsson m.fl., 2017a, Gustafsson m.fl., 2016b, Gustafsson m.fl., 2015, Gustafsson m.fl., 2012b, Gustafsson m.fl., 2010).

Dammbindning görs i Stockholm genom att 10 gram 25-procentig CMA-lösning sprids per m² gata. Medlet sprids med hjälp av tallriksspridare och genomförs under natten till tidig morgon för att få en jämn spridning inför morgonrusningen. Hur schemat för dammbindningen har sett ut under projektperioden framgår av Tabell 1. Spridning under dagtid har provats under några säsonger, men det

har visat sig vara problematisk på grund av mycket och ofta stillastående trafik, vilket resulterar i ojämn spridning och att andra fordon stänks ner med CMA.

Att städa bort damm kan te sig som en självklar åtgärd, men flera studier visar att konventionell städning inte fungerar bra för så fina partiklar som PM_{10} . Vissa metoder utvecklade för upptagning av fina partiklar har dock visat mer positiva resultat (Gustafsson m.fl., 2011a, Kupiainen m.fl., 2011). Vakuumsugen som använts för att reducera dammförrådet på vägytan är av fabrikatet Disab Tella. I Gustafsson m.fl. (2011a) visades att maskinen har förmåga att suga upp och hålla kvar PM_{10} och kunde ha en reducerande effekt på det lokala bidraget till PM_{10} -halten på knappt 20 %. Detta i kombination med att den kan användas även vid minusgrader, då inget vatten används vid sugningen, gör att den har bedömts som en lämplig städmetod för att reducera partikelhalter under vinterhalvåret. Hur den använts framgår av Tabell 1. Då metoden under senare säsonger inte kunnat visats ge tydliga effekter på PM_{10} -halterna, beslöt emellertid Trafikkontoret att inte använda metoden under säsongen 2017–2018.



Figur 1. Dammbindningsbil med tallriksspridare och vakuumsugen Disa-Clean från DISAB-Tella. (Foto: Carl Södergren och Mats Gustafsson, VTI).

Tabell 1. Förändringar i gatudriften under projektperioden.

Åtgärd	2015/2016	2016/2017	2017/2018
<i>Ordinarie CMA-utlägg</i>	Natt mot måndag, onsdag, fredag	Natt mot måndag, onsdag, fredag	Natt mot måndag, onsdag, fredag
<i>Extra CMA-utlägg</i>	Dagtid under mars månad, vid behov	Dagtid under mars månad, vid behov	Vid torrt och soligt väder, även natt mot tisdag och torsdag på mätgatorna under våren
<i>Vakuumsugning endast i körfälten</i>	Varje natt, höst till vår		
<i>Vakuumsugning och spolning i kombination</i>		1 tillfälle (2017-04-06)	
<i>Vakuumsugning, gatornas hela bredd när gatan har servicenatt samt i hjulspåren en natt i veckan</i>		2 dagar/vecka	
<i>Spolning</i>	Höst till vår, en natt i veckan	Höst till vår, en natt i veckan	Under perioden 1 mars–30 april när vädret tillåter, en gång i veckan
<i>Spolning dagtid</i>		Två första veckorna i april	
<i>Extra spolning</i>			Dagtid vid behov (när risk finns för höga halter)
<i>Tidig sandsopning</i>	När tillfälle gavs		När tillfälle gavs, sen vår
<i>Tidigare sandsopning, började redan i januari på vissa gator</i>		När tillfälle gavs	

1.2.3. Samordning med andra pågående projekt

Ett antal olika forskning och utvecklingsprojekt där gatudrift eller luftkvalitet ingår på olika vis har bedrivits parallellt i Stockholm under arbetet med Optidrift. Ibland har mätinsatser kunnat samordnas och data kunnat delas mellan projekt. Optidrift har på detta vis delvis samordnats med följande projekt vid VTI:

1.2.3.1. NorDust

NorDust är ett NordFoU-finansierat projekt med syftet att ta fram ny kunskap om processer som påverkar emissioner av vägdamms för implementering i emissionsmodellen NORTRIP. I projektet har det genomförts mätningar i Stockholm som samordnats med Optidrift, vilket delvis resulterat i data som samutnyttjats i båda projekten.

1.2.3.2. PM₁₀-projektet

Projektet finansieras av Stockholms stad och syftar till att följa upp och förbättra de specifika åtgärderna som görs mot vägdammsrelaterad PM₁₀ i Stockholm. På så vis ligger projektet nära Optidrift, men saknar breddningen mot vinterdrift och optimering av såväl vinter- som vårdrift. Mätningarna i projektet används som referensmaterial i Optidrift. Resultat finns presenterade i (Gustafsson m.fl., 2017a, Gustafsson m.fl., 2014, Gustafsson m.fl., 2015, Gustafsson m.fl., 2016a, Gustafsson m.fl., 2012a, Gustafsson m.fl., 2018a).

1.2.3.3. Sopsaltning på cykelstråk

Sedan vintersäsongen 2012/2013 har Stockholms stad finansierat årliga uppföljningar av tillämpningen av sopsaltmetoden för vinterväghållning av utvalda cykelstråk. Metoden innebär att en sopvals används för att röja bort snön från vägytan och att halka bekämpas med saltlösning eller befuktat salt, vanligtvis NaCl (natriumklorid). Syftet är att uppnå en högre vinterdriftsstandard och därmed förbättra cyklisters framkomlighet, komfort och säkerhet vintertid. Utvärderingen har bestått i stickprovsvisa mätningar vid ett antal strategiskt utvalda platser längs de sopsaltade cykelstråken samt ett antal specialstudier, bland annat jämförelser av olika halkbekämpningsmedel. Resultaten från utvärderingarna finns sammanställda i VTI notat 28-2015, VTI notat 29-2015, VTI PM 2016-12-01 (Diarienummer: 2013/0390-9.1), VTI notat 30-2017 samt VTI PM 2018-10-02.

Mätningarna i projektet har kunnat samordnas med Optidrift och på så sätt bidragit till ett mer effektivt utnyttjande av resurser. Även praktiska erfarenheter insamlade med hjälp av intervjuer och diskussioner med förare och driftledare har varit användbart i Optidrift.

1.3. Syfte

Optidrift syftar till att, i samarbete mellan forskare, kommunala väghållare, driftentreprenörer och maskintillverkare, ta fram och testa teknik och strategi för optimerad och innovativ vinter- och barmarksdrift i innerstadsmiljö för bättre säkerhet, framkomlighet och luftkvalitet (PM₁₀). I projektet ingår även att ta fram metoder för att utvärdera effekterna med ny teknik och strategi. Optidrift syftar även till att hitta samordningsvinster mellan ordinarie vinter- och barmarksdrift och partikeldämpande driftåtgärder för att om möjligt minska kostnader.

2. Begreppslista

Nedan följer några förkortningar och begrepp, som används mer eller mindre flitigt i rapporten.

CMA	Kalciummagnesiumacetat, ett dammbindningsmedel som används i Stockholm stad.
DL180	Dust load (dammförråd) mindre än 180 μm . Andelen av vägdammet som bedöms påverkas av uppvirvling.
GPS	Global positioning system, satellitbaserat system för positionsbestämning.
Miljökvalitetsnorm (MNK)	Lagstadgad norm för gränsvärden av till exempel olika luftföroreningar.
NORTRIP	NON-exhaust Road TRAffic Induced Particle emissions, en emissionsmodell som kan hantera bidraget till partikelhalterna från vägdam.
PM ₁₀	Particulate matter mindre än 10 μm .
Regressionsfunktion	Statistisk funktion för att undersöka samband mellan olika variabler.
Turbiditet	Mått på vattens grumlighet.
WDS	Wet Dust Sampler, en provtagare för vägdam, utvecklad av VTI.

3. Metodik

3.1. Inledande workshop

En workshop hölls i Stockholm, på Piperska muren, den 24 mars 2015 (9:30 - 16:30). Workshopen var välbesökt med 37 deltagare från 8 kommuner och ett flertal entreprenörer, företag inom vinterdriftområdet samt forskare från VTI (se deltagarförteckning i bilaga 1). Under workshopen resonerades kring hur vinter- och barmarksdrift kan optimeras utifrån säkerhet, framkomlighet och miljö. Miljöaspekten avser främst luftkvalitet och då särskilt emissioner av inandningsbara partiklar (PM₁₀) från vägdam. Vi fokuserade särskilt på hur *vinterdrift och driftåtgärder som syftar till att minska partikelemissioner under våren* kan samverka för optimal effekt. Utifrån deltagarnas erfarenheter från vinterdrift och dammbekämpning diskuterades idéer om nya *tekniker, metoder och strategier* med fokus på möjligheter till samordning och optimering för bästa effekt.

3.2. Fokusgrupp med maskinförare

För att inhämta erfarenhetsbaserad kunskap från personer som direkt arbetar med driftåtgärderna, det vill säga förare av arbetsfordon etcetera hölls ytterligare en workshop i Stockholm. Vid denna deltog fyra förare från PEAB. Frågorna omfattade främst erfarenheter från dammbindning och vinterdrift men även i viss mån städning.

3.3. Enkät till kommuner

För att få en bild av hur och i vilken mån svenska kommuner tillämpar dammbindning genomfördes en enkät via e-post. Urvalet av kommuner valdes från Naturvårdsverkets två nätverk "Kontroll av MKN luft" och "Åtgärdsprogram Luft". Sammanlagt fick 33 kommuner enkäten. Dessa var:

Arvidsjaur, Avesta, Borås, Falun, Gotland, Gävle, Halmstad, Helsingborg, Jönköping, Kalmar, Karlskrona, Karlstad, Linköping, Luleå, Malmö, Motala, Norrköping, Nyköping, Olofström, Skellefteå, Sundsvall, Sölvesborg, Trelleborg, Umeå, Uppsala, Västerås, Växjö, Ystad, Örebro och Örnsköldsvik.

De frågor som ställdes var:

1. Vilket medel används för dammbindning av belagda gator och vägar?
2. Vilken koncentration används (%)?
3. Vilken dos används (g/m²)?
4. Vilken spridningsteknik används?
5. Hur och av vem initieras dammbindning?
6. Finns det kriterier som ska vara uppfyllda för att dammbindning ska utföras?
7. Vem utför dammbindning (kommun eller entreprenör)?
8. Ungefär hur många gånger/säsong (oktober-maj) används dammbindning?
9. Används samma medel även för halkbekämpning? Om ja, på vilken sorts yta?
10. Övriga kommentarer.

3.4. Luftmätningar

Under projektperioden gjordes mätningar av PM₁₀ på flera platser. Stationerna på Hornsgatan, Norrlandsgatan, Folkungagatan och Sveavägen 59 ingår i stadens kontinuerliga luftövervakning. Dessutom installerades en mätstation på Fleminggatan, respektive Sveavägen 83 som har använts under tidigare säsonger. Som jämförelse användes också mätdata från Östra Sveriges

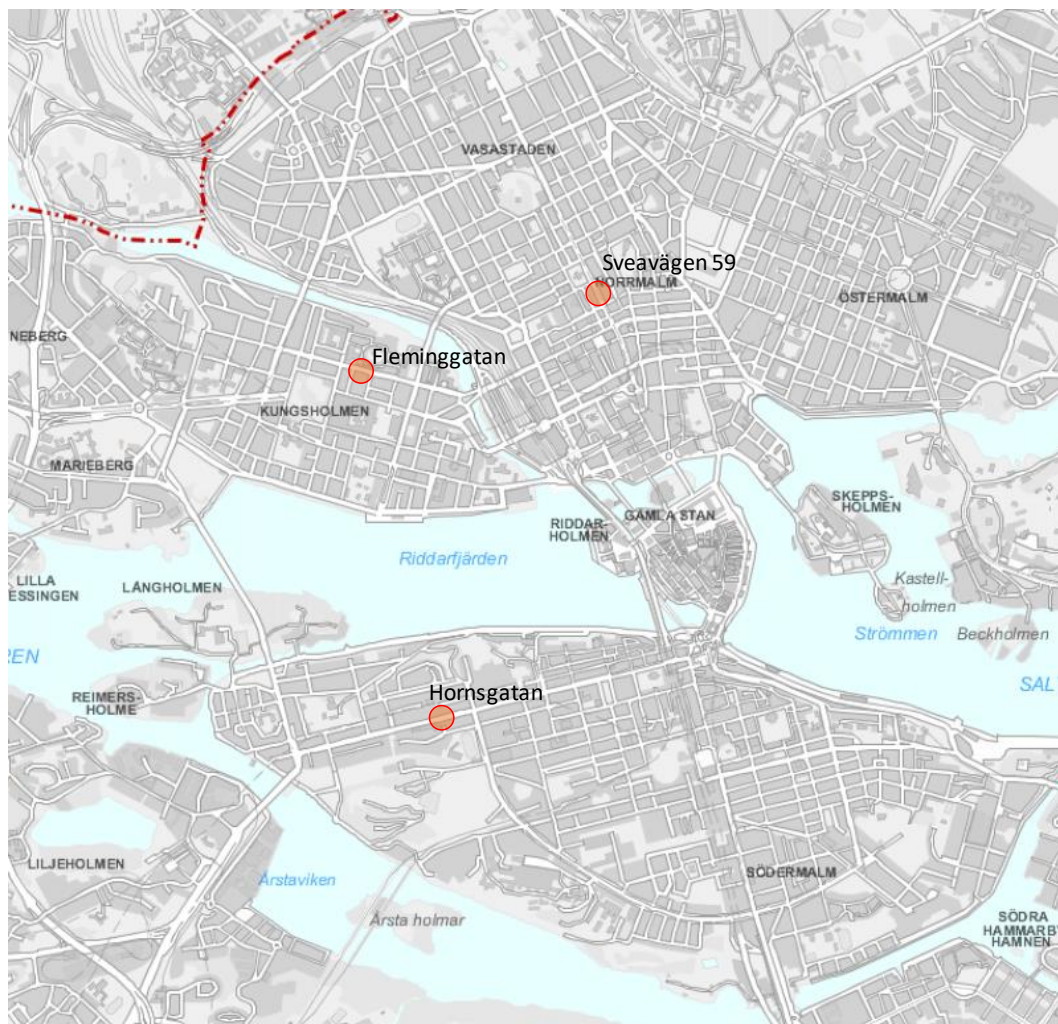
Luftvårdsförbunds station på taket vid Torkel Knutssongatan på Södermalm, vilken fungerar som urban bakgrunds nivå för luftkvalitet samt även Östra Sveriges Luftvårdsförbunds station vid Norr Malma norr om Norrtälje, vilken fungerar som regional bakgrundsmätning för luftkvalitet. Data från mätstationerna har i Optidrift främst använts i optimeringsanalysen.

3.5. Vägdammsprovtagning

3.5.1. Vägdammsprovtagning i Optidrift

För att undersöka effekten på vägdammsförrådet av olika driftåtgärder användes WDS II (Jonsson m.fl., 2008). Dammängden på ytan presenteras som DL180 (massan av inorganiska partiklar mindre än $180 \mu\text{m}$ per m^2). I Optidrift har främst profilmätningar tvärs gatan–från vägkanten till och med första körfältet med cirka 20 cm mellanrum–använts för utvärdering. Dessa prover har analyserats avseende turbiditet (mått på grumlighet) och omvandlat till dammängd med en regressionsfunktion mellan turbiditet och dammkoncentration baserad på tidigare data.

Mätplatserna som använts ligger i direkt anslutning till mätstationer för luftkvalitet i gaturum på Hornsgatan, Fleminggatan och Sveavägen (Figur 2).



Figur 2. Lokaler som använts för mätningar med WDS inom Optidrift. Lokalerna ligger i anslutning till befintliga mätstationer för luftkvalitet.

Vilka åtgärder som utvärderats avseende vägdammsförråd har beslutats i samråd med Trafikkontoret, Stockholms stad. I följande avsnitt redovisas åtgärder som har utvärderats.

3.5.2. Sandupptagning och spolning på Fleminggatan

Sandupptagning genomfördes förr i en enskild insats med ett tåg av fordon, med olika funktioner. Grovsopning, dammsugning, spolning etc. Dagens sandupptagning görs på ett enklare sätt. Entreprenören planerar ungefär en månads arbete för att sandsopa alla ytor såsom körbanor, gångbanor, cykelbanor, trappor och torgytor m.m. Det beror på vädret när sandsopningen kan starta.

Gångbanemaskiner som kan utföra underhållssopning tar upp sanden på gång- och cykelbanorna. Dessa maskiner både sopar ihop sanden och plockar upp den i samma moment. Vatten används alltid vid denna sopning och det är samma maskin som bevattnar i samband med sopningen. Om det är väldigt torrt så kan en extra maskin lägga ut vatten före sopmaskinen för att det inte ska damma så mycket.

På körbanor används större sopmaskiner, ibland lastbilsdragna. Dessa både sopar och binder upp dammet med eget vatten, som sprayas ut som en vattendimma. Även på dessa ytor kan en vattenbil förvattna innan sopningen om det är väldigt torrt. När sandsopningen är klar börjar man maskinspola ytorna.

Det moment som utvärderats avseende inverkan på dammförrådet omfattar städning med borstar och vatten mellan kl. 22 och 02, natten mot 2016-03-30.

3.5.3. Spolning med högtrycksramp Fleminggatan

Att spola gatan med vatten kan göras på olika sätt, till exempel med högtrycksramp eller med s.k. ”padda”. Högtrycksrampen använder mindre vatten under högt tryck. Dysorna kan riktas och snedställas i förhållande till fordonets körriktning. I föreliggande test tvättades först körfältet, följt av två överlappande tvättar successivt längre ut mot kantstenen, för att spola dammet mot kantstenen och ner i dagvattenbrunnen. WDS-mätningar genomfördes före och efter tvätten.



Figur 3. Spolning med högtrycksramp på Fleminggatan (Foto: Mats Gustafsson, VTI).

3.5.4. Spolning och vakuumsug på Hornsgatan

Efter lyckade tester i Trondheim (Järleskog m.fl., 2017, Snilsberg och Gryteselv, 2017) med högtryckstvätt kombinerad med vakuumsug av samma typ som används i Stockholm, beslöts att denna metod skulle provas på Hornsgatan. Dock fanns inte högtryckstvätt av samma typ att tillgå, varför två bilar med högtrycksramp (se Figur 3). Bilarna körde i bredd, började vid vägmitt och arbetade sig ut mot kanten till hela ytan spolats. En vakuumsugsbil körde bakom spolbilarna och arbetade sig också från vägmitt och ut mot kanten (Figur 4). Åtgärden utfördes dagtid.



Figur 4. Spolning och efterföljande vakuumsugning på Hornsgatan. (Foto: Mats Gustafsson, VTI).

Förutom utvärdering av driftåtgärder har mätningar även genomförts för att studera:

- Variationen i vägdammsmängd längs med gatan.
- Om mindre gator som ansluter till de gator där luftkvalitetsmätningarna utförs, bidrar till dammförrådet.
- Hur nederbörd påverkar dammängderna på gatan.

3.5.5. Variation i dammängd längs gator

Då WDS-mätningar i det parallella projektet för uppföljning av Stockholms driftåtgärder mot PM_{10} görs på samma plats vid varje mättillfälle, finns ett intresse av att studera eventuella skillnader längs med gatan. Två mätningar genomfördes därför på Hornsgatan och Sveavägen, som skiljer sig från varandra på flera sätt. Hornsgatan är en backe vid mätplatsen och har en beläggning i förhållandevis dåligt skick med stensläpp, sprickor och en del lappningar, medan Sveavägen har små nivåskillnader och en homogen beläggning i gott skick. Vidare skiljer sig gatorna genom att Hornsgatan har lägre dubbandel på grund av dubbförbud (cirka 25 % jämfört med 50 %), Sveavägen har parkeringsytor längs med gatan, medan Hornsgatan vid mätplatsen har en cykelbana närmast kanten mot trottoaren.

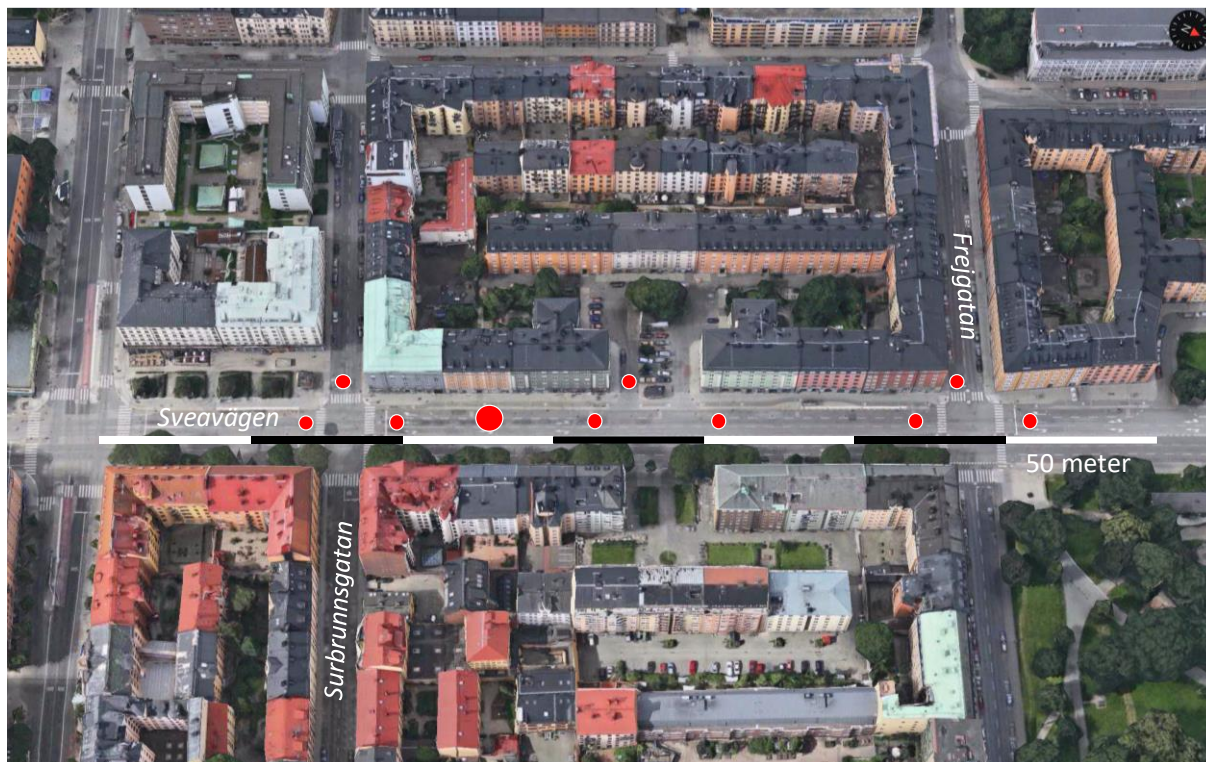
Mätningarna utfördes på Hornsgatan i västgående körfält, från mätstationen för luftkvalitet och österut mot korsningen med Ringvägen (nedför backen). Prover togs var 10:e meter i och mellan hjulspår och analyserades avseende turbiditet. På Sveavägen genomfördes mätningarna på samma sätt, med start vid mätstationen för luftkvalitet och söderut.

3.5.6. Inverkan av regn på dammängderna

Vid ett tillfälle då mätningar genomfördes kom ett ganska omfattande regn. Detta utnyttjades för att studera hur regn påverkar dammförrådet på vägytan i förhållande till de åtgärder som görs. En mätning hade gjorts innan regnet, en gjordes direkt efter och en 10 timmar senare.

3.5.7. Intransport av damm från anslutande gator

För att undersöka betydelsen av transport av sand med fordon från sandande gator till osandade, gjordes mätningar på gator anslutande till Sveavägen. Sveavägen sandas inte, men sand används på ett flertal mindre gator som ansluter till denna. Prover togs med WDS innan korsningarna med Sveavägen och före och efter korsningarna på Sveavägen nedströms trafiken (figur).



Figur 5. Provpunkter för provtagning för utvärdering av intransport av sand från anslutande gator till Sveavägen. Den större punkten på Sveavägen markerar ordinarie mätplats Sveavägen 83, med en luftkvalitetsstation. (Foto från eniro.se).

3.6. Sandprovtagning på cykel- och gångbanor i Linköping

För att få en uppfattning om potentiellt bidrag till vägdammsförrådet av den sandningssand som läggs på gång- och cykelvägar, gjordes mätningar i samband med sandupptagningen i Linköping under våren 2016. Innan kommunen påbörjat sina åtgärder för sandupptagning, sopade vi upp sanden på en 0,5 meter lång vägsektion (Figur 6) på sex olika platser. Sanden samlas upp i kärl för senare analys av vikt och kornstorleksfördelning. På så sätt kunde vi få en uppfattning om mängden sand/grus som kan ligga på en gång- och cykelväg efter vinterns slut och krossningsgraden till följd av trafikpåverkan. Olika platser valdes för att representera olika miljöer med tänkbara skillnader i sandmängd och trafikpåverkan:

- gång- och cykelbana i direkt anslutning till bilväg, med ganska höga gång- och cykelflöden (B)
- gång- och cykelbana med smal skiljeremsa mot bilväg (D)
- gång- och cykelbana med bredare skiljeremsa mot bilväg och avskärmande vegetation (E)

- gångbana avskärmd från biltrafik och med mycket låga gångflöden ("örörd sträcka", F)
- gång- och cykelbana genom park, med moderata gång- och cykelflöden (G)
- bilparkering (H) – valdes i tillägg till gång- och cykelytorna för att få en uppfattning om biltrafikens påverkan på stenmaterialet (krossning/nedmalning).

Efter att ytans sopats ren togs sex WDS-prover tvärs gång- och cykelbanan. Upprepade WDS-prover togs strax efter att kommunen genomfört sandupptagning på ytan och ett par veckor därefter. På några av platserna togs ytterligare prover 3–4 veckor efter sandupptagningen.



Figur 6. Tillvägagångssätt vid sandprovtagning från gång- och cykelbana i Linköping våren 2016. (Foto: Göran Blomqvist, VTI).

Sandproverna vägdes och därefter gjordes en siktanalys med minsta sikt 0,0625 mm. För ett urval av ytorna (B, F, G och H) gjordes även en laseranalys på det torrsiktade materialet med en kornstorlek mindre än 0,5 mm. WDS-proverna analyserades med avseende på konduktivitet och turbiditet (mått på grumlighet). Utifrån turbiditeten har också dammängden (dustload) beräknats med en regressionsfunktion mellan turbiditet och dammkoncentration baserad på tidigare data.

3.7. Utvärdering och modellering av effekter av åtgärder med NORTRIP-modellen

NORTRIP står för Non-exhaust Road Traffic Induced Particle emissions. NORTRIP är en beräkningsmodell som tagits fram genom ett nordiskt samarbetsprojekt finansierat av Nordiska ministerrådet. Modellen beskrivs i två vetenskapliga publikationer (Denby m.fl., 2013a, Denby m.fl., 2013b) och består av två olika delar.

Den första delen räknar fram storleken på emissionen av den del av PM_{10} som inte härrör från avgasutsläppen. Det inkluderar slitageprocesser såsom slitage av vägytan, däck och bromsar, men innehåller även externa källor såsom vintersand, vägsalt och dammbindning. Dessa partiklar brukar kallas vägdamm. Partiklar från slitageprocesserna är starkt beroende av trafikparametrar och modellen kräver indata i form av trafikparametrar såsom trafikflöde, andel tung trafik, hastighet samt andelen fordon med dubbdäck. Dessutom finns möjligheten att justera bidraget från körbanans slitage beroende på gatans typ av beläggning, andel dubbdäck med mera. Förutom emissioner till luften innehåller modellen flertalet sänkor för vägdamm på vägytan. Till exempel processer som borttransport med regn eller smältvatten samt stänk från fordon vid fuktig körbana.

Den andra delen av modellen beräknar vägytans fuktighet. Vägytans fuktighet är avgörande för halterna och emissionerna av vägdamm från körbanan. Enbart vid torr körbana emitteras partiklarna till luften. Vid fuktig körbana ackumuleras istället vägdamm i stor utsträckning. Fuktigheten på vägytan beräknas bland annat med meteorologiska indata såsom nederbörd, relativ fuktighet, temperatur samt solstrålning. Men även faktorer som salt på körbanan samt fordonens inverkan finns med i modellen. Modellen tar även hänsyn till skuggning från gatans byggnader. På gator där vägytans fuktighet mäts (till exempel Fleminggatan och Hornsgatan) kan uppmätt vägfukt användas istället för den beräknade.

Modellen beräknar även halter av PM₁₀ i luften genom att använda NO_x som en indikator för spridningen. Detta förfarande kräver kända emissionsfaktorer för kväveoxider, NO_x, samt uppmätt halt av NO_x. Baserat på fordonfördelningen för den aktuella gatan har emissionsfaktorer baserat på HBEFA 3.3 använts. I de fallen uppmätt halt av NO_x saknas så används en annan beräkningsmodell (OSPM) för att räkna fram halterna av PM₁₀ baserat på rådande meteorologi och emissioner. Samtliga indata används med en tidsupplösning på en timme och utdata från modellen ger såväl emissioner samt PM₁₀-halt för varje timme.

Modellen har bland annat använts på Hornsgatan för att studera effekten av dubbdäcksförbudet i Stockholm (Johansson, 2006, Norman, 2016) samt hastighetsförändringar i Oslo (Norman, 2016). Modellen har även använts för att utvärdera vägdammsförråd på körbanan samt mängden salt i luften och på körbanan (Denby m.fl., 2016).

I Stockholm har även modellen använts för att studera vilken effekt dammbindningen i Stockholm har haft på PM₁₀-halterna (Gustafsson m.fl., 2017b).

Inom Optidrift har NORTRIP-modellen använts för att studera effekten av dammbindning med CMA, som enskild åtgärd samt i kombination med vattenbegjutning av körbanan. Studierna har gjorts i flera olika delar. Samtliga studier har fokuserat på effekten på de modellerade PM₁₀-halterna. Syften har varit att studera:

- effekten av den dammbindning som verkligen har gjorts i Stockholm
- hur tidpunkten på dygnet som CMA läggs ut påverkar PM₁₀
- möjlig optimering av antalet dagar med CMA-behandling under en säsong
- effekten på PM₁₀-halterna om CMA används flera dagar i sträck
- effekten av Trafikkontorets schema för CMA-behandling inklusive effekten av extra vattenbegjutning.

För de två första punkterna har de verkliga tillfällena med CMA-behandling använts. För de tre övriga har de verkliga CMA-utläggningarna inte använts utan fiktiva CMA-behandlingar kopplade till höga PM₁₀-halter under de olika åren för att testa hur en optimering hade kunnat göras.

Samtliga beräkningar med NORTRIP-modellen har utförts för Hornsgatan. Hornsgatan har valts ut eftersom det finns långa serier mätdata. Dessutom har tidigare studier och beräkningar med NORTRIP-modellen gjorts för denna gata, vilket innebär att den är väl validerat för detta gaturum. Alla testkörningar gjordes för åren 2011–2016. Modellen började alltid 1 juli varje år för att uppbyggnad och ackumulation av dammförrådet på körbanan ska byggas upp under hösten på grund av vägslitage och fuktiga körbanor. För vissa av studierna har sedan data analyserats beroende på säsong (höst/vinter) och i vissa fall på kalenderår. Orsaken är att driften styrs per säsong, men jämförelsen mot gränsvärden måste göras på kalenderår. För att studera effekten av dammbindningen så har modellens beräknade vägfuktighet använts istället för den observerade.

3.8. Utvärdering av dammbindning genom ”kriterieanalys”

Eftersom dammbindning identifierats som den åtgärd som ger den tydligaste effekten på PM₁₀-halter i samband med att den genomförs har en metod utarbetats för att identifiera åtgärdens effekt i förhållande till överskridanden av miljökvalitetsnormens gränsvärde. Genom att anta att

dammbindningen kan sänka PM₁₀-halten med 20–40 % (Gustafsson m.fl., 2010) från en dag till nästa (om åtgärden utförs på natten mellan dagarna) och kombinera denna effekt med dagar för utläggning och PM₁₀-halter har kategorierna nedan identifierats:

- normens gränsvärde klaras tack vare CMA
- CMA har lagts ut även om normens gränsvärde klarats utan CMA (CMA i ”onödan”)
- CMA har inte lagts ut, trots att normens gränsvärde överskrids (CMA ”missas”)
- CMA har lagts ut, men räcker inte för att nå normens gränsvärde.

Genom att följa upp hur dessa kategorier förändras mellan säsongerna och hur de fördelas över säsongen, kan åtgärden förhoppningsvis förbättras. Analysen har vissa brister. Till exempel tar den inte hänsyn till eventuella längre effekter av dammbindningen än till efterföljande dag. Likaså är den, liksom alla utvärderingar beroende av korrekt information om när åtgärden utförts. Detta bör beaktas vid tolkningen.

3.9. Provtagning av damm i vakuumsug

För att få en högre tidsupplösning över längre tid och större områden av hur vägdamms mängd (om än med låg noggrannhet) och innehåll varierar, genomfördes provtagning i utrymmet för finmaterial i vakuumsugen Disa-Clean mellan 2015-11-25 och 2016-12-02. Dammets innehåll kan förväntas avspegla de huvudsakliga källorna. Provtagningen sköttes av förarna till en av de två maskiner som användes i Stockholm efter varje dags pass med maskinen. Prover togs i små plastburkar och en notering gjordes avseende datum och dammnivån i vakuumsugens finfraktionsfack, där de fina fraktionerna deponeras. De grova fraktionerna deponeras i ett separat fack som inte kvantifierades. Vilka gator som maskinen körts på, gick att utröna i efterhand med hjälp av kartor baserade på insamlade GPS-positioneringar under färd. Proverna analyserades avseende fukthalt, massa, konsistens innehåll. Sammansättningen bestämdes med hjälp av XRF spektrometri (S1 TITAN handheld XRF spectrometer by Bruker). Fyrtiofem element och oxider analyserades: MgO, Al₂O₃, SiO₂, P₂O₅, S, Cl, K₂O, CaO, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Rh, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U.



*Figur 7. Vakuumsugens insug (över till vänster), uppsamlingsbehållare (över till höger), insamlade dammprover från vakuumsugen (nere till vänster) och XRF-mätning på prov (nere till höger).
(Foto: Göran Blomqvist, VTI).*

4. Resultat

4.1. Inledande workshop

4.1.1. Inledande diskussion

Följande lätt provocativa påståenden användes för att få igång den inledande diskussionen:

- idag sker ingen samordning mellan vinterdrift och vårdrift
- dagens driftutrustning fungerar dåligt
- dagens åtgärder är inte optimala
- vi vet inte hur åtgärderna ska följas upp
- vi vet inte vad som fungerar bäst
- det saknas strategier för att klara både luftkvalitetsmål och vinterväghållning.

Vid handuppräknning svarade 9 av 37 deltagare att de tidigare funderat på samordning mellan vinterdrift och vårdrift, men endast tre svarade att de inte hade funderat i dessa banor. Vi drog slutsatsen att tanken kan ha föresvävat de flesta av deltagarna, men inte resulterat i någon aktivitet ännu.

Vid diskussionen som följde kunde vi se att den mest självklara kopplingen mellan vinterdrift och vårdrift tycktes vara vintersandning och sandupptagning. Diskussionen kom att handla mycket om det och om sandning kontra saltning på gång- och cykelvägar. Åsikterna gick isär om för- och nackdelar med olika metoder och tekniker, vad som är verkningsfullt i olika situationer och vilka de sekundära effekterna är. Inom detta verkar det finnas ett stort utvecklingsbehov, vilket vi återkopplar till i sammanställningen av problemområden nedan.

Även dammbindning diskuterades en hel del under första halvan av workshopen. Metoder och strategier tycks skilja sig mycket mellan olika kommuner/utförare och det finns en osäkerhet i effektiviteten av olika åtgärder. Eftersom dammbindning är en relativt ny företeelse saknas erfarenheter och utvärderingar i den omfattning att det går att säga vad som är effektivt under olika förhållanden, vilken varaktighet åtgärderna har osv. I den diskussionen blev det också tydligt att det idag inte sker någon samordning mellan halkbekämpning och dammbindning, trots att de medel som används skulle kunna uppfylla båda syftena. Kopplingen mellan vinterdrift och partikelalstring lyftes också som ett viktigt område där det behövs mer kunskap. För att kunna identifiera effektiva åtgärder behövs generellt mer kunskap om vad som alstrar hälsoskadliga partiklar och processerna bakom spridningen av dessa i tätorterna.

4.1.2. Gruppdiskussioner

För en mer fördjupad diskussion delades deltagarna in i grupper om ungefär 6 personer. Grupperna diskuterade följande frågeställningar:

1. Vilka möjligheter till samordning kan ni se mellan vinterväghållning och driftåtgärder som syftar till att minska partikelemissioner under våren?
2. Vilka möjligheter finns för förbättringar när det gäller åtgärdsstrategier?
3. Vilka hinder finns för förbättringar när det gäller åtgärdsstrategier?
4. Vilka möjligheter finns för förbättringar när det gäller teknik- och metodutveckling?
5. Vilka hinder finns för förbättringar när det gäller teknik- och metodutveckling?

Liksom i den inledande diskussionen var det kopplingen mellan vinterväghållning och partiklar som främst lyftes fram av grupperna, möjligheten att genom optimering av vinterdriftsåtgärderna minska partikelemissionerna. Några talade om teknikutveckling som en möjlighet och lyfte bland annat behovet av fordon/utrustning som fungerar bra för såväl vinterväghållning som vårdrift. Bättre prognosverktyg exempelvis sensorer och sträckbaserade väderprognoser lyftes som en annan

möjlighet till förbättring. Det påpekades också att man behöver tänka partikelgenerering året om och inte bara under en begränsad period på våren. Gemensamma målsättningar och uttalade strategier nämndes också som möjliga framgångsfaktorer liksom kunskapsutveckling och kommunikation. En nationell samordning efterfrågades och många saknade att SKL (Sveriges Kommuner och Landsting) inte var mer aktivt i sammanhanget.

De främsta hindren för möjligheter till förbättringar som nämndes gällde resurser, både kostnader och tid/personal, samt svårighet att utvärdera effekter av ny teknik och metoder bland annat på grund av vädrets inverkan och variation. Avtalsmässiga hinder nämndes också. Bland annat är det svårt att få in nya tekniker och metoder i redan befintliga avtal och att i upphandlingen ge incitament för innovationer och nytänkande. Ett annat problem är att det finns målkonflikter mellan olika politiska målsättningar. Ett politiskt mål utgör ofta hinder för ett annat.

4.1.3. Sammanställning av de viktigaste problem- och utvecklingsområdena identifierade under workshopen

I vår analys av diskussionerna under workshopen har vi kunnat identifiera sex olika problemområden som av deltagarna anses vara centrala för optimering av vinterdrift och driftåtgärder som syftar till att minska partikelemissioner under våren. Det handlar om:

- övergripande åtgärder och kunskapsbehov
- sandning och upptag av sand
- saltning
- dammbindning
- städning
- utrustning och material.

Nedan listas identifierade åtgärder inom respektive problemområde. Vi valde också ut de frågeställningar som vi i diskussion med referensgruppen ansåg vara prioriterade och som vi ska arbeta vidare med inom forskningsprojektet.

Problemområde 1. Övergripande åtgärder och kunskapsbehov

Identifierade förbättringsområden:

- utbildning av personal på alla inblandade nivåer
- gemensamt forum för kommuner och myndigheter
- styrning med hjälp av upphandling och funktionskrav
- behov av förbättrade mätningar och prognoser för optimerad drift
 - sensorer i och på vägen
 - mobila sensorer
 - åtgärd utifrån prognoser ofta baserad på en enskild persons erfarenhet
- behov av förbättrad utvärdering av insatsers effekter
 - uppföljningsmått och mätmetoder
- säkerhet, framkomlighet, miljö och hälsa behöver viktas för en optimering av drift
 - målkonflikter
- vilka sekundära effekter av en optimerad drift finns och hur stora är de?
 - ökade insatser – ökade emissioner av buller och luftföroreningar
 - ökad kemikalieanvändning – effekter på mark, vatten och korrosion/slitage
 - hantering av upptaget/återvunnet material.

Prioriterade inom Optidrift:

- förbättrad utvärdering av insatsers effekter (mått och mätmetoder) för såväl vår-, som vinterdriftens syften
 - identifiering och uppskattning av partikelkällor i tätorter
- beslutsunderlag för val av optimerade åtgärder utifrån prognoser
- sekundära effekter.

Problemområde 2. Sandning och upptag av sand

En stor del av workshopen ägnades åt diskussioner om sandning och sandupptagning, det vill säga framförallt hur en negativ påverkan på partikelhalterna från vinterdriftens aktiviteter kan undvikas. Man har testat olika typer av sandningsmaterial, till exempel tvättad kross, ökad gruskornsstorlek (från 2–7 mm till 4–8 mm).

Man försöker också minska mängden sand som sprids på vägarna genom att riva upp is där sanden sjunkit ner genom isen, för att minska behovet av ytterligare sandning. Man använder sig också mer av kombinationen sopning och saltning, där man sopar vägbanan helt ren från snö för att sen salta mot halka. Denna metod används i nuläget på cykelbanor för att undvika att grus ligger på vägbanan och sänker friktionen.

På många platser tidigarelägger man sandupptagningen på våren, både för att minska mängden grus på vägbanan och för att utnyttja fukten tidigare på året för att minska damningen vid upptagning. Just behovet av att vattna under dammupptagning för att minska damningen begränsar möjligheten att ta upp sanden innan vårvärmen har kommit då det annars finns risk för isbildning.

Man diskuterade också att undvika sandutlägg tidigt under säsongen för att minska risken att det ligger sand på vägbanorna under lång tid. Men även om det ligger sand på vägen vid ett snöfall forslas den tillsammans med andra partiklar bort tillsammans med snön.

Identifierade åtgärdsområden:

- giva
 - optimering med bättre prognoser
 - ersätta sand med salt
 - reaktivera sand som sjunkit genom is med hjälp av isrivning
- sandkvalitetens betydelse för damningen är oklar
 - hur påverkas damningen av materialets storleksfördelning och hur påverkas friktionen, komforten, risken för punkteringar och stenskott etc.
 - påverkas damning av sandtvätt innan utläggning?
 - cementera sanden med alkalisk komponent vid gatsten –?
 - alternativa material?
 - befukta med dammbindande medel
- snöröjning på vintern minskar ansamlingen av sand
- tidigare upptagning på våren
 - dammar mindre – mindre PM₁₀
 - färre cykelolyckor på rullgrus
 - transport av sand och partiklar från gång- och cykelbanor (och kringliggande gator) till osandad gata genom trafik, DoU och avrinning.
 - brist på kontroll av privata fastighetsägare som använder lövblåsar eller sopar ut sand i gatan
 - fuktning vid användning av lövblåsar (upphandlingskrav).

Prioriterade inom Optidrift:

- ersätta med salt
- befukta sand med dammbindande medel
- materialval
- snöröjning
- tidigare upptagning.

Problemområde 3. Saltning

Ett sätt att minska sandningen är att salta istället. Det finns många olika typer av salt, och olika nivå på renhet av saltet. Salter är olika effektiva, både för dammbindning och halkbekämpning, och påverkas olika mycket av ytterligare nederbörd, som späder saltlösningen vilket ger en högre fryspunktstemperatur och på så sätt kan återfrysning ske. Även priserna skiljer sig stort. Det finns också olika upphandlingssystem, till exempel mellan statliga och kommunala vägar, där vissa fokuserar på funktionsupphandling med till exempel friktionsmått medan andra ersätter per saltningstillfälle. Många försöker minska mängden salt i varje giva för att minska effekten på omkringliggande mark, vissa driftområden har fått veta att man ska salta försiktigt, vilket har resulterat i att man tror att man saltar trots ett förbud (som inte finns).

Vid saltning kan svarthalka uppkomma, det vill säga återfrysning av saltlösningen som ligger på vägen, ofta på grund av utspädning via nederbörd. Det rådde delade meningar om ifall detta var ett stort eller försumbart problem.

Identifierade åtgärdsområden:

- material
 - hygroskopicitet är bra för dammbindning, men kan bidra till att vägbanan fryser om temperaturen blir tillräckligt låg
 - flingor, kornstorleksfördelning och lösningar av olika salter samt diverse tillsatser ger många möjliga verktyg för såväl halkbekämpning som dammbindning
 - alternativa material (till exempel organiska salter)
- metodutveckling
 - sopsaltning av cykelbanor – ökar säkerhet och framkomlighet, minskar sandanvändningen, ingen sandupptagning, risk för svartis?
 - halkbekämpning på gång- och cykelbanor med CMA.
- strategier
 - vid behov av både halkbekämpning och dammbindning kan ett medel som fungerar för båda användas eller så kan NaCl och dammbindning spridas separat eller NaCl kombineras med dammbindande produkt i samma insats.

Prioriterade inom Optidrift:

- material, metodik och strategier för kombinerad halkbekämpning och dammbindning
- potentialen att minska partikelhalterna genom sopsaltning av cykelbanor och trottoarer.

Problemområde 4. Dammbindning

Identifierade åtgärdsområden:

- material och metod
 - behov av dammbindningsmedel som klarar kyla
 - kort varaktighet ett problem – många insatser, mycket material, dyrt, förorenar vatten och mark(?). Kan detta förbättras?
 - friktionsnedsättning på grund av dammbindning, både initial nedsättning vid åtgärdstillfället och eventuell polering av den ävja (mix av vägdamm och dammbindningsmedel) som kan ske.
- strategier
 - när är dammbindningen effektivast i förhållande till andra driftåtgärder, trafik och meteorologi?
 - vid behov av både halkbekämpning och dammbindning kan ett medel som fungerar för båda användas eller så kan NaCl och dammbindning spridas separat eller NaCl kombineras med dammbindande produkt i samma insats.

Prioriterade inom Optidrift:

- material, metod och strategier för kombinerad halkbekämpning och dammbindning
- förbättrad varaktighet av effekt och utvärderingsmetoder för detta.

Problemområde 5. Städning

Identifierade åtgärdsområden:

- teknik och metoder
 - behov av teknikutveckling av maskiner avseende effektivitet att ta upp fint damm
 - behov av maskiner med bättre åtkomlighet
- strategier
 - städa på smutsiga infartsleder för att minska damm i centrala delar
 - vilken del av gatan är viktigast att städa? Där dammet ligger still eller varifrån det emitteras mest?
 - när städas effektivast i förhållande till andra driftåtgärder, trafik och meteorologi?

Prioriterade inom Optidrift:

- bättre åtkomlighet för trånga utrymmen–teknikutveckling
- var och när är städning effektivast.

Problemområde 6. Utrustning

Utvärdering görs sällan, bland annat på grund av bristande utvärderingsmått och utvärderingsmetoder, men det testas en del olika åtgärder i olika kommuner. I och med att man ofta gör flera saker samtidigt och har svårt att få till en referens som man kan jämföra med är det dock ofta svårt att veta vad som verkligen fungerar.

Identifierade åtgärdsområden:

- utvecklingsbehov
 - maskiner och metoder som är anpassade för gång- och cykelbanor (bärlighet och åtkomlighet viktiga)
 - maskiner som kommer åt i väggkant med mera
 - utrustning som kan användas för såväl vinter- som vårdrift
 - krav på simultan plogning och halkbekämpning med samma maskin
 - utveckling av upphandlingskrav för verktyg för att få entreprenörer att lösa uppgiften
 - utveckling av plogskär
 - plogskär – räfflade eller släta? Olika trafikanter vill ha olika ytor.

Prioriterade inom Optidrift:

- utrustning som kan användas för både vinter- och vårdrift och i olika storleksskalor.

4.2. Fokusgrupp med maskinförare

Nedan sammanfattas de bedömda viktigaste budskapen som framkom under fokusgruppens möte. Ett längre referat av vad som framkom återfinns i Bilaga 3.

4.2.1. Sandupptagning och annan rengöring

- Tiden för påbörjad sandupptagning varierar men ska vara klart första maj.
- Mild vinter medför liten sandanvändning, men kan också innebära att mer av den sand som ändå används finns kvar i vägmiljön. Då det är mycket snö plogas och borstas mycket sand bort från vägbanan.
- Sand överanvänds på grund av rädsla för halka. På gator där man sandar försvinner sanden snabbt och där kan man egentligen sanda hur många gånger som helst.
- Sandupptagningen görs nuförtiden utan efterföljande spolningsinsats. Om sandupptagningen görs tidigt, vilket är ett önskemål för att minska damning från sanden, kan det bli en ganska lång tidslucka innan de ordinarie spolningsinsatserna startar. Detta kan få till följd att fint damm som städningen inte klarar att ta upp, blir kvar onödigt länge i vägmiljön. Dammbindningen avslutas normalt sista april och om spolningen dröjer till senare, så blir dammet extra tillgängligt för uppvirvling efter att dammbindningen avslutats.
- Borstarna river upp mycket damm och vattensprayningen räcker inte för att dämpa dammolnen. Visserligen korta perioder, men borde ge höga partikelhalter.
- Förhoppning finns om att nya reglerna från arbetsmiljöverket gällande kiseldamm/kvartsdamm ska sätta press på att dämpa damningen.
- Parkeringsytorna längs vägarna är uppsamlingsplats för sand och grus från cykel- och gångbanor. Där mals det ner av bilarna. Det är svårt att städa undan och går ej att komma åt att dammbinda.

4.2.2. Dammbindning med CMA

- Vanligtvis läggs CMA i veckorna och spolning genomförs på helgerna.
- CMA-utläggerna avslutas då motorcyklarna börjar komma fram, då man är rädd för halka. Senaste säsongerna har detta varit datumsatt till sista april (författarnas anmärkning).
- Istället för schema med fasta dagar borde CMA läggas ut baserat på väderprognos, på samma sätt som vinterväghållningen, men baserat på andra kriterier.
- CMA kan läggas ut på veckonattsstädgatorna och täcka in hela staden. Kanske skulle spolning kunna undvikas?
- Effektivisering och bättre resursanvändning efterfrågas. Personal finns dygnet runt, men har ibland inte tillräckligt att göra.
- Att upphandla specialåtgärder som dammbindning inför varje säsong, utanför ordinarie 7-årskontrakt, ger dålig framförhållning och försvårar för entreprenören att planera och investera i mer anpassade och bättre utrustningar.
- Dagtid dammbindning med tallriksspridare är problematiskt, då det kan orsaka pölar av CMA i korsningar, vilket kan leda till halka. Dagtid hindrar även trafiksituationen, med dubbelparkerade bilar (särskilt taxibilar) och höga och täta trafikflöden, att arbetet kan göras bra. Få anpassar hastigheten och ligger så nära spridarbilen att man får CMA på bilen.
- De allt frekventare uteserveringarna påverkar också åtkomligheten.

4.2.3. Sopsaltning

- Plogning och saltspridning med Mulithog generellt fungerar bra, men att plogen kan lämna en snörest som, tillsammans med saltspridningen kan resultera i en iskaka. Resultatet blev bättre då borste med stålpenor användes. En särskild rigg med borstar har byggts och testats för ändamålet och fungerar bra.
- Salt sprids med dysor som är kopplade till hastigheten och slutar sprida direkt då maskinen står still, vilket gör att man undviker pölbildning och nedstänkning av fordon och personer.
- Den gångna vintern har saltlösningen inte helt klarat av att få cykelbanorna halkfria vid låga temperaturer. En maskin där till exempel kalciumklorid kan blandas med natriumkloriden för bättre effekt vid lägre temperaturer skulle kunna vara en lösning. I tidigare intervju med sopsaltförare har dessa misstänkt att det varit något fel på saltlösningen, vilket förarna i denna fokusgrupp inte instämmer i, utan bedömer att den dåliga funktionen varit ett resultat av vädret.
- En kartering (koordinatsatt) bör göras över var ytor med driftproblem finns (till exempel höga partier, broar etc.), så att man kan göra särskilda insatser på dessa ytor, till exempel blanda in CaCl₂.
- CMA bedöms inte vara ett alternativ för sopsaltning då det blir för kladdigt på trottoarerna och antagligen sätta igen spraydysorna. CMA har dock tidigare spridits med dysor, med en annan mer avancerad utrustning.

- Saltdysorna bedöms inte vara helt optimala, då högt tryck behövs för tillräcklig mängd. Det höga trycket gör att mycket virvlar bort istället för att hamna på cykelbanan. Nya dysor ska provas.
- Med rätt typ av utrustning och kompetens skulle det gå att få till väsentliga förbättringar, men det investeras inte tillräckligt. Utrustningen är oftast gammal och utvecklingen står still.

4.2.4. Utvärdering av resultat

Utförarna gör egentligen inte själva någon typ av utvärdering av resultatet av sina åtgärder. Även om någon åker runt och kontrollerar resultatet, görs inga rapporter som delges förarna för återkoppling. Den enda återkopplingen kommer om allmänheten gjort en anmälan. Effekten på anmälningar avseende de nya sopsaltade stråken vore värdefullt.

4.2.5. Utveckling av utrustning

Fordon med större flexibilitet och som är bättre anpassat för driftåtgärder i stadsmiljö efterfrågas. Till exempel med flera olika borstar och flera olika typer av salt så att det blir lättare att komma åt och välja rätt åtgärd. Vidare borde utformning av spraymunstycken och spridartallrikar kunna optimeras för ändamålen. Lär av jordbruksmaskinernas utveckling.

4.2.6. Spolning

Spolning görs med ganska högt tryck så att man verkligen spolar loss den smuts som sitter fast i vägytan. Det går att rikta spolningen rakt nedåt i backen eller vinkla som man vill. Vanligtvis riktas strålarna snett framåt.

4.2.7. Rengöring - ordinarie kontrakt

- I år har det varit mycket problem med pollen och fröer, eftersom det har varit så torrt under en så lång period och inget har regnat bort. Det är mycket svårt att få bort eftersom det är så finkornigt att det bara går rakt igenom fordonet. Det finns inget filter, utan bara ett järngaller som fångar upp det mest grovkorniga. Sedan finns det förstås även vatten i turbinerna som ska fånga upp dammet, men allt fastnar inte där.
- Tidigare har uppsopat grus återanvänts, men det använda gruset blir rundare och rundare och sätter igen spridare och ger inte heller någon halkbekämpande effekt till slut.
- Grus från innerstaden är mycket finkornigare än från ytterstaden, då gruset krossas mer av biltrafiken. Grus från ytterstaden ser i princip oanvänt ut och skulle gå bra att använda igen.
- Sand som följer med i snöröjningen tippas ihop med snön i Mälaren. Det ”rena” gruset kan lämnas in för användning som fyllnadsmassor. Mycket uppsopat går till deponi, men det är bara en tipp som tar emot det. Rutinerna förändras varje år och inför säsongen är det ofta oklart vart det ska och om det ska återvinnas eller inte.
- Tipparna bedömer avfallet olika, så att priserna kan variera stort. Någon kan klassa det som bygg- och industriavfall, med priset 1000 kr/ton, medan en annan som fyllnadsmassor och kostar istället 70 kr/ton.
- Hanteringen av det uppsopade materialet är ineffektiv och medför många onödiga transporter, som görs genom staden med fordon med låg EURO-klass och med öppna flak, som dammar mycket.

4.2.8. Vinterväghållning

- Det viktigaste åtgärden för att minska partikelhalterna kopplad till vinterväghållning bedöms vara att använda mindre sand.
- I innerstaden saltas snön bort utom då det kommer väldigt mycket, då lastmaskiner med plogar används, eftersom det inte finns någonstans att lägga snön.
- Saltningen blir ofta utringd för sent, vilket bedöms bero på större tilltro till siffror och diagram istället för praktisk erfarenhet. Stora lokala skillnader missas om man litar för mycket på prognoserna.

4.2.9. Kunskap/informationsbehov

Trafikkontoret och våra chefer vet ju inte så mycket kring det praktiska som vi. Vi berättar om våra erfarenheter, men det tas sällan hänsyn till detta.

4.2.10. Övrigt

- Riktlinjer finns om till exempel vilka doser som ska läggas, men egentligen inga funktionskrav. Ibland måste åtgärder efter riktlinjer anpassas efter rådande förhållanden utifrån vår egen kunskap och erfarenhet.
- Det saknas kurser och utbildningar inom området. Kunskap inhämtas genom branschtidningar och är man ny eller ovan vid att köra en viss maskin får man se och lära av den som är mer erfarenhet och använda samma inställningar och körsätt.
- Kunskapsöverföringen fungerar inte tillfredsställande, varken vid pensionsavgångar eller i relation till underentreprenörer.
- En del underentreprenörer jobbar åt flera entreprenörer, vilket medför ett visst kunskapsutbyte.
- Eget engagemang är viktigt för att arbetet man utför ska kunna analyseras och förbättras.
- Den GPS-information som samlas in i alla fordon skulle kunna användas *i specifika projekt* för bättre uppföljning av åtgärder.
- Informationen till allmänheten om åtgärderna kunde vara bättre. Entreprenörerna har skyltar på fordon, men information borde spridas bättre av staden.

4.2.11. Önsketänkande

- Mer strukturerat arbete med de åtgärder som är mest lämpliga med bäst teknik efter de väderförhållanden och andra förutsättningar som råder.
- Modernare och miljövänligare utrustning och fordon behövs. En adekvat utrustning anpassad för ändamålet ger bättre resultat och är roligare att arbeta med. Underentreprenörerna bedöms vara de som har störst möjlighet att köpa nya fordon och testa ny teknik, troligen på grund av lägre omkostnader.
- Om uppsatta funktionskrav fanns, kunde entreprenören själv bestämma hur uppgiften bäst ska lösas. Kräver dock en annan typ av kontrakt.

4.2.12. Avslutande sammanfattande diskussion

Den främsta möjligheten att genom driftåtgärder minska partikelhalterna kan finnas genom:

- teknikutveckling – vi behöver bättre utrustning
- rätt och tillräckligt med åtgärder i rätt tid
- samordning/organisation
- strategi.

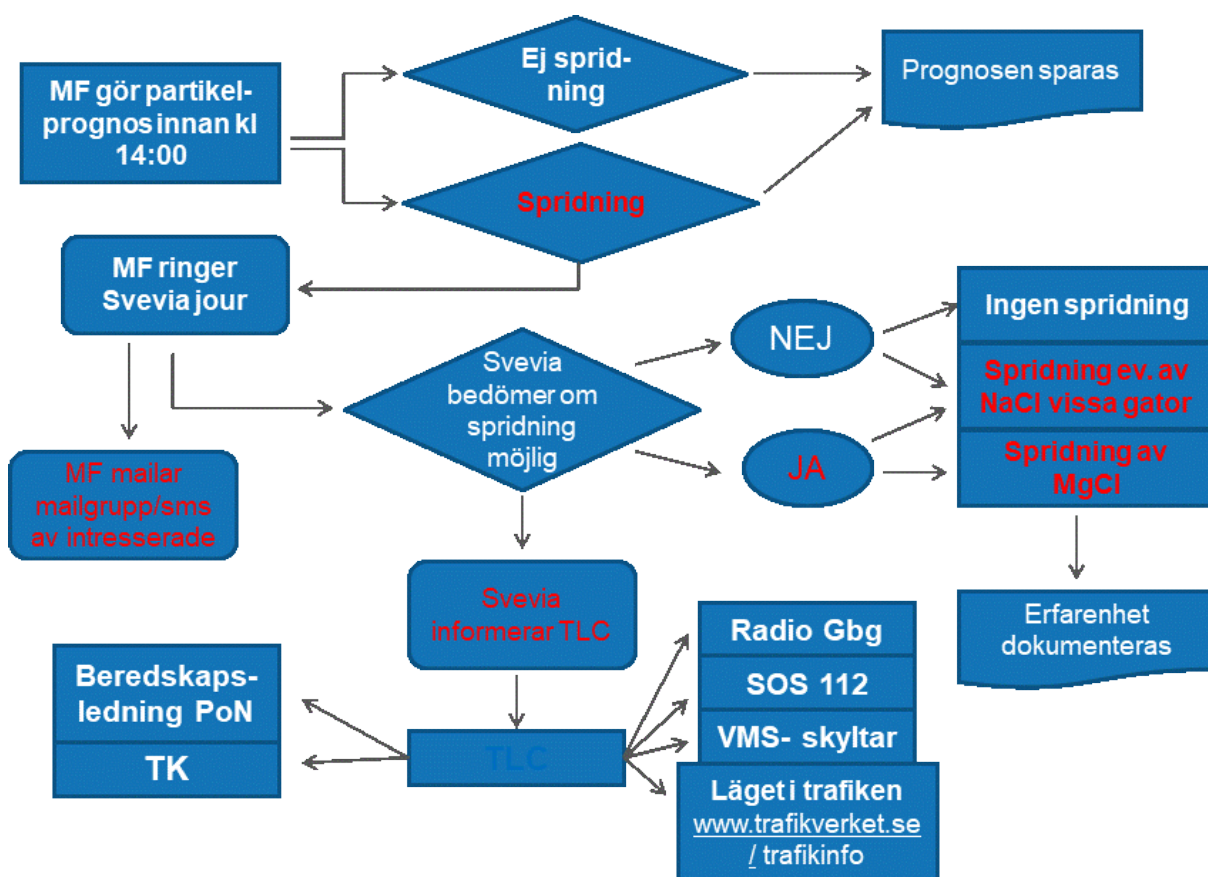
4.3. Enkät till kommuner

I Tabell 2 sammanställs resultaten från enkäten om dammbindning till kommuner. Sju av 33 kommuner har besvarat enkäten: Göteborg, Linköping, Norrköping, Sundsvall, Umeå, Uppsala och Örnsköldsvik. Göteborg använder magnesiumklorid, de nordliga kommunerna kalciumklorid, Linköping och Norrköping CMA och Karlstad den så kallade Karlstadlaken, som är en blandning mellan natriumklorid och kalciumklorid. Anledningarna till valet av medel kan vara flera. Trafikverket använder magnesiumklorid och även kalciumklorid varför ett samarbete mellan kommuner och Trafikverket är naturligt där Trafikverkets vägar passerar genom kommunens centrala delar, som till exempel i Umeå. CMA används vanligtvis med motiveringen att det är mindre korrosivt och miljövänligare än kloridsalterna. Lite speciellt är att man i Linköping ibland blandar CMA med natriumklorid vid behov av både halkbekämpning och dammbindning. Karlstadlaken används främst för halkbekämpning där den visat sig ha goda egenskaper, men har även bedömts kunna ge bra resultat avseende dammbindning (REF).

Kalciumklorid läggs ut i lägre koncentrationer än både magnesiumklorid och CMA, som normalt är 25-procentig lösning, även om ingen av kommunerna anger denna siffra i enkäten. Tyvärr kom ingen fråga om frekvens av utlägg med i enkäten, men Umeå anger att utlägg ibland kan ske 3–4 gånger per dygn, vilket sannolikt är en ovanligt hög frekvens. Orsaken till denna höga frekvens är oklar, men som jämförelse användes CMA som mest 2 gånger per dygn i Stockholm under Optidrift-projektets gång. Dosen varierar mellan 10 g/m² CMA i Linköping till 100–150 g/m² kalciumklorid i Umeå och Örnsköldsvik. Även om koncentrationerna skiljer sig åt så är skillnaden i dos större och mängden salt i dosen är cirka 6 gånger större i Umeå och Örnsköldsvik än i Linköping.

Medlen sprid med tallriksspridare eller dysor av entreprenörer till kommunen eller Trafikverket och frekvensen varierar från några enstaka utläggningar till runt 30 per säsong. Insatserna initieras på olika vis. I flera kommuner har entreprenörerna ansvaret för att bedöma när dammbindning behövs, antingen genom visuell bedömning eller genom att kontrollera luftkvalitetsdata. I Umeå anges i instruktionen till entreprenören att ”entreprenören ska vidta dammbindningsåtgärd om mätdata visar på högre halter än 50 ug/m³ luft och upptorkning är att vänta. Bevakning sker 06–10 samt 15-18.30 under ovan nämnda period”. Generellt baseras insatser på risk för höga partikelhalter utifrån aktuella halter och meteorologisk prognos, men inga mer specificerade kriterier finns, förutom miljökvalitetsnormens gränsvärde för PM₁₀.

Bara i Göteborg är miljöförvaltningen inblandade i initiering av insatserna. Där används en ”partikelprognos” baserad på en väderprognos. Under ett referensgruppsmöte 2016-08-24 berättade Erik Svensson, Göteborg stad, närmare om prognosen, som, liksom i andra kommuner, baseras på höga partikelhalter under innevarande dag och gynnsamma väderförhållanden för höga partikelhalter kommande dag. Informationsflödet under insatsen beskrivs i Figur 8. Uppsala och Örnsköldsvik har inte uppgivit några kriterier för insatserna.



Figur 8. Informationsflöde vid beslut om spridning av dammbindningsmedel. MF= miljöförvaltningen, TLC=trafikledningscentral, PoN=Park och natur, TK=Trafikkontoret, VMS=variabel meddelandeskylt (från presentation av Erik Svensson, Göteborgs stad, 2016-08-24).

En intressant fråga ur optimeringsperspektiv är om samma medel används för dammbindning och halkbekämpning. I Norrköping används CMA för halkbekämpning på gång- och cykelvägar i promenaderna för att skona träden från kloridsalter, men ingen samordning med dammbindning av gator omnämns i svaret. Trots att kalciumklorid är ett effektivt halkbekämpningsmedel görs ingen samordning med dammbindning i de tre Norrlandskommunerna som använder medlet. Umeå omnämner att medlet ”har testats vid enstaka tillfällen på högtrafikerad väg och vid ett extremt besvärligt väderläge” i andra (läs högre) doser än vad som används till dammbindning.

Tabell 2. Sammanställning av svar från kommuner om dammbindning 2017.

Fråga/kommun	Göteborg MgCl ₂	Linköping CMA, i samband med halkbekämpning används en kombination av CMA och saltlake	Norrköping CMA	Sundsvall CaCl ₂ (lösning)	Umeå CaCl ₂ (lösning)	Uppsala Karlstadslake n (CaCl ₂ och NaCl)	Örnsköldsvik CaCl ₂ (lösning)
Vilket medel används för dammbindning av belagda gator och vägar?	30-procentig lösning	50 % CMA och 50 % saltlake	–	10–12 %	10 % (ibland 5 %) om flera åtgärder äger rum samtidigt späds CaCl ₂ ut för att undvika halkrisk. Ibland sker utlägg 3–4ggr/dygn	–	10 %
Vilken koncentration används (%)?	15g/m ²	Vid endast CMA läggs 10g/m ² , i kombination med saltlake läggs 20g/m ²	–	20-25g/m ²	1dl/m ²	–	150g lösning/m ²
Vilken spridningsteknik används?	Tallrikspridare	Tallrikspridare	Spraydysor	Tallrikspridare	Spraydysor	Spraydysor	Falköping lösningsspridare med dysor
Hur och av vem initieras dammbindning?	Miljöförvaltningen och Göteborgs Stad	Entreprenör	Tekniska kontoret, genom trafikplanerare. Driften påminner om de upplever att gatorna ser "dammiga" ut	Trafikverket/Trafikverkets entreprenör	Entreprenör tittar på kommunens mätdata, vid höga partikelhalter dammbinds ett antal kommunala och trafikverkets gator. Entreprenör ska under 1 okt-30 nov samt 15 feb-15 maj vidta dammbindningsåtgärd om mätdata visar på högre halter än 50 µg/m ³ luft och upptorkning är att vänta. Bevakning sker 06–10 samt 15–18.30 under ovan nämnda period	Kommunen	Annika Engström, Trafikverket, genom telefon till entreprenör
Finns det kriterier som ska vara uppfyllda för att dammbindning ska utföras?	Vid risk för höga partikelhalter, miljöförvaltningen gör prognoser för partikelhalter på uppdrag av trafikverket och Trafikkontoret i Göteborg	Inga kriterier, bedömning görs utifrån väderprognos och mätresultat	"Vi följer utvecklingen av damm under perioder då vi vet om att halterna kan sticka iväg [...] bra verktyg tillsammans med väderleksprognoser och erfarenhet".	Dammbindning sker vid upptorkning och riskerar att överskrida 50 µg/m ³	När halterna riskerar att överskrida MKN 50 µg/m ³	–	–
Vem utför dammbindning? Ungefär hur många gånger/säsong (okt-maj) används dammbindning?	Entreprenör (Svevia)	Entreprenör	Entreprenör	Trafikverkets entreprenör	Entreprenör (Svevia)	Trafikverkets entreprenör (Svevia)	Trafikverkets entreprenör (Svevia)
	6 gånger	Cirka 30 gånger	Beror på trafik, väder och dubbandel. Under okt 2015-maj 2016 användes CMA endast på våren	Cirka 30–40 gånger	2016 skedde dammbindning vid 24 tillfällen	–	2–25 gånger

Fråga/kommun	Göteborg	Linköping	Norrköping	Sundsvall	Umeå	Uppsala	Örnsköldsvik
Används samma medel även för halkbekämpning? Om ja, på vilken sorts yta?		Nej, CMA används inte för halkbekämpning	Ja, på gång- och cykelbanorna längs promenaderna på grund av känsliga träd	Vid risk för återfrysning (mars-april) används NaCl-lösning för att tillfälligt "blöta vägen". NaCl används även för halkbekämpning av det statliga vägnätet.	Samma givor används ej till halkbekämpning. CaCl ₂ har testats vid enstaka tillfällen på högtfikerad väg och vid ett extremt besvärligt väderläge	Cykelbanor	
Övriga kommentarer				Samarbetar med Trafikverket vad gäller städning och dammbindning			Svaren avser E4 genom Örnsköldsviks centrum

4.4. Utveckling av och utvärderingar med Wet Dust Sampler II (WDS II)

4.4.1. Utveckling av provtagare för vägdam (WDS II)

VTI har sedan 2008 använt en egenutvecklad prototyp av en provtagare kallad Wet Dust Sampler (WDS, Figur 9) för provtagning av damm på vägytan (Jonsson m.fl., 2008). Provtagaren baserades på en högtryckstvätt kombinerad med en kompressor och en kontrollenhet, som spoljar rent en liten cirkulär vägyta med destillerat vatten och trycker över provet i en provflaska. Provet kan sedan analyseras med avseende på:

- dammängd
- dammens storleksfördelning
- kemiska egenskaper.

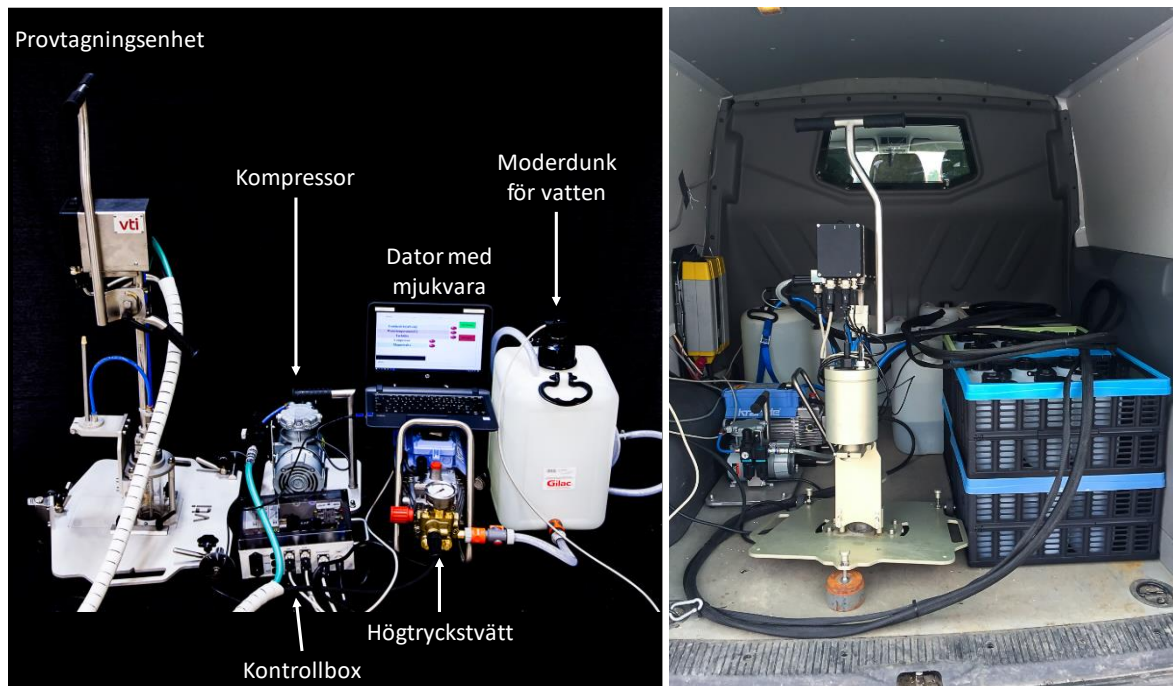
Då vatten används för provtagning kommer vattenlösliga komponenter att återfinnas i vattenfasen. Genom att analysera joninnehållet kan till exempel mängden vägsalt eller mängden dammbindningsmedel också analyseras. Provtagaren hade, som prototyp, en del brister. Inom Optidrift har en mer generisk version av provtagaren utvecklats där hänsyn har tagits till de brister i funktion och ergonomi, som föregångaren var behäftad med.



Figur 9. Wet dust sampler (WDS). (Foto: Mats Gustafsson, VTI).

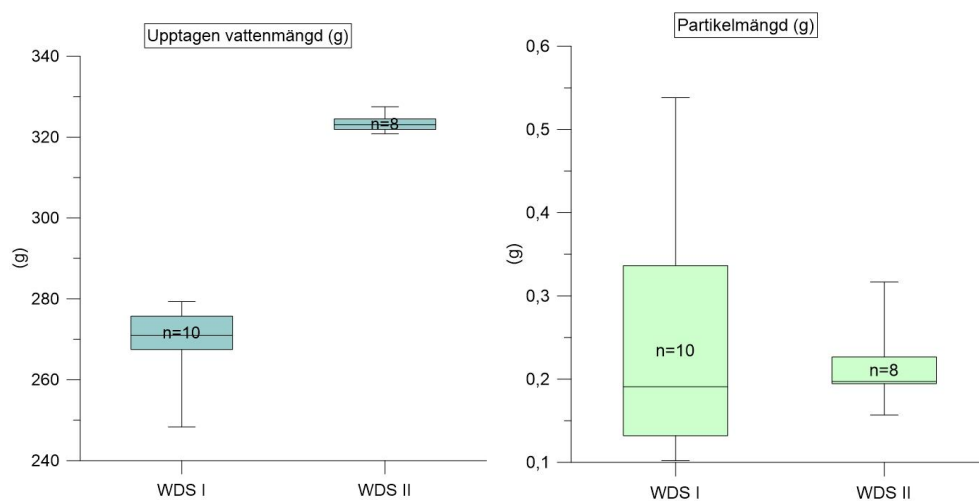
En preliminär skiss av WDS II presenterades för VTI:s verkstad (Figur 10). Denna omfattade dels modifieringar av själva provtagardelen, men även tankar kring hur hanteringen av vattenpåfyllning ska lösas med mera.

Efter att VTI:s verkstad byggt WDS II och den första versionen testats, genomfördes mindre modifieringar av Jakob Kristofers. Med hjälp av examensarbetande studenter från Institutionen för maskinteknik på Linköpings universitet, Karl Andersson och Thomas Lindström, utvecklades även ett förslag till direktmätningenshet på WDS II. Under projektets gång väcktes intresse från både Norge (Statens vegvesen) och Finland (Nordic Envicon Oy, SYKE) att anskaffa provtagaren, vilket resulterade i ytterligare modifieringar efter önskemål i en version III, som senare producerades i två exemplar. Några av förbättringarna i WDS III har senare också utförts på WDS II, varför skillnaderna är mycket små mellan versionerna. Den färdiga provtagaren WDS II(I) med tillhörande komponenter visas i Figur 12.



Figur 12. Till vänster: WDS II(I) provtagningssystem för vägdam. Till höger: Systemet installerat i en mätbil. (Foto: Mats Gustafsson, VTI).

WDS II testades gentemot sin föregångare (WDS I) avseende upptagning av utsprutad vattenmängd och insamlad partikelmängd på en vägyta. Resultaten visade på bättre uppsamlingsförmåga av vatten med mindre spridning i data. Medelvärdet för upptagen mängd damm var snarlikt WDS I, men spridningen i data var mindre (Figur 13).

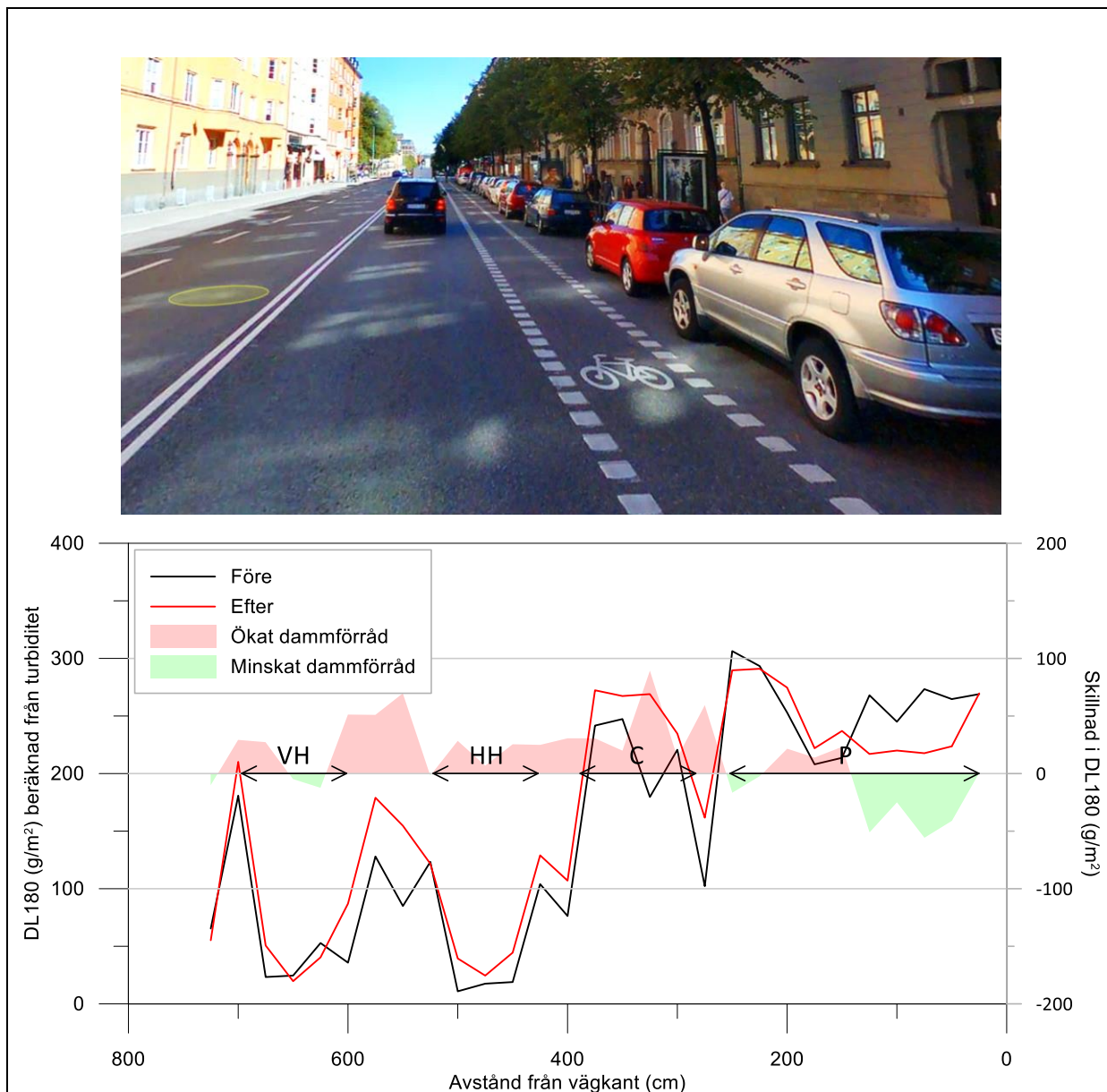


Figur 13. Resultat av två utvärderingar av WDS II. Upptagen vattenmängd (vänster) och upptagen partikelmängd (höger).

En vetenskaplig artikel sammanställs under 2018–2019 om WDS II och utvärderingen av utrustningen.

4.4.2. Sandupptagning och spolning på Fleminggatan

I samband med att sandsopning och spolning genomfördes på Fleminggatan följdes dammförrådet tvärs gatans östgående körfält upp vid tre tillfällen: kl. 22, före insatsen, kl. 02 efter insatsen och kl. 07 cirka 7 timmar efter insatsen. I Figur 14 visas resultatet från mätningarna. Nämnas bör att dammnivåerna på de olika gatorna beror på vägytans egenskaper, till exempel till exempelur och tillstånd, varför det som ska beaktas i figurerna är förändringar i nivåerna, inte absolutvärden. Dammförrådet i körfältet ökar, medan en minskning kan ses mot vägkanten. Detta kan tolkas som att städmaskinen snarare omfördelar material från ytan närmast vägkanten till hela körfältet, men även som att insatsens eventuella effekt på partiklar mindre än 180 µm är så liten att den inte kan detekteras med den använda provtagnings och analysmetoden. Mätningen genomfördes 2016-03-30 – 31, då vakuumsugning genomförts i princip varje vardagsnatt under hela mars, vilket resulterat i att den andel av vägdam som sandupptagningen förmår städa upp är mycket begränsad. WDS-provtagningen är dock mer effektiv och samlar in även den del av vägdammet som städmetoden inte förmår städa bort. Sannolikt är effekterna större på grövre material, men då mätningarna fokuserar på material som kan virvlas upp av trafik kan inte denna effekt detekteras i mätningen.



Figur 14. Dammförrådet (avspeglat i turbiditet) i en profil tvärs östgående körfält på Fleminggatan vid sandupptagning med spolning. Gröna och röda fält visar var dammförrådet har minskat respektive ökat. VH=vänster hjulspår, HH=höger hjulspår, C=cykelbana, P=parkeringsyta. (Foto från eniro.se).

4.4.3. Spolning med högtrycksramp Fleminggatan

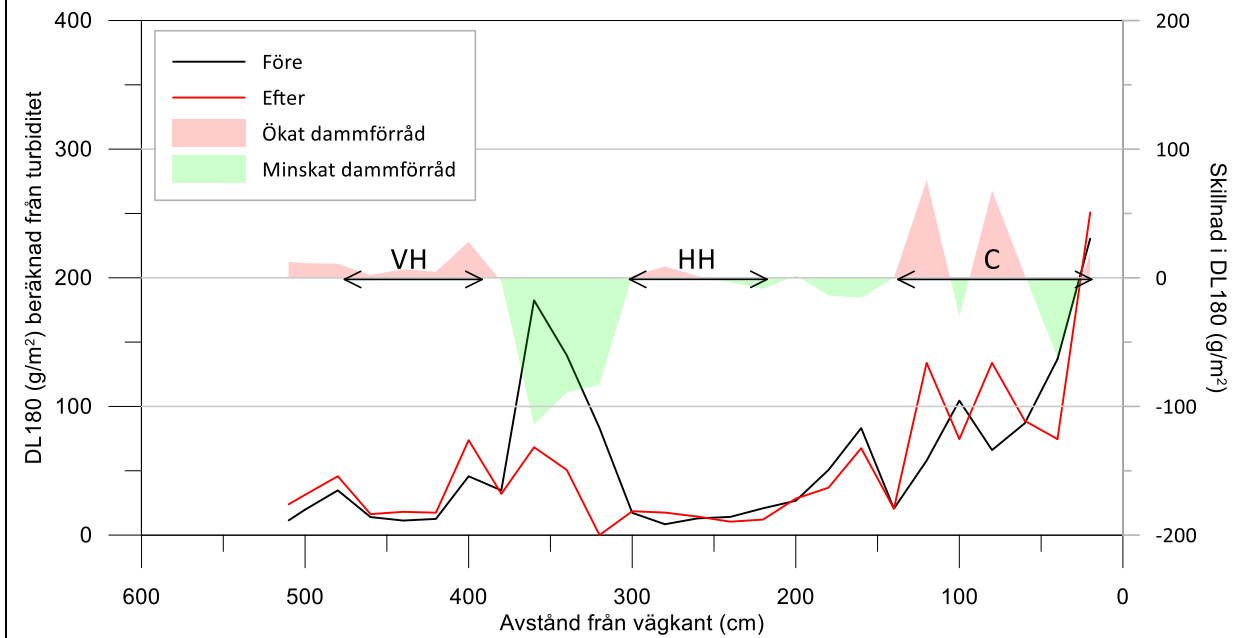
Cirka 20 dagar efter sandupptagningen gjordes ett test med spolning av vägytan. Dammförrådet var avsevärt mindre under denna åtgärd, jämfört med den i föregående avsnitt. Det är en effekt av minskade dammkällor (dubbdäcksperioden slut 15/4 och ingen sandning sedan i januari) och fortsatt intensiv vakuumsugning under hela mars och april. Vakuumsugning av körfälten hade genomförts föregående två nätter. Dammförrådets förändring av enbart spolning av vägytan på Fleminggatan 2016-04-20, visas i Figur 15. I körfältet kan inga tydliga effekter ses, medan dammförrådet i ytorna med större dammförråd mot väggkanten i huvudsak minskar. Ingen tydlig förändring kan ses mellan tillfället direkt efter spolning och 10 timmar efter spolning.



Figur 15. Dammförrådet i en profil tvärs östgående körfält på Fleminggatan vid enbart spolning med vatten. Gröna och röda fält visar var dammförrådet har minskat respektive ökat. VH=vänster hjulspår, HH=höger hjulspår, C=cykelbana, P=parkeringsyta. (Foto från eniro.se).

4.4.4. Spolning och vakuumsug på Hornsgatan

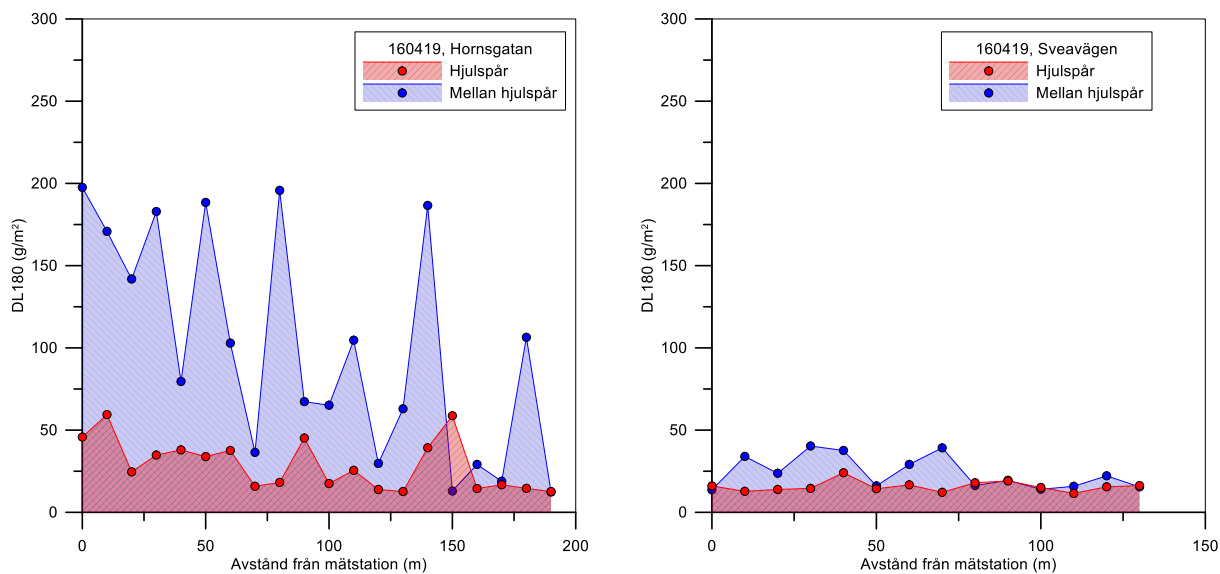
Hornsgatan hade, före insatsen 2017-04-06, ett stort dammförråd mellan hjulspåren (Figur 16). Detta förråd påverkas mest av denna insats, med en tydligt minskande damnmängd. På övriga ytor är förändringarna mindre och varierande. Med tanke på att vakuumsugning genomförts de tre föregående nätterna, tyder effekten mellan hjulspår på att spolningen kan ha lösgjort en del cementerat damm i ytans till exempel tur, som vakuumsugen nu kunde ta upp.



Figur 16. Dammförrådet i en profil tvärs västgående höger körfält på Hornsgatan vid spolning följt av vakuumsugning. Gröna och röda fält visar var dammförrådet har minskat respektive ökat. VH=vänster hjulspår, HH=höger hjulspår, C=cykelbana. (Foto från eniro.se).

4.4.5. Variation i damnmängd längs gator

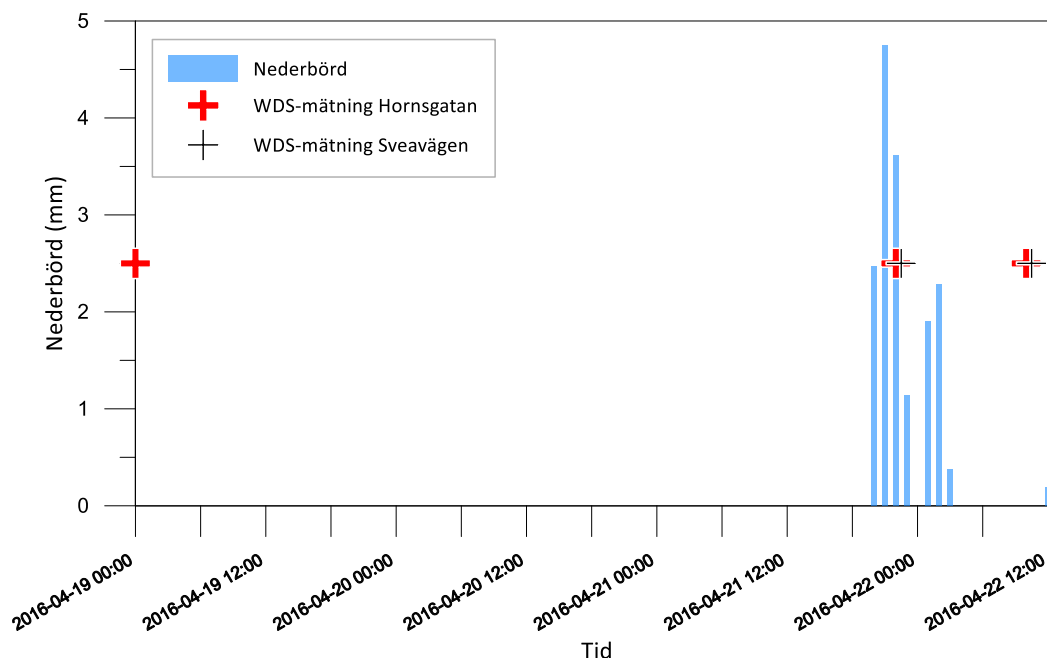
Mätningarna längs med Hornsgatan och Sveavägen visar att mängden damm på Hornsgatan tenderar att minska i riktning västerut, alltså uppför backen och över krönet. Ytan mellan hjulspår är den som minskar kraftigast. På den planare Sveavägen ses ingen tydlig tendens längs med gatan och variationen mellan mätpunkterna är mindre, särskilt mellan hjulspår jämfört med Hornsgatan (Figur 17).



Figur 17. Variationen i turbiditet (som indikator på dammängd) längs med Hornsgatan och Sveavägen.

4.4.6. Inverkan av regn på dammängderna

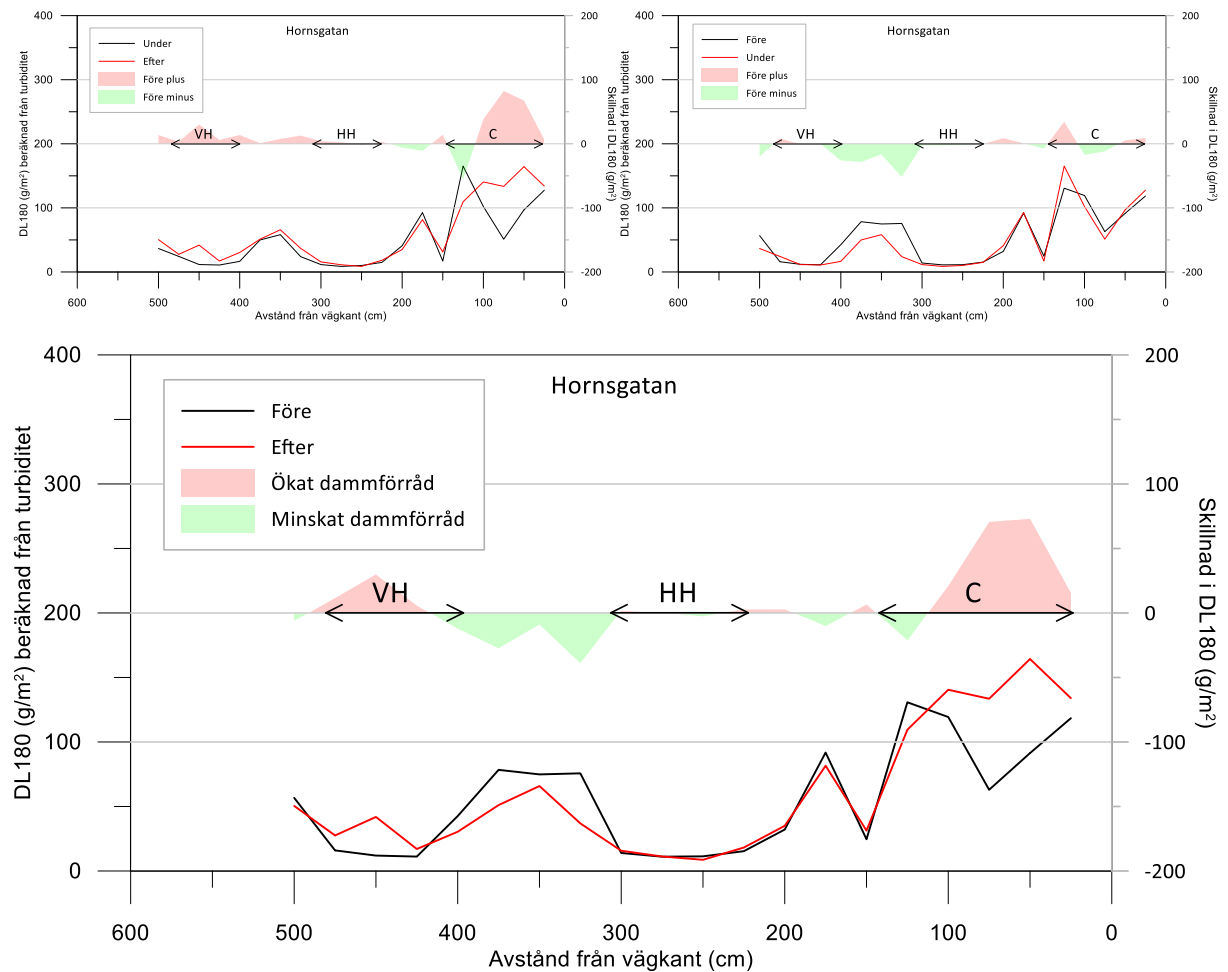
Det regn som föll mellan 21–22 april 2016 gav möjlighet att utvärdera effekten på dammförrådet jämfört med de åtgärder som provats. I Figur 18 visas nederbörden i mm/timme och vilka WDS-mätningar som användes för utvärderingen. På Hornsgatan fanns möjlighet att använda en WDS-mätning som föremätning från ett par dygn tidigare, då ingen nederbörd fallit sedan den mätningen. En mätning gjordes även under och efter nederbörden. På Sveavägen fanns ingen föremätning att utgå ifrån, men en mätning genomfördes under nederbörden och en efter.



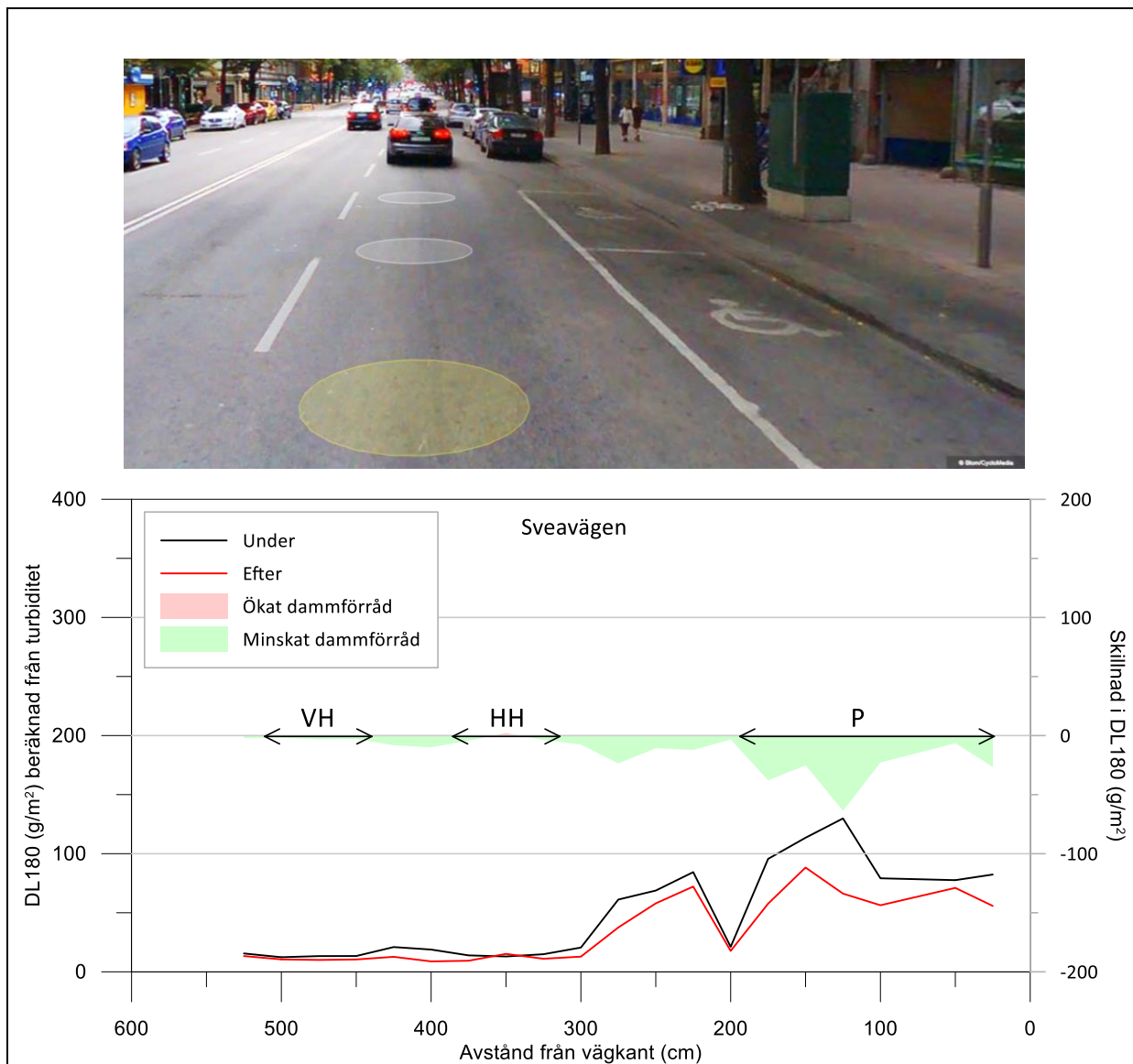
Figur 18. Nederbördstillfället 21–22 april 2016 (data från Torkel Knutssonsgatans mätstation) och de WDS-mätningar som använts att studera effekten av regnet.

Den största förändringen på Hornsgatan sker mellan mätningarna före och under nederbörden (Figur 19). Den yta som påverkas mest är mellan hjulspår. Vid eftermätningen har vägkanten fått ett tillskott av damm vilket kan tyda på en lateral transport av damm. Dock sker även en transport i gatans

längdled eftersom gatan är en backe vid mätplatsen. Mindre ökningar kan även ses i körfältet. På Sveavägen har nederbörden bidragit till lägre dammängder tvärs hela profilen, mest i ytan utanför körbanan. En bidragande orsak till den tydligare effekten på Sveavägen kan vara en slätare textur, som underlättar borttransport av material med dagvattnet.



Figur 19. Dammförrådsprofiler före, under och efter regn på Hornsgatan. Övre figurerna visar skillnaderna mellan före och under respektive under och efter nederbörden. Den nedre visar före och efter nederbörden. VH=vänster hjulspår, HH=höger hjulspår, C=cykelbana.



Figur 20. Dammförrådsprofiler under och efter regn på Sveavägen. VH=vänster hjulspår, HH=höger hjulspår, P=parkeringsyta. (Foto från eninro.se).

4.4.7. Intransport av damm från anslutande gator

Resultatet från denna undersökning visade sig vara svårtolkat och data kunde inte styrka antagandet att sand transporteras in från sandade omgivande gator till den osandade Sveavägen (Figur 21).

Dammängderna på vägytan var ofta högre på Sveavägen än på de anslutande gatorna, undantaget i den lilla slingan mitt på kvarteret. För att bättre förstå dessa data behövs aktivitetsdata kring hur och när sandning utförts på gatorna vi studerat. Eventuellt skulle även grövre material än det vi studerar med WDS behövt undersökas.



Figur 21. Dammängder (DL180) på Sveavägen och anslutande gator. (Foto från eninro.se).

4.5. Utvärdering av sandprovtagning på gång- och cykelvägar

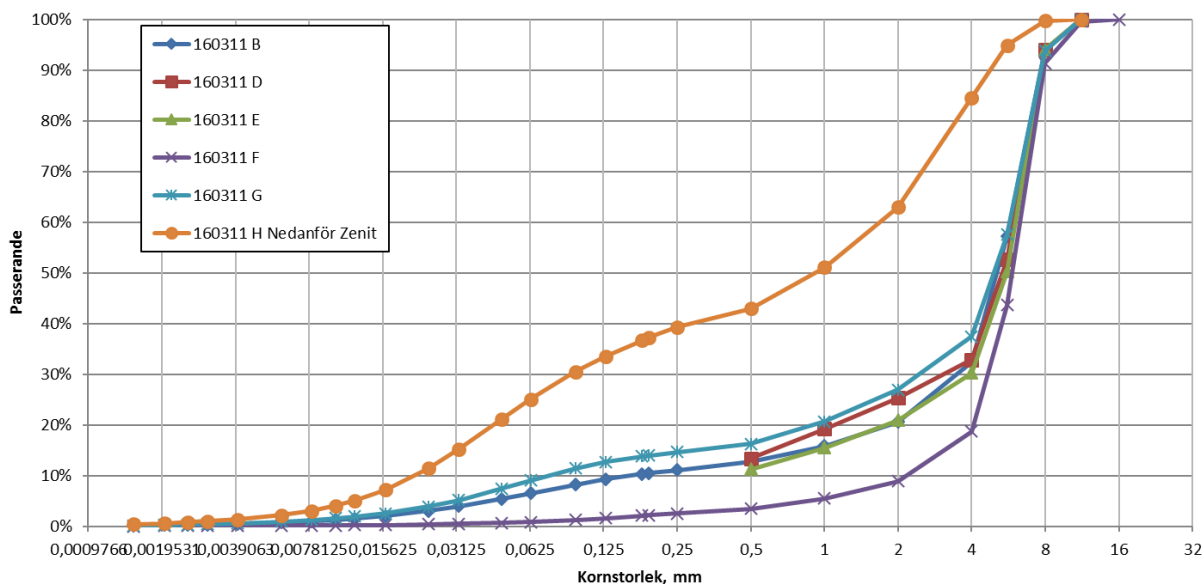
Mätningarna i samband med sandupptagningen i Linköping, visade att den uppsopade sandmängden från respektive gång-/cykelyta varierade stort, från 168 g/m² till 2,17 kg/m² (Tabell 4). Skillnader i sandmängd kan sannolikt till största delen relateras till typen av yta och mängden trafik. Vi har inte haft tillgång till några uppgifter om antalet sandningsåtgärder eller givor vid sandningen, men det kan också ha varierat mellan de olika ytorna.

Tabell 3. Sandmängder på de olika gång- och cykelytorna i Linköping

Yta	Typ av utformning, omgivning	Sandmängd (vikt, gram)	Vägbredd (m)	Yta (m ²)	Relativ sandmängd (g/m ²)
B	Gång- och cykelbana vid bilväg, högt flöde	1 188,4	2,1	1,05	1 132
D	Gång- och cykelbana med smal skiljeremsa från bilväg	261,0	3,1	1,55	168
E	Gång- och cykelbana med bred skiljeremsa från bilväg, avskärmande vegetation	365,6	3,1	1,55	236
F	"Orörd" gångbana	2 492,7	2,3	1,15	2 168
G	Gång- och cykelbana genom park, medelflöde	798,0	2,4	1,2	665
H	Bilparkering	650,1	-	1	650

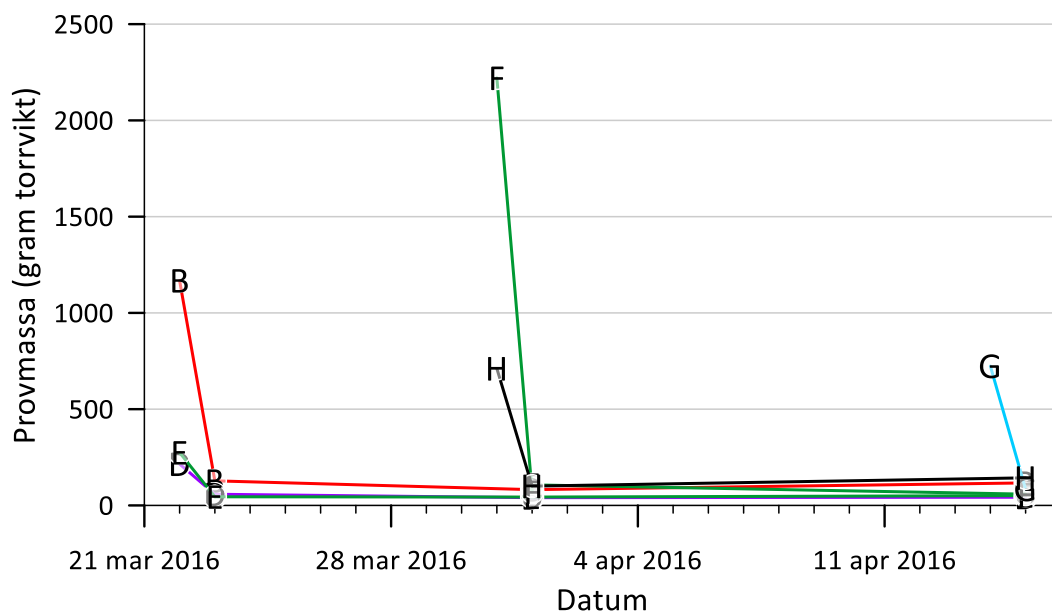
Resultaten från siktanalysen av det uppsopade stenmaterialet, ihop skarvat med laseranalysen, visas i Figur 22. Det ihop skarvade resultat visar siktresultat ned till och med 0,5 mm och laserresultat upp till och med 0,25 mm. Laseranalysen gjordes endast på sandningsanden från ett urval av ytorna. I

materialet (<0,5 mm) för laseranalys kunde man okulärt urskilja två fraktioner – en sandliknande mineralogisk del och en grå-svart dammig del. Det var vissa svårigheter att ta ut små representativa prov. I resultaten från laseranalysen anges därför medelvärden från flera delprov.



Tabell 4. Analysresultat från turbiditets- respektive konduktivitetmätning i WDS-proverna från de olika ytorna efter de olika mättillfällena.

Yta	Typ av utformning, omgivning	WDS 1		WDS 2		WDS 3		WDS 3	
		Före sandupptagning		"Direkt efter" sandupptagning		1–2 veckor efter sandupptagning		0–4 veckor efter sandupptagning	
		Turb.	Kond.	Turb.	Kond.	Turb.	Kond.	Turb.	Kond.
B	Gång- och cykelbana vid bilväg, högt flöde	120	8,5	278	54,9	171	14,86	188	5,48
D	Gång- och cykelbana med smal skiljeremsa från bilväg	92,7	3,65	112	41,9	91,5	10,04	89,7	3,43
E	Gång- och cykelbana med bred skiljeremsa från bilväg, avskärmande vegetation	91	4,08	100	43,7	99,1	10,34	100	4,75
F	"Orörd" gångbana	102	5,09	-	-	125/158	12/14	103	3,66
G	Gång- och cykelbana genom park, medelflöde	152	7,16	-	-	-	-	141	4,18
H	Bilparkering	159	10,04	-	-	164	14,61	220	5,22



Figur 23. Utvecklingen av sand och damnmängder från mätplatserna. Den första kraftiga sänkningen beror på städning.

Konduktiviteten ger en indikation på eventuell saltmängd på de olika ytorna. Återigen är det parkeringsytan som utmärker sig med högre konduktivitet/saltmängd i jämförelse med övriga ytor. Sannolikt till följd av indrag av salt från bildäck. Analyser av WDS-proverna visade även att mängden organiskt material i proverna varierade mellan 6 och 9 procent. Någon nämnvärd skillnad mellan de olika ytorna kunde inte urskiljas.

4.6. Utvärdering av dammbindning med NORTRIP

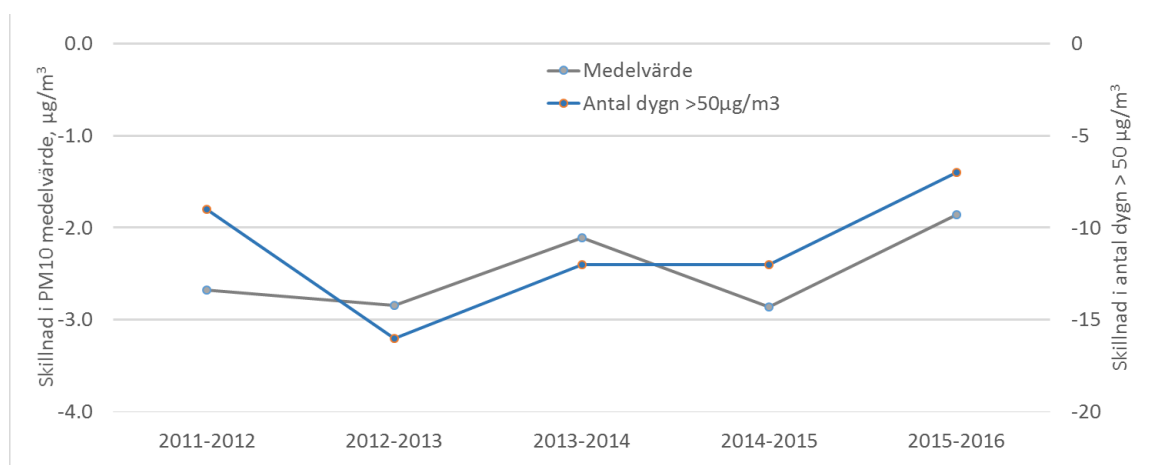
4.6.1. Den modellerade effekten av CMA utlägg

Under de fem olika vintersäsonger som studerats har mängden dammbindningstillfällen varierat. En sammanställning finns i Tabell 5. Mer om när dessa tillfällen inträffat finns i de olika årens rapporter (Gustafsson m.fl., 2017a, Gustafsson m.fl., 2016a, Gustafsson m.fl., 2016b). Samtidigt har under dessa år mängden CMA som läggs på körbanan ändrats från 20 g/m² till 10 g/m². Dessutom har den verkliga mängden CMA som lagts ut på körbanan inte kalibrerats. För att studierna ska vara jämförbara mellan åren så har samtliga CMA utlägg under samtliga år beräknats med 20 g/m². Dessutom har trafiken på Hornsgatan ändrats något under åren både till totalflöde och sammansättning. Även dubbdäcksanvändningen har minskat under den studerade perioden. För att jämföra effekten av dammbindningen mellan åren så har både trafiken (20 000 fordon per dygn) och dubbdäcksanvändning (40 % under vintern) satts till konstant mellan de olika åren.

Tabell 5. Antalet dammbindningstillfällen per säsong på Hornsgatan i Stockholm.

SÄSONG OKT-MAJ	ANTAL TILLFÄLLEN MED CMA-UTLÄGG
2011–2012	31
2012–2013	38
2013–2014	83
2014–2015	88
2015–2016	65

Effekten av dammbindningen har beräknats för vinterdriftsäsongerna som sträcker sig från 1 oktober till och med sista maj varje år. Skillnaden mellan med och utan CMA-behandling har utvärderats. Dels för PM_{10} -dygnsmedelvärdet under perioden och dels för antalet dygn över miljökvalitetsnormen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för PM_{10} .



Figur 24. Beräknad skillnad i PM_{10} -medelvärde med och utan CMA-behandling samt skillnad i antalet dygn med PM_{10} över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Analysen är gjord på data under perioden 1 oktober till och med 31 maj varje vintersäsong för Hornsgatan.

Den beräknade effekten (Figur 24) visar på en tydlig beräknad effekt för samtliga säsonger. Medelvärdet av PM_{10} har sänkts med mellan 1,9 till 2,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Det kan tyckas vara en ganska liten effekt, men dammbindning har en ganska kort effekt (några timmar) och har främst effekt på de högsta halterna den aktuella dagen då dammbindningen gjordes. Därför har antalet dygn med halter över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ minskats tydligt med mellan 7 till 16 dygn. Skillnaden i medelvärdet och skillnaden i antalet dygn uppvisar ett visst samband med större påverkan av CMA-utläggerna vissa år och mindre andra år. Däremot uppvisar modellen till exempel störst effekt på antalet dygn under 2012–2013, men en något större effekt på medelvärdet beräknades till 2014–2015.

Resultaten i Figur 24 är inte en direkt effekt av antalet dammbindningstillfällen i Tabell 5. Till exempel så beräknades en minskning av effekten mellan säsongen 2012–2013 till säsongen 2013–2014 trots att antalet dammbindningstillfällen mer än fördubblades från 38 till 83 stycken. Däremot ses en stor effekt, framförallt på medelvärdet, under säsongen 2014–2015 då antalet dammbindningstillfällen var det högsta med 88 st. En tydlig minskning av effekten både på medelvärdet och på antalet dygn beräknades från säsongen 2014–2015 till 2015–2016 samtidigt som

antalet dammbindningstillfällen minskade till 65. Säsongens meteorologi är en viktig faktor och framförallt resultaten för säsongen 2012–2013 visar att en stor effekt kan uppnås med CMA-utläggning om vädret är gynnsamt, trots att antalet tillfällen var färre än 40 st.

Slutsatsen är att ett större antal tillfällen med CMA behandling inte entydigt ger en större effekt på PM_{10} -halterna. Det krävs istället en optimering för att pricka de mest betydelsefulla dygnet, till exempel dygn när körbanan är torr och PM_{10} -halterna är höga. För att studera optimeringen av CMA-behandlingen genomfördes mer teoretiska studier, som redovisas nedan.

4.6.2. Effekt på PM_{10} beroende av tidpunkt på dygnet som CMA läggs ut.

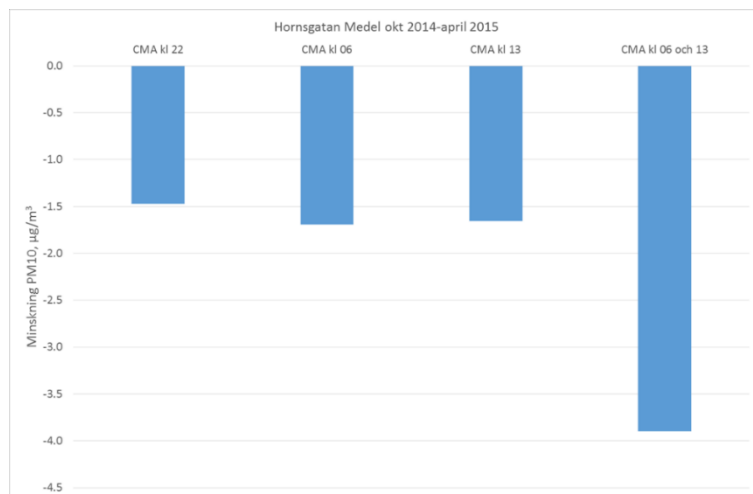
CMA läggs ut som en 25-procentig lösning i vatten. Vid torrt väder, torkar lösningen successivt upp med tiden efter utlägget. Det är därför intressant att studera om effekten av CMA-utlägget skiljer sig beroende på när på dygnet som det läggs ut. Studien gjordes för säsongen 2014–2015 och för de 88 verkliga tillfällen som dammbindningen gjordes. Säsongen 2014–2015 valdes för att det var den säsongen med flest CMA utlägg. Merparten av CMA-utläggen gjordes under mars och april. Detaljerad information om CMA-utläggen den säsongen finns i Gustafsson m.fl., (2016).

Beräkningarna i NORTRIP gjordes för:

- inget CMA
- CMA utlägg kl. 22:00
- CMA utlägg kl. 06:00
- CMA utlägg kl. 13:00
- CMA utlägg kl. 06:00 och 13:00.

Till skillnad från studien ovan så gjordes denna studie med verklig observerad trafik och dubbdäcksanvändning för den aktuella säsongen på Hornsgatan. Beräkningen gjordes för CMA-utlägg med 10 g/m^2 . Resultatet är därför inte jämförbart med resultaten från rapportens första studie som presenterades i Figur 24.

Effekten av de olika tidpunkterna med CMA behandling beräknades som medelvärde under oktober 2014 till och med april 2015. Minskningen i PM_{10} -halten visas i Figur 25. En liten ökning av effekten ses om dammbindningen görs strax före morgonrusningen klockan 06:00 jämfört med om den görs 22:00. Att göra dammbindning klockan 13:00 ger ingen extra effekt jämfört med att göra den 06:00. Om dammbindning görs både klockan 06:00 och klockan 13:00 så mer än fördubblas effekten jämfört med antingen nattetid eller dagtid. Mer CMA-lösning på körbanan ger helt enkelt en större effekt.



Figur 25. Den genomsnittliga beräknade minskningen av PM_{10} -halten under oktober 2014 till april 2015 för fyra olika alternativ av dammbindning med CMA. Dammbindningen är gjord vid de verkliga 88 tillfällena.

Slutsatser från denna del i studien är att dammbindning nattetid har ungefär lika stor effekt på PM₁₀-halterna som dammbindning dagtid. Utifrån de praktiska problemen på grund av trafiken att dammbinda dagtid så är dammbindning nattetid att föredra. Dammbindning nattetid ger något större effekt om den görs närmare morgonrusningen än tidigare under natten. Så om det är möjligt så bör dammbindningen göras så nära morgonrusningen det är möjligt. Dessutom får man en ungefär fördubblad effekt om dammbindning nattetid kompletterades med dagtid.

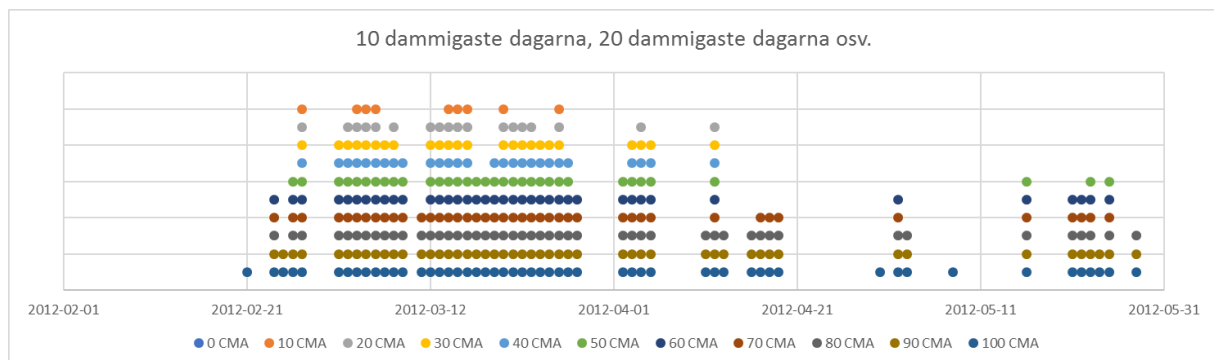
4.6.3. Finns det ett optimalt antal dagar för utläggning av CMA? (test A)

11 modellkörningar med NORTRIP gjordes för vart och ett av åren 2010–2016 för att analysera om det finns ett optimalt antal dagar för utläggning av CMA. Ökar effekten för varje utläggning av CMA eller avtar effekten efter ett visst antal gånger? Observera att modellkörningsperioden för varje år var 18 månader, det vill säga ett halvårs uppstart för uppbyggnad av dammdepå plus ett helt kalenderår.

Följande modellkörningar genomfördes:

- **körning 0**, ingen CMA lades ut
- **körning 1**, för de 10 dygn med högst modellerade PM₁₀-halter identifierade i körning 0 lades CMA ut tidig morgon
- **körning 2**, för de 20 dygn med högst modellerade PM₁₀-halter identifierade i körning 0 lades CMA ut tidig morgon
- ...
- **körning 10**, för de 100 dygn med högst modellerad PM₁₀-halter identifierade i körning 0 lades CMA ut tidig morgon.

CMA-utläggningen för år 2012 illustreras i Figur 26. Observera att dygnen med högst PM₁₀-halt plockades ut under hela modellkörningsperioden det vill säga 18 månader, vilket innebär att när kalenderåret analyseras så är antalet dygn färre än 10, 20 ... respektive 100.



Figur 26. Datum för CMA-utläggning under år 2012 för modellkörning 0–10. Skalan i figuren sträcker sig endast över perioden feb-maj 2012.

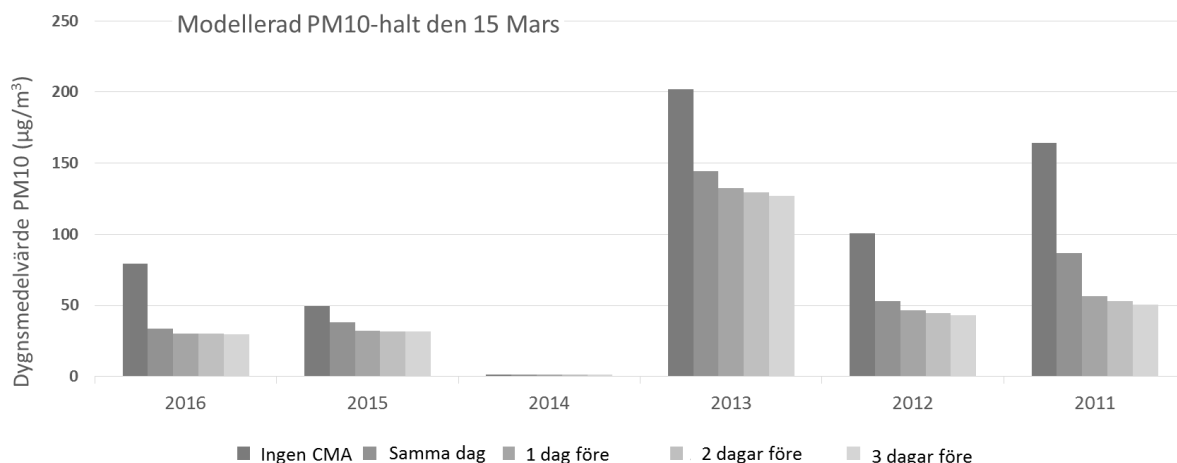
Tabell 6 visar resultat från modellkörningarna i form av antal dygn med dygnsmedelhalter av PM₁₀ över 50 µg/m³. Resultaten från test A visar att det optimala antalet dygn för CMA-utläggning varierar mellan åren. Om man sätter kriteriet att antalet dygn med höga dygnsmedelvärden (>50 µg/m³) inte ska ändras mer än ett dygn för varje 10 ytterligare utläggningstillfällen så visar NORTRIP-körningarna att det optimala antalet dagar med dammbindning varierar mellan 50–80 mellan de olika åren. Störst effekt på antalet dygn med höga halter beräknades för år 2011. Detta år hade även högst halter av PM₁₀ och flest antal dygn med dygnsmedelhalter över 50 µg/m³. På Hornsgatan har antalet dammbindningstillfällen varierat mellan 31 och 88 (Tabell 5) under perioden.

Tabell 6. Antal dygn med PM_{10} -koncentrationer över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Hornsgatan för åren 2011–2016, utifrån beräkningar med NORTRIP-modellen. I simuleringen applicerades dammbindning för de 10 dagarna med de högsta koncentrationerna av PM_{10} , de 20 högsta och så vidare. Inom parentes med kursiv stil är antalet dagar med CMA per kalenderår. För att miljö kvalitetsnormen ska klaras får antalet dygn inte överskrida 35. Röd färg visar när miljö kvalitetsnormen överskreds.

Antal dagar med dammbindning	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
0	64	(0)	34	(0)	47	(0)	x	x	19	(0)	28	(0)
10	61	(10)	30	(10)	45	(10)	x	x	15	(9)	25	(10)
20	56	(19)	27	(19)	43	(20)	x	x	14	(17)	23	(20)
30	51	(29)	25	(27)	42	(30)	x	x	13	(25)	23	(28)
40	43	(39)	24	(33)	42	(38)	x	x	13	(30)	22	(36)
50	36	(47)	24	(37)	36	(48)	x	x	13	(38)	20	(45)
60	35	(57)	22	(44)	34	(58)	x	x	11	(47)	21	(53)
70	29	(66)	21	(51)	31	(65)	x	x	10	(56)	20	(59)
80	27	(76)	21	(60)	32	(73)	x	x	10	(63)	20	(64)
90	26	(85)	21	(67)	31	(81)	x	x	10	(71)	19	(69)
100	26	(93)	21	(73)	31	(88)	x	x	9	(77)	19	(76)

4.6.4. Modellerad effekt av dammbindning om utläggningen av CMA görs flera dagar i följd (test B)

Tidigare projekt med dammbindning har visat att utläggning av CMA inte bara har effekt samma dag utan effekten kan sitta i flera dagar (Gustafsson m.fl., 2014). Störst effekt har dock observerats första dygnet, 20–40 % minskad PM_{10} -halter. Dygnet efter ses en minskning med upp till 15–30 % (Gustafsson m.fl., 2014). Figur 27 visar beräknade dygnsmedelhalter för 15 mars för olika år på Hornsgatan med NORTRIP-modellen för ingen utläggning av CMA, utläggning samma dag, utläggning samma dag samt föregående dag, utläggning samma dag samt föregående två dagar, utläggning samma dag samt föregående tre dagar. Beroende på meteorologiska förutsättningar de olika åren ses varierande effekt av CMA.



Figur 27. Modellberäknade (NORTRIP) dygnmedelhalter på Hornsgatan den 15 mars för åren 2011–2016 för ingen utläggning av CMA, utläggning samma dag, utläggning samma dag samt föregående dag, utläggning samma dag samt föregående två dagar, utläggning samma dag samt föregående tre dagar.

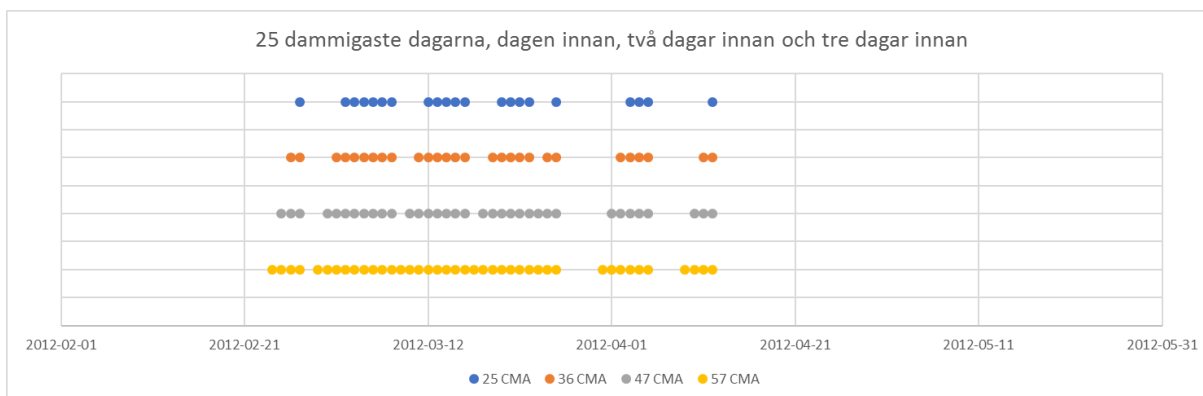
Fyra modellkörningar gjordes för var och ett av åren 2010–2016 för att undersöka hur mycket effekten av dammbindning ökar om utläggningen görs flera dagar i följd. Observera att modellkörningsperioden för varje år var 18 månader, det vill säga ett halvårs uppstart för uppbyggnad av dammdepå plus ett helt kalenderår.

Följande modellkörningar genomfördes:

- **körning 1**, för de 25 dygnen med högst modellerad PM₁₀-halt lades CMA ut tidig samma morgon
- **körning 2**, som Körning 1, men CMA lades även ut tidig morgon *ett dygn innan* dygnet med hög PM₁₀-halt
- **körning 3**, som Körning 2, men CMA lades även ut tidig morgon *två dygn innan* dygnet med hög PM₁₀-halt.
- **körning 4**, som Körning 2, men CMA lades även ut tidig morgon *tre dygn innan* dygn med hög PM₁₀-halt.

För körning 2–4 infördes en restriktion vad gäller utläggningen av CMA, vilket innebar att dammbindning fick maximalt ske en gång per dygn. Detta resulterade i att om till exempel dagen innan sammanföll med en av de 25 dammigaste dagarna, plockades detta utläggningstillfälle bort. Antalet dagar med CMA-utläggning blev därmed färre än 50, 75 respektive 100.

CMA-utläggningen för år 2012 illustreras i Figur 28. Observera att dygnen med högst PM₁₀-halt plockades ut under hela modellkörningsperioden, det vill säga 18 månader, vilket innebär att när kalenderåret analyseras i körning 1 så är antalet dygn färre än 25. T.ex. för år 2012 förekom 23 av modellkörningsperiodens 25 dygn med högsta PM₁₀-halter under kalenderåret 2012, resterade två dygn inföll under uppstartningsperioden juli-december 2011.



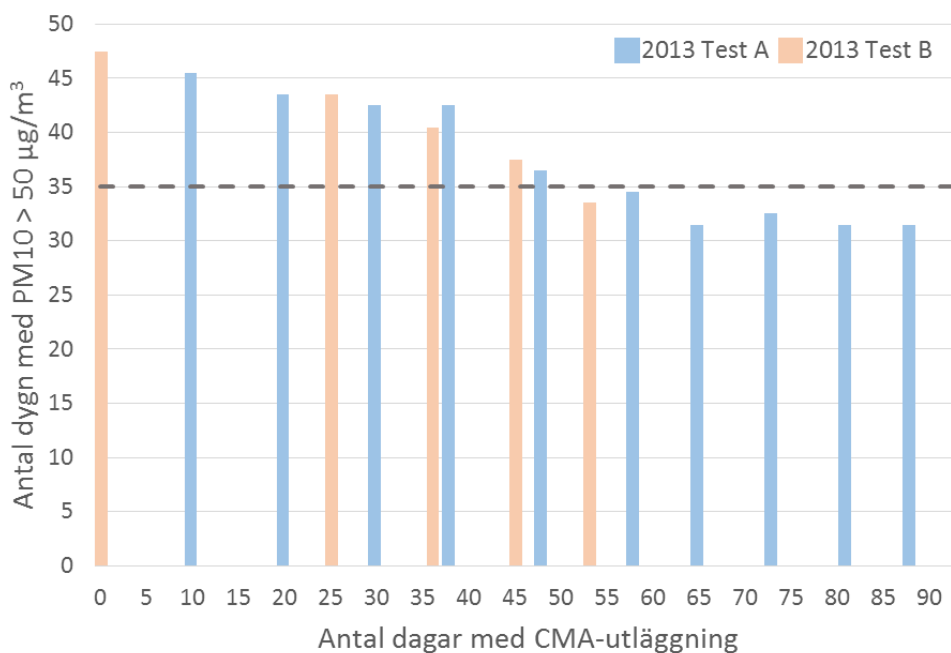
Figur 28. Datum för CMA-utläggning under år 2012 för modellkörning 1–4 med syfte att undersöka effekten av CMA då utläggning sker flera dagar i sträck. Skalan i figuren sträcker sig endast över perioden feb-maj 2012.

Tabell 7 visar resultat från modellkörningarna i form av antal dygn med dygnsmedelhalter av PM_{10} över $50 \mu g/m^3$. Resultaten från test B visar att även dammbindning upp till tre dygn före höghaltsdagar ger effekt på modellerade halterna av PM_{10} . Resultaten i Tabell 7 kan jämföras med resultaten i Tabell 6, där dammbindningstillfällena var mer utspridda under året. För alla år visar NORTRIP-modellen färre dygn med halter över $50 \mu g/m^3$ då man koncentrerar CMA-utläggningen kring dagarna med verkligt höga halter (och då utför utläggning flera dagar i rad).

Figur 29 jämför antal dygn med dygnsmedelhalter av PM_{10} över $50 \mu g/m^3$ år 2013, dels för test A dels för test B.

Tabell 7. Antal dygn med PM_{10} -koncentrationer över $50 \mu g/m^3$ vid Hornsgatan för åren 2011–2016, utifrån beräkningar med NORTRIP-modellen. Inom parentes med kursiv stil är antalet dagar med CMA per kalenderår och med restriktionen max 1 utläggningstillfälle per dygn. För att miljö kvalitetsnormen ska klaras får antalet dygn inte överskrida 35.

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Ingen CMA	64	(0)	34	(0)	47	(0)	x	x	19	(0)	28	(0)
Körning 1	53	(24)	26	(23)	43	(25)	x	x	12	(22)	22	(25)
Körning 2	41	(37)	24	(31)	40	(36)	x	x	9	(36)	22	(36)
Körning 3	36	(47)	23	(39)	37	(45)	x	x	8	(45)	21	(46)
Körning 4	32	(56)	21	(46)	33	(53)	x	x	7	(54)	19	(56)



Figur 29. Jämförelse mellan resultat från test A och test B för kalenderåret 2013. Antal dygn med PM₁₀-koncentrationer över 50 µg/m³ vid Hornsgatan.

4.6.5. Test och optimering av Stockholms stads schema för CMA-utläggning

Modellkörningar med NORTRIP genomfördes även för att undersöka och testa några modifikationer av det schema som användes för utläggning av CMA i Stockholm under vintersäsongen 2017–2018. CMA lades ut enligt schema tidig morgon på måndagar, onsdagar och fredagar under perioden 1 november till 30 april. Även en vattenbegjutning av vägbanan för att minska halkrisken på grund av ackumulerat CMA utfördes under våren när det inte längre finns risk för att vägbanan fryser på och blir hal. Det testades också om ett tunt lager vatten, 0,3 mm (motsvarar 0,3 l vatten per m²), utlagt på vägbanan ger någon effekt på PM₁₀-halten. Hypotesen är att vattnet ska återaktivera redan utlagt CMA. Vattnet lades ut tidig morgon på tisdagar och torsdagar, det vill säga mellan de dagar då CMA läggs ut. Detta planeras i verkliga driften att göras på våren när det inte längre finns risk för frysgrader och att vattnet fryser till is på vägbanan. Det testades även hur stor skillnad det blir om man senarelägger starten för CMA utläggningar till februari, istället för att börja redan i november. Vanligtvis är vägbanorna relativt fuktiga eller täckta av snö eller is i november, december och januari vilket innebär att dammbindning inte skulle ha någon större effekt.

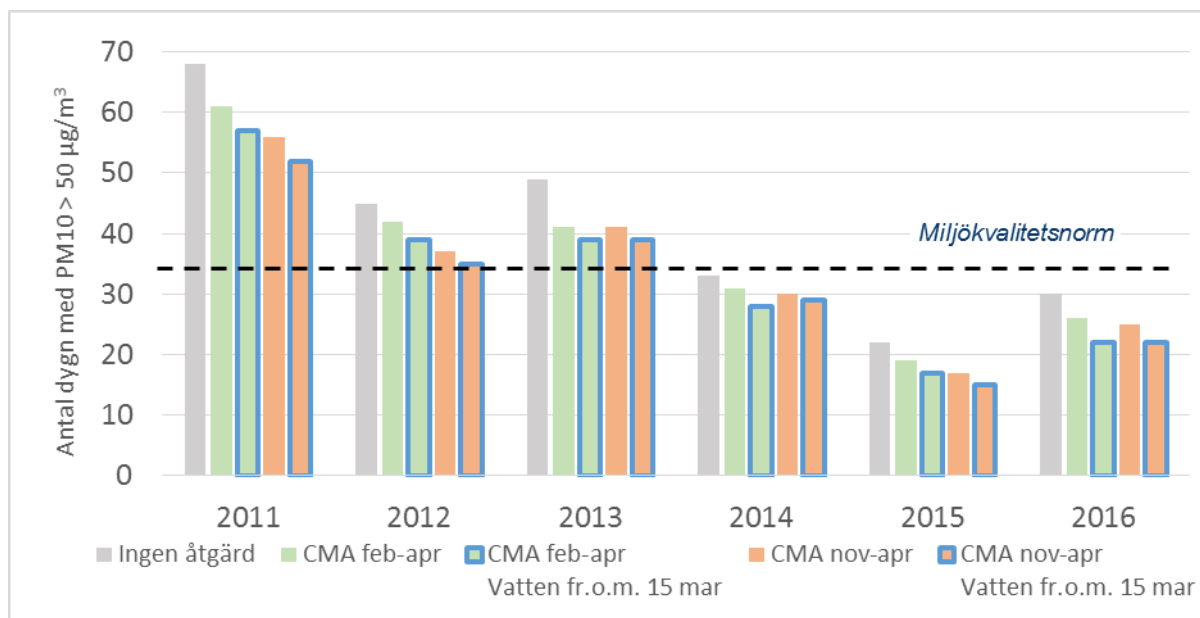
Fyra modellkörningar gjordes för att testa optimering av Stockholm stads schema för CMA-utläggning. Liksom tidigare beräkningar var modellkörningsperioden för varje år 18 månader, det vill säga ett halvårs uppstart för uppbyggnad av dammdepå plus ett helt kalenderår.

Följande modellkörningar genomfördes:

- **körning 1**, CMA lades ut tidig morgon på måndag, onsdag och fredag varje vecka mellan 24 februari och 30 april
- **körning 2**, samma mönster som i första körningen men en tunn vattenfilm läggs in i modellen tisdagar och torsdagar efter 15 mars då det antas vara minimal risk för att vattnet skulle frysa till is
- **körning 3 och 4**, gjordes på samma sätt som körning 1 respektive 2 men utläggningarna av CMA startade 1 november istället för 24 februari.

Figur 30 visar resultat från NORTRIP-modellen i form av antal dygn med PM₁₀-koncentrationer över 50 µg/m³ vid Hornsgatan för åren 2011–2016, dels för ingen åtgärd dels för åtgärd enligt körning 1-4.

Modellkörningarna visar att för åren 2011 och 2012 minskar antalet dygn med halter över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ om man börjar utläggning av CMA i november (körning 1) jämfört med om man väntar till slutet av februari (körning 3), medan för övriga år är skillnaden ingen eller liten (1-2 dygn). I modellberäkningarna innebär det mer än dubbelt så många utläggningar av CMA om man börjar 1 november mot om man börjar lägga ut CMA i slutet av februari, men i verkligheten skulle skillnaden vara mycket mindre då det inte skulle utföras om det är blött, snö eller is. Utläggning av ett tunt lager vatten på vägbanan mellan dagar med dammbindning medförde för alla åren 2011–2016, minskat antal dygn med höga halter av PM_{10} (körning 2 jämför med körning 4).



Figur 30. Antal dygn med PM_{10} -koncentrationer över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid Hornsgatan för åren 2011–2016, modellerad med NORTRIP-modellen dels för ingen åtgärd dels för körning 1–4.

4.6.6. Slutsatser av NORTRIP-modelleringen

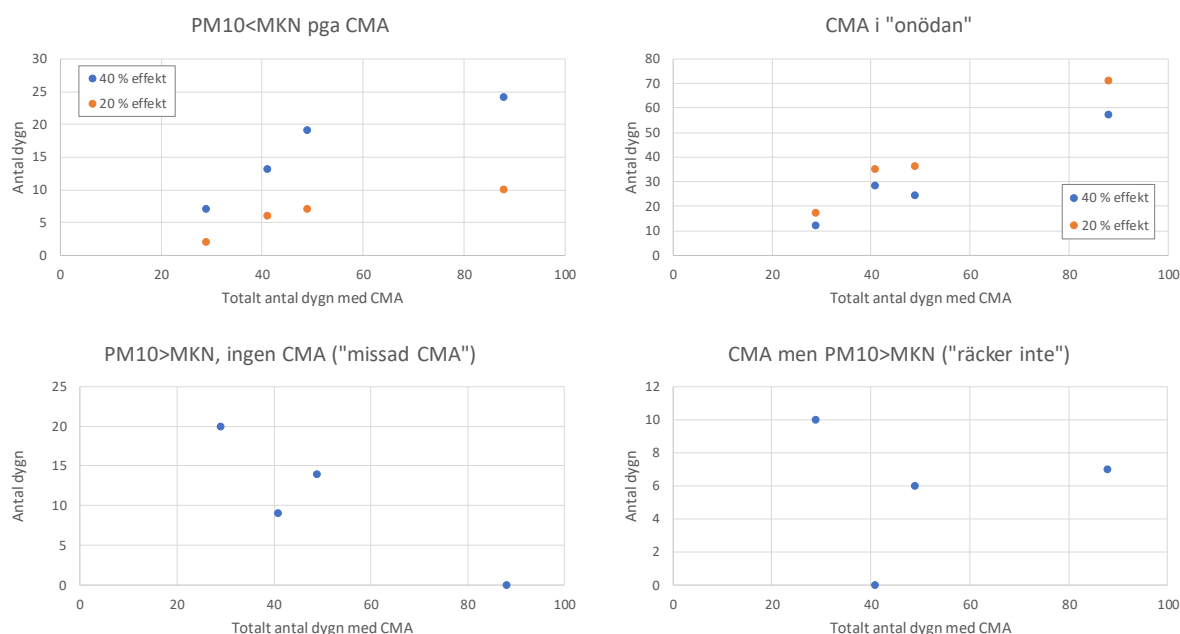
- Variationerna mellan åren visade att det är viktigare att pricka rätt dagar med CMA-utläggningen än att generellt sikta på att göra så många utläggningar som möjligt.
- Att dammbindning dagtid inte ger någon *extra* effekt jämfört med dammbindning nattetid. Däremot en viss ökning om dammbindningen görs så nära morgonrusningen som det är möjligt.
- Dammbindning både natt och efterföljande dag ger minst fördubblad effekt jämfört med bara natt eller dag.
- Att lägga ut CMA ofta under en period med höga halter PM_{10} i luften är bättre än att pricka in alla dagar som har riktigt höga PM_{10} -värden.
- Det är viktigast att lägga ut CMA i slutet av februari, hela mars och hela april. Börjar man utläggningarna tidigare ger det bara en liten ökad effekt.
- Att lägga ut vatten på vägbanan (0,3 mm) dagar då inte CMA läggs ut, under perioden 15 mars till sista april, ger en minskning av PM_{10} -halterna i luften.

4.7. Utvärdering av dammbindning med "kriterieanalys"

I Tabell 8 sammanställs antalet dygn inom de definierade kategorierna i den kriteriebaserade analysen, där en antagen effekt av CMA på 20–40 % reduktion av PM_{10} från föregående dag använts (se kapitel 4.6.4). Generellt visar data från de tre säsongerna att ju fler tillfällen som CMA läggs ut, desto fler tillfällen läggs CMA ut i onödan och desto fler dygn klaras normens gränsvärde på grund av CMA, medan antalet missade CMA-utläggningar minskar (Figur 31). Första året är dessa till och med noll.

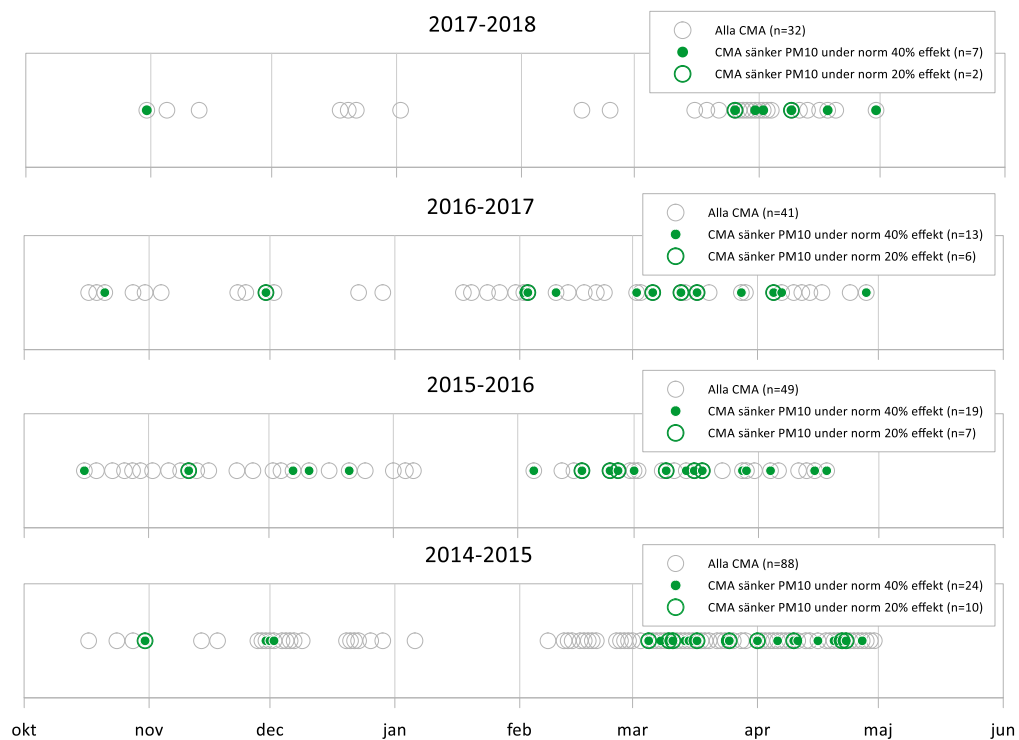
Tabell 8. Sammanställning av antalet dygn inom de olika definierade kategorierna under tre säsonger (oktober–april).

	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018
Totalt antal CMA-utläggningar	88	49	41	29
PM10>MKN, ingen CMA ("missad CMA")	0	14	9	20
CMA men PM10<MKN vid 20–40 % effekt (CMA "i onödan")	57–71	24–36	28–35	12–17
PM10<MKN på grund av CMA (20–40 % effekt)	10–24	7–19	6–13	2–7
CMA men PM10>MKN ("räcker inte")	7	6	0	10

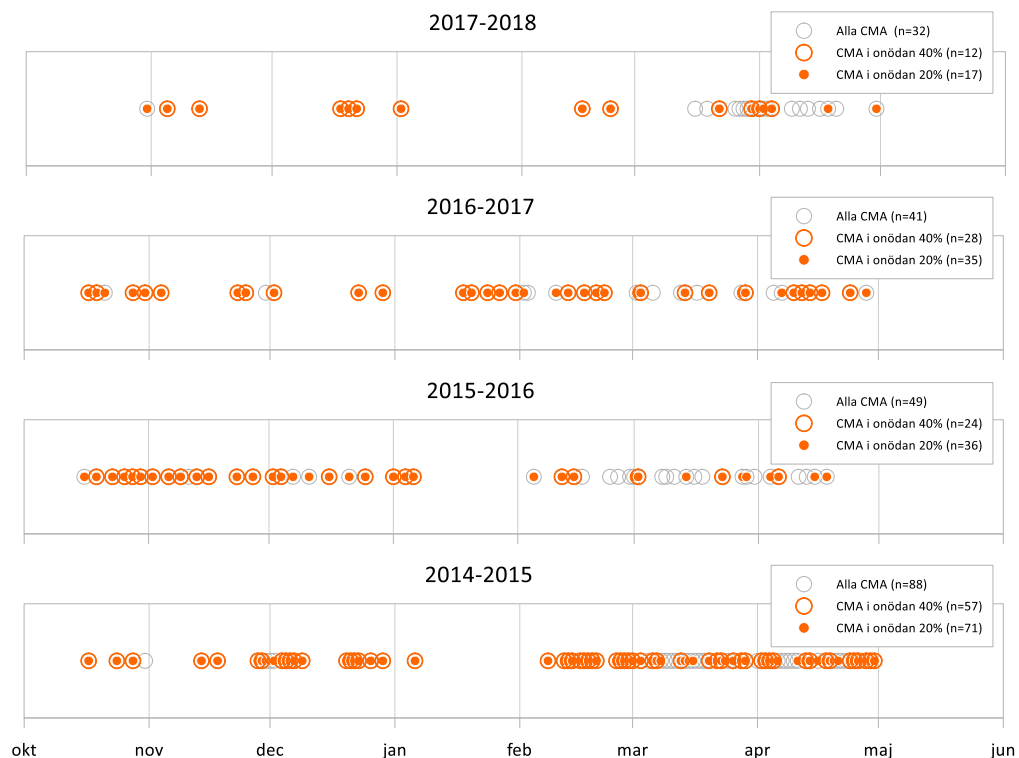


Figur 31. Utfall av den kriteriebaserade metoden i förhållande till totala antalet dammbindningar med CMA under fyra säsonger.

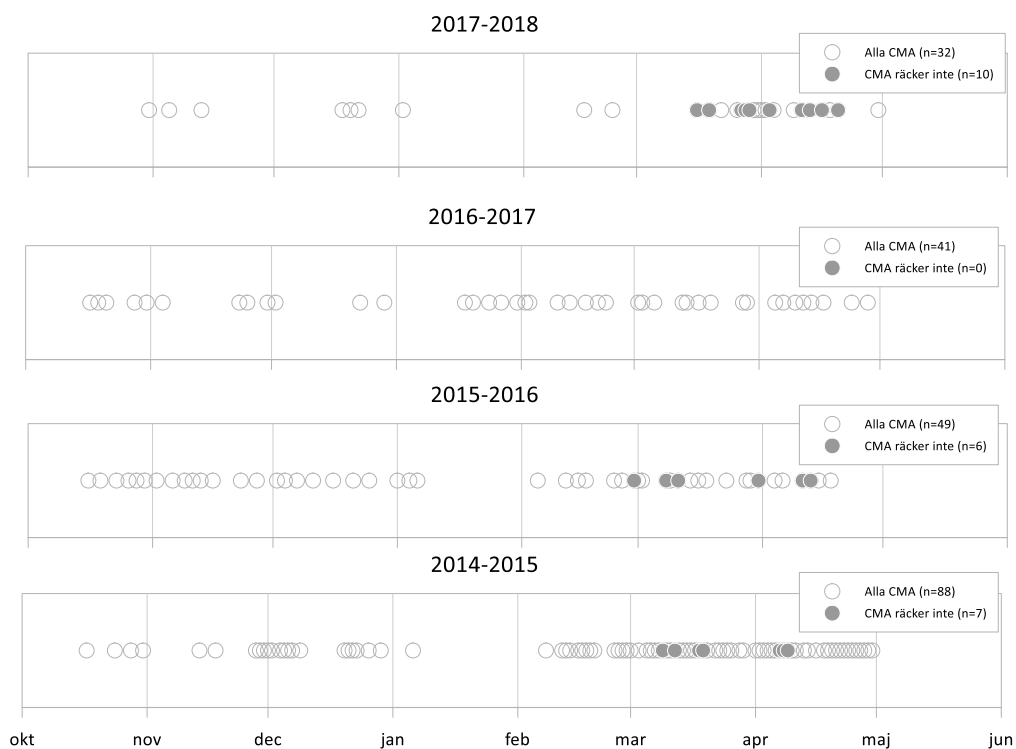
Figur 32–Figur 35 visas hur klasserna fördelar sig över säsongen oktober–april. Här spelar säsongernas meteorologi en avgörande roll för fördelningen, men generellt görs de flesta CMA-utläggningar som sänker PM₁₀ under gränsvärdet företrädesvis på våren. De onödiga utläggningarna sker under hela säsongen, men jämfört med antalet utläggningar är andelen onödiga utlägg vanligtast på hösten. Tillfällena då CMA inte räcker för att nå gränsvärdet för PM₁₀ sker uteslutande på våren, då halterna är högst. Även de missade utläggningarna är flest på våren.



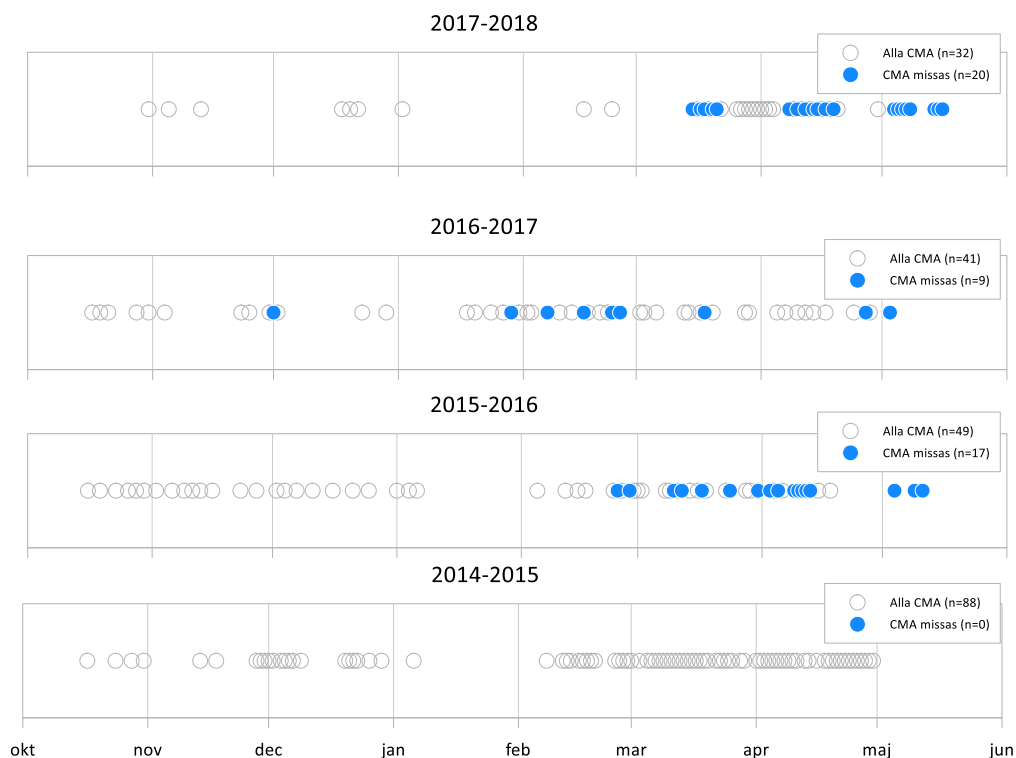
Figur 32. Dygn under tre säsonger då CMA sänkt PM_{10} under miljö kvalitetsnormens gränsvärde. Antagen effekt av CMA är 20–40 % lägre PM_{10} -halt dagen efter utläggning.



Figur 33. Dygn under tre säsonger då CMA lagts ut, men PM_{10} inte skulle överskridit miljö kvalitetsnormens gränsvärde även utan CMA (CMA i "onödan"). Antagen effekt av CMA är 20–40 % lägre PM_{10} -halt dagen efter utläggning.



Figur 34. Dygn under tre säsonger då PM_{10} överskridits trots att CMA lagts ut natten före (och vid några tillfällen även under dagen (CMA "räcker inte").



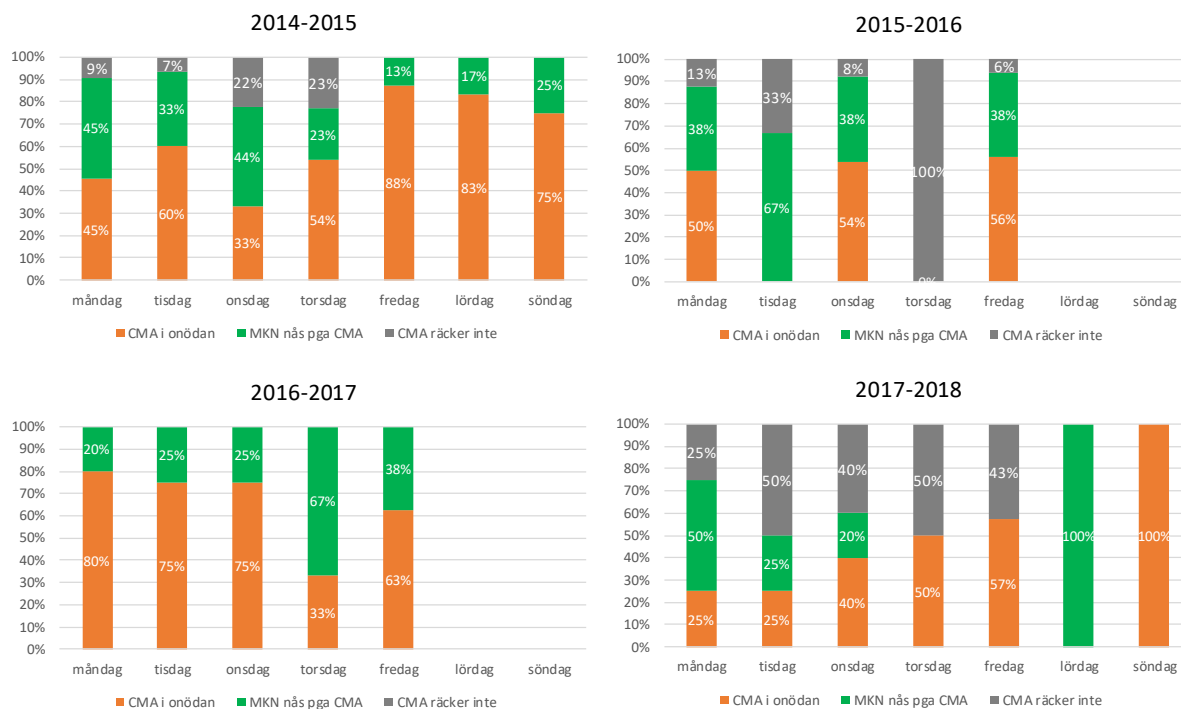
Figur 35. Dygn under tre säsonger som PM_{10} överskridit gränsvärdet för miljö kvalitetsnormen och CMA inte har lagts ut natten före (CMA "missas").

I Stockholm är CMA-användningen från 2015 schemastyrd, med utläggningar nätterna mot måndag, onsdag och fredag. Förutom dessa schemalagda dagar har CMA lagts ut vid särskilt behov. Säsongen 2014–2015 lades CMA ut i princip varje natt om vädret tillät (det vill säga inte var för fuktigt eller kallt). En analys av hur de olika klasserna fördelar sig över veckodagarna mellan de tre säsongerna (Figur 36) visar tydligt hur fördelningen av åtgärder de olika veckodagarna skiljer sig mellan säsongerna 2014–2015 och 2015–2016. På helgerna har inte någon CMA lagts ut de två senare säsongerna och huvuddelen av de utläggningar som gjordes 2014–2015 var i onödan, även om fem dygn också klarades på grund av CMA. Säsongen 2015–2016 lades CMA ut vid fyra tillfällen utanför schemat (tisdag och torsdag). Två dygn hjälpte CMA till att sänka PM₁₀ under gränsvärdet och två dygn räckte inte CMA. Under 2016–2017 gjordes sju utläggningar tisdagar och torsdagar, men fyra av dessa hade, enligt analysen inte behövts för att klara gränsvärdet.



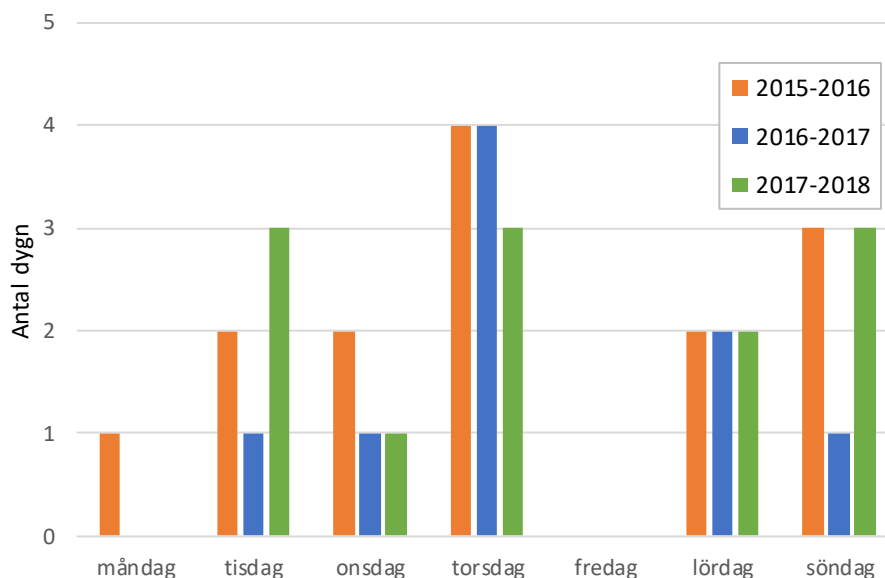
Figur 36. Antalet dygn inom varje kategori fördelat över veckodagar.

I Figur 37 har fördelningen av utfallen av analysen fördelats per veckodag för att studera om något utfall är vanligare någon specifik veckodag. Säsongen 2014–2015, då inget veckoschema användes, gjordes flest onödiga CMA-utläggningar fredag till söndag, medan de tillfällen då CMA inte räcker är flest måndag till torsdag. De två senare säsongerna påverkas fördelningen på tisdagar och torsdagar tydligt av de få utläggningarna dessa dagar. Måndag, onsdag och fredag är fördelningarna förhållandevis lika. Den höga andelen onödiga utläggningar (över 50 % 2015–2016 och 63–80 % 2016–2017) är anmärkningsvärda. Noteras bör även att andelen dygn CMA inte räcker för att nå normens gränsvärde är högre under säsongen 2017–2018 än tidigare.



Figur 37. Andelen av varje kategori (se till exempel) under varje veckodag.

Tillfällena då CMA missas att läggas ut, det vill säga överskridanden sker och ingen CMA används, är generellt fler på tisdagar, torsdagar och helger, som ju ligger utanför ordinarie schema för behandlingen (Figur 38). Observera att inga tillfällen missas under 2014, då veckoschemat inte användes.

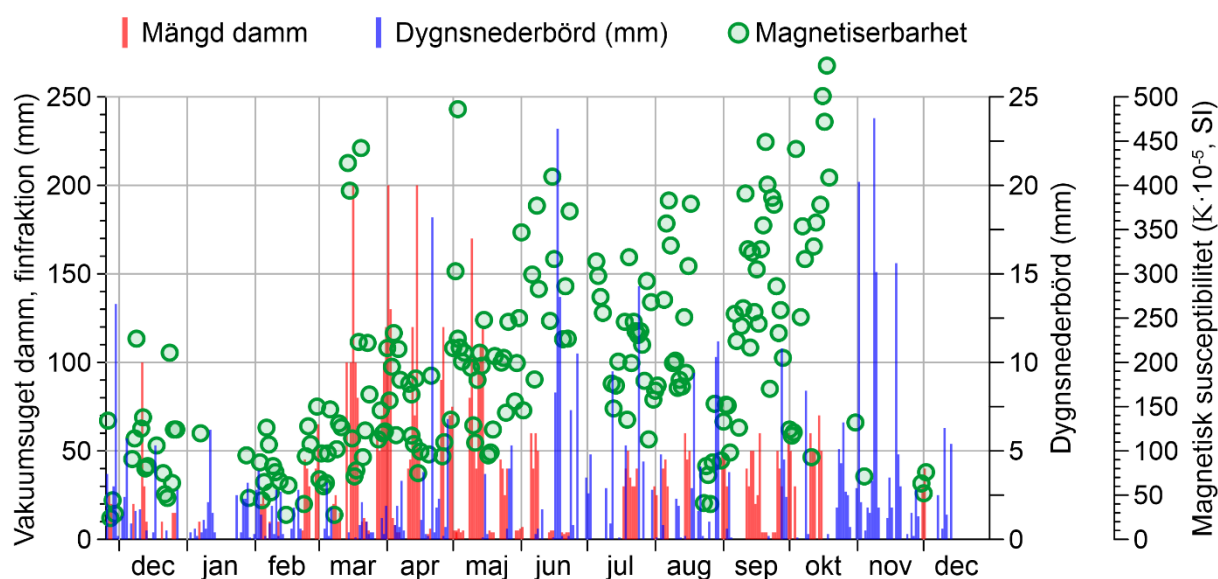


Figur 38. Antal dygn då CMA-utlägg inte gjorts trots att PM_{10} varit över gränsvärdet (CMA "missas").

Det bör påpekas att denna typ av analys inte tar hänsyn till att CMA kan ha effekt flera dagar efter utläggning utan endast analyserar resultatet dagen efter utläggningen. Likaså bör förtydligas att den kategori som kallas "onödig", bara är onödig för att nå gränsvärdet. Eftersom ingen tröskelhalt finns för negativa hälsoeffekter av partiklar har alla sänkningar av halterna en positiv hälsoeffekt, oavsett gränsvärdet för PM_{10} .

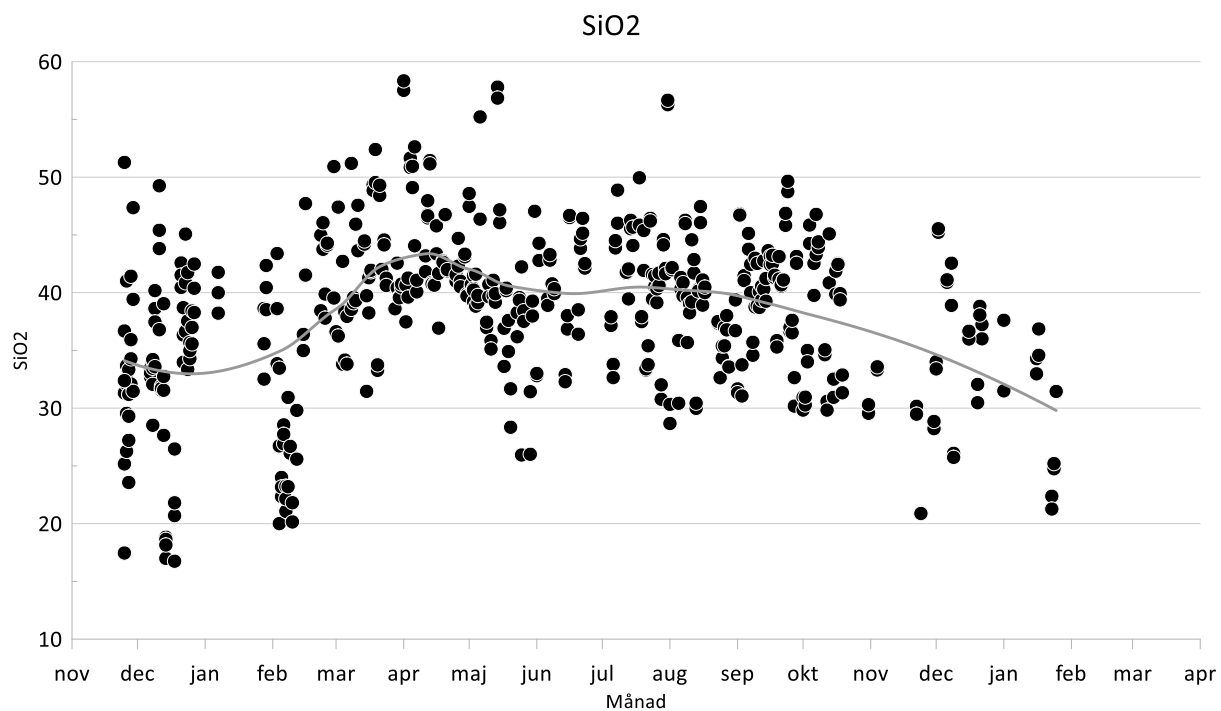
4.8. Provtagning av damm i vakuumsug

I Figur 39 visas den uppmätta dammnivån i vakuumsugens finmaterialkammare tillsammans med dygnsnederbörden (SMHI) och de intorkade provernas magnetiska susceptibilitet (magnetiserbarhet). Magnetiserbarheten är en metod som används för att screena prov eller markvolymen inför provtagning – ett sätt att kartlägga var det finns magnetiserbara metaller, som till exempel vissa föroreningar. På våren (mars–maj) är dammängderna stora, men avtar under sommaren. Samtidigt indikerar magnetiserbarhetsvärdena att proven under dubbsäsongen innehåller mycket material med relativt låg magnetiserbarhet, till exempel kiseldioxid från stenmaterialet i beläggnings, vilket ”döljer” de andra magnetiserbara föroreningarna, men under våren och sommaren stiger andelen magnetiserbart innehåll för att under senhösten starkt avta. Få prover finns mellan november till januari, vilket i hög grad beror på svårigheten att samla in provet när vakuumsugen sugit upp mycket vätska från vägytan, men de få som finns antyder förhållandevis låga mängder damm.

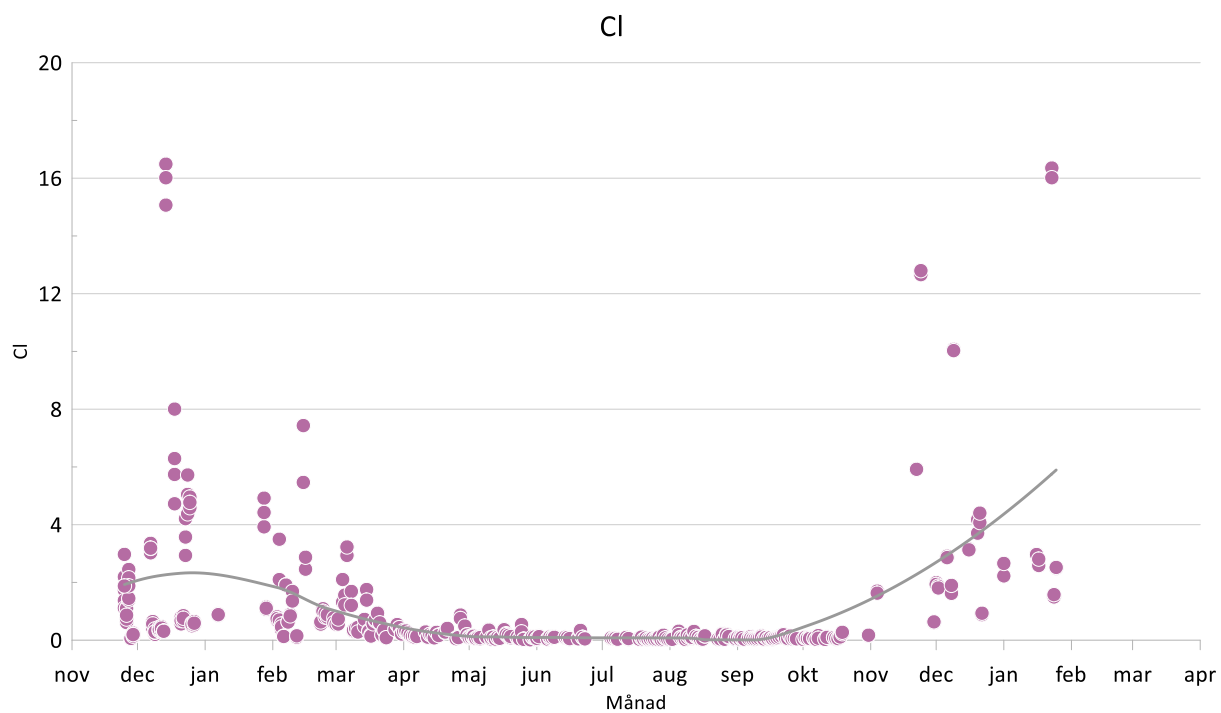


Figur 39. Uppmätt dammnivå i vakuumsugens finmaterialkammare, nederbörd och materialets magnetiserbarhet.

Den årliga variationen i några av de analyserade grundämnena visas i bilaga 4. Men här kan nämnas till exempel att kiseldioxid (Figur 40), som bland annat torde vara ett resultat av dubbdäcksslitage har en stor variation, men uppvisar högs halter under vårmånaderna. Vidare framträder resultatet av vinterns kemiska halkbekämpning tydligt i form av högre kloridhalter mellan november och mars (Figur 41).



Figur 40. Provens innehåll (massprocent) av kiseldioxid (kvarts).



Figur 41. Provens innehåll (massprocent) av klor.

5. Diskussion

Under projektets inledande workshop identifierades ett antal driftmetoder, där optimerings- och samordningsbehov föreligger. Följande diskussion behandlar projektets resultat utifrån dessa metoder och befintlig litteratur. De identifierade områdena är:

- övergripande åtgärder och kunskapsbehov
- sandning och upptag av sand
- saltning
- dammbindning
- städning
- utrustning och material.

Avseende *övergripande åtgärder och kunskapsbehov*, har projektet, genom den inledande workshopen och workshopen med förare, inhämtat information om aktuella behov och idéer kring gatudriftens funktion, möjligheter och samordningspotential. Bland de identifierade förbättringsområdena fanns utbildning av personal på alla nivåer. En grundläggande förståelse för behoven och samordningsmöjligheterna är viktig för att driften ska kunna planeras och även genomföras på önskvärdt sätt. Det framgår i diskussioner på workshopar och möten att från tjänstemannanivå på beställarsidan (Stockholms stad) till förare hos underentreprenörer är kompetens och kunnande ofta knutet till enskilda personer med stort intresse och engagemang för gatudrift. Att förvalta och utveckla denna kompetens genom kunskapsöverföring kräver insatser och resurser som oftast saknas. Om en sådan person slutar, får den som tar vid oftast börja om från en lägre nivå och i värsta fall göra om misstag som hade kunnat undvikas genom en bättre kunskapsöverföring. Även styrning med hjälp av upphandling och funktionskrav är ett område med utvecklingspotential. Erfarenheten av genomförandet av Optidrift är att de kontrakt som är resultatet av nuvarande upphandlingsform är odynamiska och har lagt krokben för många idéer. Detta på grund av att entreprenörerna är beroende av att åtgärderna utförs som specificerat, får betalt per insats och annars riskerar ekonomiska förluster. Att till exempel föreslå att en stadsdel inte ska städas med entreprenörens städmetod, utan med en särskild maskin inhyrd i ett extra kontrakt, har därför inte varit görligt. Istället har insatser kopplade till Optidrift och stadens egna extra driftinsatser för bättre luftkvalitet alltid lagts till separat, utöver befintliga kontrakt. Det finns således behov av kontraktsumformningar som ger större möjligheter till tester, justeringar och optimeringar utan att entreprenören riskerar en ekonomisk förlust.

Vidare lyftes behov av förbättrade möjligheter att både prognosticera behovet av driftinsatser och följa upp effekterna av dessa. Till exempel kan fler fasta och mobila sensorer bidra till bättre prognoser, medan mått och mätmetoder behövs för uppföljningen. Inom projektet har prognosbehov för insatser riktade mot höga PM₁₀-halter lyfts i många diskussioner, men även här är kontraktformen utformad efter schema istället för prognos och ingen ändring har genomförts under projektets gång. Både modelleringen med NORTRIP och den kriteriebaserade analysen visar att ingen effektivisering eller optimering skett under projektet, utan att mer dammbindning ger färre överskridanden, men också fler onödiga insatser. En prognosbaserad dammbindning skulle sannolikt kunna ge bättre resultat. I nuläget är vinterdriften prognosstyrd. Erfarenheter och rutiner från denna kan sannolikt tillämpas för dammbindning, även om andra vädersituationer i kombination med aktuella luftkvalitetshalter utgör grund för insatserna, snarare än minusgrader och väglag.

Vad gäller optimering avseende miljö, säkerhet och framkomlighet, som ursprungligen var projektets tanke, kan konstateras att projektet hade behövt en betydligt större rådighet över planering och styrning av driftinsatser för att kunna utföra den typen av tester som skissades på initialt, för att studera hur dessa olika behovsområden kan påverkas av en optimerad gatudrift. Problemområde 2, *sandning och upptag av sand*, engagerade under den inledande workshopen. Mycket beroende på de påtagliga kopplingar till damning på våren, som åtgärden har, inte minst vid själva sandupptagningen. Det finska REDUST-projektet (Männikkö m.fl., 2014) och även tidigare finska studier (Kupiainen och

Tervahattu, 2004, Kupiainen och Pirjola, 2011) drog slutsatsen att för minskad damning bör det sandningsmaterial som används ha god slitstyrka och inte innehålla mindre fraktioner än 1–2 mm för att inte innehålla damm redan vid utläggning. Då Optidrift-projektet har arbetat på gator i Stockholm där sandning normalt inte används för halkbekämpning, har sand inte varit i fokus för utvärderingarna. Dock genomfördes en WDS-mätning före och efter sandupptagningen, som resulterade i högre damnmängder efter insatsen än före, utom vid väggkanten. Försök med sopsaltning av cykelbanor som löper längs både Hornsgatan och Sveavägen har pågått under projektiden. Försöken har utvärderats och dokumenterats (Niska m.fl., 2017), men någon uppföljning av eventuella effekter på damm och PM₁₀ har inte ingått i den utvärderingen. Det är tänkbart att försöken ändå haft en positiv effekt på PM₁₀-halterna eftersom sandning ersatts med saltning. Sandning av gång- och cykelytor kan ge ett bidrag till dammförrådet, genom att sandningssanden förflyttar sig från gång- och cykelytorna ner på bilvägen där den krossas av biltrafiken. Inom projektet har sandprovtagning på gång- och cykelytor i Linköping genomförts, vilket visade att den krossande effekt biltrafiken har på stenmaterialet är väsentlig och att det sker en omfördelning och en viss krossning även på cykelbanor.

Vad gäller problemområdet *dammbindning*, som fått stort utrymme i denna rapport, kan jämförelser göras med det finska REDUST-projektet (Männikkö m.fl., 2014). Detta resulterade i en handbok över hur olika driftmetoder bör genomföras för att minimera damningsproblematiken på våren. Vad gäller dammbindning, som i Finland i huvudsak görs med kalciumklorid, rekommenderas att dammbindningsmedel främst läggs längs väggkanten, där dammförrådet är som störst, men vid stora dammproblem, rekommenderas att medlet sprids över hela ytan. Medlet används normalt i cirka 10-procentig lösning och dosen är 60–100 g/m² beroende på behov och spridningsstrategi. Intressant att notera är att man i Espoo menar att dammbindning med CaCl₂ försvårar städningen på våren eftersom den tillsammans med dammet på vägytan bildar ett hårt (cementerat) lager av damm, som befintlig städteknik har svårt att få bort. Man har därför övergivit dammbindning och använder bara städning på våren. Rekommendationerna från REDUST skiljer sig markant från hur dammbindning görs i Stockholm, där CMA har högre koncentration (25 %) men läggs i betydligt lägre dos (10 g/m²). Man har heller ingen strategi eller metod för olika varianter av dammbindning. Dock bör problemet med ackumulerat damm på vägytan, som är svårt att få bort genom städning, noteras. Att dammbindning, helt logiskt, gör det svårare att städa upp damm från vägytan, medför att driftmetoderna skulle behöva samverka för bästa effekt. Hur detta ska gå till är fortfarande oklart. I Stockholm har några sådana optimeringsförsök inte kunnat genomföras inom Optidrift, utan CMA-spridning och städning har genomförts parallellt. Dammbindningen har efterhand prioriterats, då den har visats ge entydigt positiva resultat på PM₁₀-halterna, men kan också vara en viktig orsak till att effekter av vakuumsugning på PM₁₀-halterna varit liten eller obefintlig eftersom dammbindningen de facto strävar efter att hålla kvar dammet, som städningen avser ta bort, på vägytan.

Enkäten till kommuner avseende dammbindning visar att de få kommuner som svarat, använder tre olika dammbindningsmedel i olika koncentrationer och doser och sprider med olika tekniker. Orsaken till den stora variationen kan sannolikt härledas till brist på centrala råd och riktlinjer, vilket medför att varje kommun själv varit tvungen att ta reda på vilka dammbindningsmedel och metoder som finns tillgängliga och till vilka kostnader genom kontakter med andra kommuner, entreprenörer och specialister. Vissa kommuner samverkar med Trafikverket, medan andra har tittat på föregångare i Sverige (som Stockholm) men även kommuner i Norge och Finland kan ha inspirerat. Även om många metoder fungerar för dammbindning, är det problematiskt att befintlig kunskap och erfarenhet inte finns tillgänglig som en central resurs för kommunerna. Risk finns att onödigt mycket resurser läggs på uppstartsskedet och att ”nybörjarfel” upprepas, vilket gemensamma riktlinjer och metodbeskrivningar skulle kunna bidra till att minimera.

För att undersöka effekten av hypotetiska variationer i dammbindningsstrategin, användes emissionsmodellen NORTRIP. Modelleringen, baserat på de verkliga dammbindningstillfällena, visar att effekten på PM₁₀-halterna inte entydigt ökar om antalet dammbindningstillfällen ökar mellan åren. Till exempel uppnåddes störst effekt under år som inte hade flest CMA utlägg. Det visar att det istället

är viktigare att lägga ut dammbindningsmedel rätt dagar än att utföra många utlägg. Resultaten visar vidare att det i princip inte är någon skillnad i effekt beroende på om dammbindningen utförs under natten eller under dagen. Därför är dammbindning natttid att föredra av praktiska skäl då det är mindre trafik då. Resultaten visade dock att en något större effekt kunde uppnås om dammbindningen under natten görs så nära morgonrusningen som det är möjligt. Dammbindning både natt och dag gav mer än fördubblad effekt på PM₁₀-halterna. I Stockholm är dammbindning dagtid dock förknippat med stora problem med att komma åt att lägga CMA över hela gatan, att lägga CMA jämnt utan pölbildning och att undvika att stänka ner andra bilar. Modellberäkningarna visar att det är svårt att fastslå ett optimerat antal tillfällen för CMA-utläggning utan det varierar från säsong till säsong beroende på de meteorologiska förhållandena. Att driften kan anpassas efter hur den aktuella säsongens väder utvecklar sig är det mest optimala. Resultaten visar vidare att dammbindning upp till tre dygn före höghaltsdagar ger effekt på modellerade halter av PM₁₀. Jämförelse mellan test A och B visar att det är mer effektivt att lägga ut CMA varje dag eller ofta under de månaderna som har högst halter av PM₁₀ än att lägga ut CMA utspritt under året. Problemet med att lägga ut CMA varje dag under en period är att det kan påverka friktionen på vägbanan. Dessutom är det problem att i förväg veta när en höghaltsdag ska inträffa.

Beräkningarna utifrån det schema som användes för utläggning av CMA i Stockholm under vintersäsongen 2017–2018 visade att det ger en god effekt att lägga ut CMA enligt detta schema under perioden 24 februari till sista april men att effekten inte ökar särskilt mycket om man utför dammbindning under hela perioden 1 november till sista april. Resultaten varierar lite från år till år och ett förslag skulle kunna vara att lägga ut CMA tre dagar i veckan mellan mitten av februari och sista april men att avvakta under perioden 1 november till mitten av februari, och bara lägga ut CMA när det enligt väderprognoserna ser ut att vara ogynnsamma väderförhållanden i princip såsom ambitionen varit för driften senaste åren.

Även effekten av att mellan dammbindningstillfällena lägga ut vatten (0,3 mm) på vägbanan analyserades. Modellresultaten visade på en relativ stor minskning av PM₁₀-halt som effekt av vattenutläggning. Detta är de första försöken att modellera vattenutläggning med NORTRIP, vilket innebär relativt stora osäkerheter i modellresultaten. För framtida studier kan det vara intressant att vidare studera denna effekt både genom mer modellering men även i form av fältförsök. Till exempel skulle det vara av intresse att studera hur snabbt vattnet avdunstar och om det ger större effekt att lägga ut vattnet på till exempel eftermiddagen jämfört med tidig morgon. Ett problem med att bara lägga ut vatten är att det tidigt på våren finns risk att det fryser, medan det senare på våren kan torka upp väldigt snabbt.

Den kriteriebaserade analysen är visserligen grov, men kan ändå antas illustrera effektiviteten i dammbindningsinsatserna förhållandevis väl. Eftersom antalet tillfällen då gränsvärdet för PM₁₀ klaras på grund av CMA och antalet tillfällen som CMA läggs ut i ”onödan” ökar samtidigt som antalet missade CMA-utläggningar minskar med totala antalet CMA-behandlingar, tyder inte analysen på ökad precision eller optimering. Fördelningen av de olika utfallen över säsongen visar att våren är den största utmaningen då både antalet missade tillfällen och tillfällen då CMA inte räckt till koncentreras till denna period. På hösten är andelen CMA-utlägg som sker i onödan andelsmässigt betydligt fler än på våren. Ett veckoschema med fasta dagar användes mellan 2015 och 2018. Då CMA-behandlingarna plottas är skillnaden mellan säsongen 2014–2015 och de efterföljande tydlig, med åtgärder mer jämt spridda över veckan. Dock har CMA även lagts ut vid behov mellan 2015 och 2018, vilket resulterat i utläggningar samtliga dagar under senaste säsongen 2017–2018. Antalet tillfällen då CMA missas tenderar att vara fler på tisdagar, torsdagar och på helger, vilket kan kopplas till veckoschemat. Säsongen 2014–2015, då betydligt fler utläggningar genomfördes utan veckoschema, missades inga tillfällen med överskridanden. Dock kan denna säsong knappast bedömas som lyckad ur optimeringssynpunkt eftersom antalet tillfällen då CMA lades ut i onödan var mer än dubbelt så många som övriga säsonger.

Några olika *städ- och spolningsmetoder* har provats i projektet och effekterna på dammförrådet utvärderats. Resultaten har dels visat att effekter främst ses på ytor där dammförrådet är stort, till exempel mellan hjulspår och vid väggkant, vilket stämmer med flera tidigare studier, till exempel Männikkö (2014), men även på det medföljande problemet att utvärdera städmetoder i en stadsmiljö där städfrekvensen är hög och många ytor i princip så rena de kan bli med gällande städteknik och trafiksituation. Dessa förhållanden ställer mycket höga krav på utvärderingsmetoden. WDS har i detta avseende nackdelen att den provtar mer material än vad en städmaskin förmår suga upp. En liten differens i dammängden före och efter en städning på en yta som har förhållandevis mycket damm, kan gömmas inom provtagningsmetodens osäkerhetsmarginaler. Insatserna vid sandupptagningen gav högre dammängder på körbanan men lägre invid kanten, vilket sannolikt beror på en viss omfördelning av damm och att damm som varit cementerat i beläggningens till exempel lös gjorts vid sopning och spolning. Ackumulerat material vid väggkanten har minskat av sopning och spolning och kan delvis ha sopats ut till andra delar av gatan, men även avlägsnats genom uppsopning eller bortspolning. Enbart spolning förmådde sänka dammförrådet vid väggkanten, medan körfältet var opåverkat. En tidigare studie om effekter på PM₁₀-halter av enbart spolning (Norman och Johansson, 2006) visar inte på några tydliga effekter av metoden, vilket kan kopplas till att effekten i körfältet, varifrån dammet virvlas upp av trafiken, är obefintlig. Både spolning och högtryckstvätt hade, som enda provad metod, en sänkande effekt även på dammförrådet mellan hjulspår. Detta kan bero på metodens effektivitet, men en inverkan kan även vara att dammförrådet mellan hjulspår på Hornsgatan är jämförelsevis stort och därför lättare att se en tydlig effekt på. Dock har en liknande metod, med lösgörning av damm med högtryckstvätt följt av uppsugning, tidigare visats vara förhållandevis effektiv (Snilsberg och Gryteselv, 2017).

Avseende det sista problemområdet *utrustning och material*, avsågs ursprungligen projektet bidra till såväl utvärderingsmetoder som till förbättrade driftutrustningar. Den inledande workshopen konstaterade att behovet av nytänkande var stort, men att utvecklingen av fordon och redskap gick trögt. En ursprunglig plan var att kunna bygga en tillsats till städmaskinen Disa-Clean, för att komma åt i trängre utrymmen. Detta utvecklingsarbete stötte dock på stora problem, som inte bedömdes kunna lösas inom projektbudgeten, varför det övergavs. Utrustning och material efterfrågas dock även på uppföljningssidan, och inom projektet har därför ett verktyg för repeterbar dammprovtagning på vägytan, Wet Dust Sampler II (WDS II) vidareutvecklats. En prototyp har använts i ett flertal tidigare projekt och är beskriven i Jonsson m.fl. (2008). I och med utvecklingsmöjligheten i Optidrift har ritningar och handbok för en produkt (se Bilaga 2) kunnat tas fram. WDS II är ett unikt redskap, då det till skillnad från andra provtagningsstekniker, använder vatten för provtagningen. Andra metoder baserar sig på borstar och dammsugare, till exempel metoden som används för provtagning i emissionsmodellen AP-42 (EPA, 2002, Teng m.fl., 2008) och Amatos metod (Amato m.fl., 2009), eller suspenderar dammet och mäter halten i en kammare, till exempel PI-SWIRL (China och James, 2012, Kavouras m.fl., 2009). WDS II ger möjlighet att provta oavsett ytans fuktighet och provtar även totalt dammförråd, snarare än bara det som en borste eller en dammsugare kan ta upp. En annan viktig fördel är att den är repeterbar och provtar på exakt samma sätt vid varje provtagning oavsett operatör. Metoden har visat sig fungera väl och en ytterligare utvecklad version har sålts till Statens vegvesen i Norge och till Nordic Envicon Oy i Finland. I Norge har WDS III använts främst för att studera effekter av städmaskiner (Snilsberg och Gryteselv, 2017), men även för provtagning av vägdamn för analys av organiska ämnen (Asheim m.fl., 2019). Generellt är det ett problem att den utveckling inom gatudrift som görs, genom tester av nya metoder eller material eller strategier, sällan följs upp på ett vetenskapligt sätt. Detta är delvis kostnadsrelaterat, men kan även antas bero på brist på uppföljningsmetoder och på kunskapsbrist kring hur en väl genomförd utvärdering kan göras och vilket dess värde är, varför ett utbildningsbehov kan föreligga. I längden leder väl dokumenterade utvärderingar till att bättre metoder och strategier kan spridas och tillämpas. WDS II är ett verktyg som kan bidra till förbättrade uppföljningar i framtida utvecklingsarbete.

Insamlingen av damm från en städmaskin i Stockholm under ett års tid, är ett annat exempel på uppföljningsmöjlighet som undersökts i projektet. För att bedöma dammängderna på gatorna är det en i nuläget grov metod, men visar ändå på intressanta variationer som kan kopplas till vägdammets säsongsmässiga variation i mängd och innehåll. En djupare analys av kemisk sammansättning har inte varit möjlig inom projektet, men avses genomföras i närtid. Metoden att provta i städmaskin är enkel, men behäftad med en hel del osäkerhet, till exempel att mängden damm i behållaren har uppskattats på ett väldigt enkelt vis, provet som tas är inte nödvändigtvis representativt för hela behållaren och vatteninnehållet i proverna har varierat kraftigt. Dock finns många möjligheter att förbättra metoden, genom vägning av fordon, mer representativ provtagning och undersökning av relation till städad gatuyta, till exempel.

Slutligen kan konstateras att en lärdom är att det är värdefullt att även inkludera mindre kommuner med gatudrift i egen regi och en trafik-och miljösituation som inte är lika kritisk som i Stockholm, för att ha större möjligheter att prova olika och mer optimerade lösningar. Samtidigt har landets största kommun, Stockholm, som engagerat deltagit i Optidrift, fördelen av hög kompetens, förståelse för betydelsen av dokumentation och uppföljning och, till syvende och sist, resurser att både driva och delta i denna form av utvecklingsarbete, vilket starkt bidrar till att öka kunskapsmassan inom drift och underhåll av gator och vägar och kan komma andra väghållare till nytta.

6. Övergripande slutsatser

- Problemägare har identifierat ett stort behov av optimering av gatudriften inom ett flertal områden som rör såväl övergripande åtgärder och kunskapsbehov som de specifika driftåtgärderna sandning och sandupptag, saltning, dammbindning, städning och slutligen utrustning och material.
- Intervjuade maskinförare har belyst många problem och upplevda försämringar i gatudriften, som främst kopplas till kontraktsformer, kompetens och överföring av kompetens, trafiksituationen, uppföljning av effekter av åtgärder och slutligen utrustningsbrister.
- En enkät om dammbindning till kommuner visar att magnesiumklorid, kalciumklorid och CMA används för dammbindning i svenska kommuner, att metoderna för utläggning varierar avseende teknik och dos och att dammbindning kan initieras och genomföras såväl i samverkan mellan miljöförvaltning, trafikkontor och entreprenörer som skötas av entreprenören själv. I flera kommuner sker dammbindning i samverkan med Trafikverket.
- En modifierad provtagare för vägdamm, Wet Dust Sampler II (WDS II), har tagits fram inom projektet. Provtagaren har förbättrats avseende funktionalitet, hantering och precision. Provtagaren har efter projektrelaterad utveckling även vidareutvecklats ytterligare för försäljning till Norge och Finland. Ritningar och en handbok är framtagna.
- Utvärderingar av några olika städmetoder (sandupptagning och spolning, spolning och spolning följt av vakuumsugning) visar att i de ytor där dammförrådet är stort, som vid kant och mellan hjulspår, kan metoderna minska dammängden, medan hjulspår oftast är opåverkade. Vid sandupptagningen ökade dammängderna i körfältet, vilket kan tyda på att damm från vägkant sprids ut jämnare över vägytan.
- Vid ett regntillfälle kunde konstateras att dammförrådet minskade över hela profilen på Sveavägen, medan ökning och minskningar längs profilen förekom på Hornsgatan. Detta tolkas som att dammförrådet är mer rörligt på Sveavägen på grund av lägre makrotextur i ytan än på Hornsgatan.
- Modelleringsstudier av dammbindning med hjälp av NORTRIP-modellen visade att god prognosstyrning av insatserna så att ”rätt” dagar dammbinds är viktigt för ett bra resultat. Dock kan frekvent dammbindning under perioder med särskilt höga PM₁₀-halter ge bättre resultat än att bara dammbinda dygnen med högst halter. Vidare visades att dammbindning dagtid inte gav någon extra effekt, medan spolning med vatten de dagar då dammbindning inte görs under 15/3 till 30/4 kunde sänka PM₁₀-halterna ytterligare. Utläggning två gånger per dygn (natt och dag) gav minst dubbel effekt.
- En analys av data på dammbindning i relation till överskridanden av miljökvalitetsnormens gränsvärde från fyra säsonger mellan 2014 och 2018, visade att fler dammbindningstillfällen gav färre överskridanden, färre missade dammbindningar, men också fler tillfällen då åtgärden gjordes i onödan. Ingen optimering av åtgärden kan således ses i data.
- Daglig provtagning i vakuumsugen Disa-Cleans finfraktionscontainer under ett års tid visade på säsongsmässiga variationer i dammförråd, liksom avseende dammets grundämnessammansättning och magnetiserbarhet. Det insamlade datamaterialet har på grund av resursbrist inte till fullo kunnat analyseras inom projektet.

- Sammantaget har projektets ursprungliga mål att kunna föreslå en optimerad gatudrift i en stadsdel i Stockholm inte nåtts, främst beroende på gällande driftkontrakt, som inte är flexibla och tillåter tester av olika idéer, och av miljökvalitetsmålets (PM₁₀) och framkomlighetens höga prioritet i staden, vilket bland annat påverkat möjligheten att ha referensgator till de gator där projektspecifika åtgärder provats.
- Projektets fokus har drivit från övergripande driftåtgärder till driftåtgärder för bättre luftkvalitet, medan alternativa vinterdriftåtgärder eller vinterdriftstrategier, inte har behandlats i samma utsträckning. Orsaken står att finna i ovanstående punkt, då gällande driftkontrakt inte kunnat påverkas nämnvärt.

7. Driftinriktade slutsatser

- För att justeringar och optimeringar ska kunna genomföras löpande och även ha incitament, behövs mer en dynamisk funktionsinriktad upphandling som möjliggör eller helst främjar förbättringsarbete under kontraktstiden, utan att entreprenören riskerar en ekonomisk förlust.
- För optimerad gatudrift finns behov av mer mångsida maskiner, som kan utföra flera typer av åtgärder, använda flera olika typer av salt och komma bättre åt i trånga miljöer. Utvecklingen inom maskinområdet är långsam och saknar incitament.
- Wet Dust Sampler fungerar bra för uppföljning av dammängderna på gator och kan bidra till förbättrade uppföljningar i framtida utvecklingsarbete.
- Den sandupptagning med borstar och efterföljande spolning som utvärderats kan resultera i högre dammängder i körfälten på grund av att finmaterial nära väggkanten sopas ut i körfälten och endast det grova följer med sopningen.
- Enbart spolning förmådde endast avlägsna en del damm nära kantstenen.
- Högtrycksspolning följt av kraftigt vakuumsug reducerade dammängderna mellan hjulspår och nära kantstenen, men inte i hjulspår (där dammängderna redan är låga).
- Utvärdering av flera års dammbindningsinsatser visar att schemalagd dammbindning inte bidrar till optimering av åtgärden. Förbättringar kräver prognosstyrning utifrån meteorologi och luftkvalitetsdata.
- Modelleringar visar att:
 - Det är effektivare att lägga ut dammbindningsmedel de dagar då partikelhalterna riskerar överskrida gränsvärdet än att lägga ut många dagar enligt schema, vilket stödjer att dammbindningsinsatser bör vara prognosstyrda.
 - Dammbindning bör koncentreras till våren, normalt mellan februari och april.
 - Att lägga ut en tunn vattenhinna de dagar då inte dammbindningsmedel används kan ge en förhållandevis stor ytterligare effekt.
 - Dammbindning dagtid eller nattetid ger ungefär lika stor effekt.
 - Dammbindning både på natten och dagen ger minst dubbel effekt, men utläggning dagtid bör undvikas i Stockholm på grund av trafiksituationen.

8. Forskningsbehov

Optidrift har resulterat i många intressanta resultat, men har missat sitt ursprungliga mål, att implementera en gatudrift i tätort som är optimerad ur miljö-, säkerhets- och framkomlighetsaspekterna. Här kvarstår ett stort behov av fortsatta samarbeten mellan väghållare, entreprenörer, maskintillverkare och forskare. Kritiskt för framgång är möjligheterna att prova och utvärdera metodik och strategier i miljöer där det är möjligt att ha kontroll över och vid behov styra pågående insatser för att resultaten ska kunna tolkas och utvärderas på ett trovärdigt sätt.

Upphandlingsformer och kontraktutformning för högre flexibilitet och med incitament för utveckling av teknik, metodik och strategier bör utredas för att möjliggöra effektivisering och optimering inom väg- och gatudrift.

Dammförrådet växer snabbt på hösten då dubbdäcken börjar användas och vägbanorna blir allt fuktigare. Det är dammförrådet som byggs upp under vintern som är källan till höga partikelhalter på våren. Om denna uppbyggnad kan dämpas, kan sannolikt även de höga partikelhalterna på våren dämpas. Städning har, som nämnts, varit svårt att utvärdera effekterna av vad gäller luftkvalitet. Det är dock sannolikt att effektiv städning av damm i vägmiljön har en positiv effekt på dammförrådets uppbyggnad, men att metoderna att utvärdera denna effekt är bristfälliga. Behov föreligger därför att utveckla metodik att utvärdera städningens effekter över säsong eller år i relation till meteorologi och andra åtgärder.

Även om en del kunskap om sandens effekter föreligger, saknas ännu förståelse för hur sandningsinsatser på gång- och cykelbanor och spridning av sand i gatunätet med trafiken kan bidra till damning även i miljöer där sand inte används direkt på vägbanan. Likaså saknas mycket kunskap om betydelsen av materialets egenskaper och hur dessa kan optimeras för både god friktionshöjande effekt och för minimal damning.

Dammbindning fungerar väl för att sänka partikelhalterna, men ett stort utrymme finns för effektivisering, till exempel genom att undersöka relationen dos och koncentration ur strategiskt perspektiv. Är det bäst att lägga hög koncentration sällan eller låg koncentration ofta eller en kombination? Och vid vilka meteorologiska förutsättningar? Denna typ av frågeställningar hänger tätt samman med möjligheterna att prognostisera när och hur utläggningar ska göras för bästa effekt.

Att använda NORTRIP-modellen för scenarioanalyser är ett kraftfullt verktyg, som kan ge god insikt om hur gatudriften kan och bör utvecklas för att så effektivt som möjligt sänka partikelhalterna, men resultaten kräver också valideringar i den mån det är möjligt.

Referenser

- Amato, F., Pandolfi, M., Viana, M., Querol, X., Alastuey, A. & Moreno, T. 2009. Spatial and chemical patterns of PM10 in road dust deposited in urban environment. *Atmospheric Environment*, 43, 1650-1659.
- Amato, F., Querol, X., Johansson, C., Nagl, C. & Alastuey, A. 2010. A review on the effectiveness of street sweeping, washing and dust suppressants as urban PM control methods. *Science of the Total Environment*, 408, 3070-3084.
- Asheim, J., Vike-Jonas, K., Gonzalez, S. V., Lierhagen, S., Venkatraman, V., Veivåg, I.-L. S., Snilsberg, B., Flaten, T. P. & Asimakopulos, A. G. 2019. Benzotriazoles, benzothiazoles and trace elements in an urban road setting in Trondheim, Norway: Re-visiting the chemical markers of traffic pollution. *Science of The Total Environment*, 649, 703-711.
- Brydolf, M., Norman, M. & Sjövall, B. 2017. Användning av dubbdäck i Stockholms innerstad år 2016/2017. *SLB 2017:4*.
- Chang, Y. M., Chou, C. M., Su, K. T. & Tseng, C. H. 2005. Effectiveness of street sweeping and washing for controlling ambient TSP. *Atmospheric Environment*, 39, 1891-1902.
- China, S. & James, D. E. 2012. Influence of pavement macrotexture on PM 10 emissions from paved roads: A controlled study. *Atmospheric Environment*, 63, 313-326.
- Denby, B. R., Ketzel, M., Ellermann, T., Stojiljkovic, A., Kupiainen, K., Niemi, J. V., Norman, M., Johansson, C., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S. & Sundvor, I. 2016. Road salt emissions: A comparison of measurements and modelling using the NORTRIP road dust emission model. *Atmospheric Environment*, 141, 508-522.
- Denby, B. R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzel, 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., Ketzel, 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.
- Epa 2002. AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources.
- Gustafsson, M., Bennet, C., Blomqvist, G., Johansson, C., Norman, M. & Sjövall, B. 2011a. Utvärdering av städmaskiners förmåga att minska PM10-halter. *VTI Rapport 707*.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Elmgren, M., Johansson, C., Järlnskog, I., Lundberg, J., Norman, M. & Silvergren, S., 2018a, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2016-2017, *VTI rapport*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, 970.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C., Järlnskog, I., Lundberg, J., Norman, M. & Silvergren, S., 2017a, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2015-2016, *VTI rapport*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, 928.

- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C. & Norman, M., 2014, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2012–2013, VTI,
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C. & Norman, M., 2015, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2013–2014, Statens väg- och transportforskningsinstitut,
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C., Norman, M. & Silvergren, S., 2016a, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2014-2015, Statens väg- och transportforskningsinstitut,
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Järleskog, I., Johansson, C., Lundberg, J., Norman, M. & Silvergren, S., 2017b, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2015-2016, Statens väg- och transportforskningsinstitut,
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Norman, M. & Johansson, C., 2016b, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2014–2015, *VTI rapport*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, 897.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Johansson, C. & Norman, M., 2012a, Driftåtgärder mot PM10 på Hornsgatan och Sveavägen i Stockholm - utvärdering av vintersäsongen 2011-2012, VTI,
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Johansson, C. & Norman, M., 2012b, Driftåtgärder mot PM10 på Hornsgatan och Sveavägen i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2011–2012, *VTI rapport*, VTI, 767.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G. & Jonsson, P., 2011b, Damningsminimerad vinter- och barmarksdrift : mått, medel och strategier, *VTI rapport*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, 701.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Jonsson, P. & Ferm, M., 2010, Effekter av dammbindning av belagda vägar, *VTI rapport*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, 666.
- Gustafsson, M., Lindén, J., Tang, L., Forsberg, B., Orru, H., Åström, S. & Sjöberg, K., 2018b, Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts IVL, C317.
- Johansson, C., 2006, Betydelse av dubbdäck mm för PM10 halterna längs vägarna, *ITM-rapport 158*, Stockholms Universitet, Department of Applied Environmental Science.,
- Johansson, C., Norman, M. & Burman, L. 2011. Vad dubbdäcksförbudet på Hornsgatan har betytt för luftkvaliteten, SLB rapport 2:2011.
- Jonsson, P., Blomqvist, G. & Gustafsson, M. 2008. Wet Dust Sampler: Technological Innovation for Sampling Particles and Salt on Road Surface. *Seventh International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology, Transportation Research Circular E-C126*, 102-111.
- Järleskog, I., Blomqvist, G., Gustafsson, M. & Janhäll, S., 2017, Utvärdering av städmaskiners förmåga att reducera vägdammsförrådet i gatu- och tunnelmiljöer - En fältstudie i Trondheim 2016, *VTI rapport*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, 953.
- Kavouras, I. G., Etyemezian, V., Nikolich, G., Gillies, J., Sweeney, M., Young, M. & Shafer, D. 2009. A new technique for characterizing the efficacy of fugitive dust suppressants. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 59, 603-612.

- Kupiainen, K., Pirjola, L., Ritola, R., Outi Väkevä, Viinanen, J., Stojiljkovic, A. & Malinen, A., 2011, Street dust emissions in Finnish cities – summary of results from 2006–2010, *Publications by City of Helsinki Environment Centre 5/2011*,
- Kupiainen, K. & Tervahattu, H. 2004. The effect of traction sanding on urban suspended particles in Finland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 93, 287-300.
- Kupiainen, K. J. & Pirjola, L. 2011. Vehicle non-exhaust emissions from the tyre-road interface - effect of stud properties, traction sanding and resuspension. *Atmospheric Environment*, 45, 4141-4146.
- Männikkö, J.-P., Niemi, J., Ritola, R., Kupiainen, K., Pirjola, L., Väkevä, O. & Virtanen, T. 2014. *REDUST: Best practices in winter maintenance to reduce respirable street dust*.
- Niska, A., Blomqvist, G. & Järnskog, I., 2017, Utvärdering av sopsaltning på cykelstråk i Stockholm vintern 2016/17, *VTI notat*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, 30-2017.
- 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. & Johansson, C. 2006. Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia. *Atmospheric Environment*, 40, 6154-6164.
- Schwarze, P. E., Øvreivik, J., Låg, M., Refsnes, M., Nafstad, P., Hetland, R. B. & Dybing, E. 2006. Particulate matter properties and health effects: Consistency of epidemiological and toxicological studies. *Human and Experimental Toxicology*, 25, 559-579.
- Shaughnessy, W. J., Venigalla, M. M. & Trump, D. 2015. Health effects of ambient levels of respirable particulate matter (PM) on healthy, young-adult population. *Atmospheric Environment*, 123, Part A, 102-111.
- Snilsberg, B. & Gryteselv, D. 2017. Renholdsforsøk 2016 - Strindheimtunnelen og Haakon VII gate i Trondheim & Stordalstunnelen i Møre og Romsdal. *Statens vegvesen rapport nr. 432*
- Teng, H., Kwigizile, V., Karakouzian, M., James, D. E. & Etyemezian, V. 2008. Investigation of the AP-42 sampling method. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 58, 1422-1433.
- Thompson, J. E. 2018. Airborne Particulate Matter: Human Exposure and Health Effects. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 60, 392-423.

Bilaga 1 Deltagare på inledande workshop 2015-03-24

Namn		Kommun/företag
Viktor	Ahlin	Gävle kommun
Peter	Andersson	Peab Linköping
Lennart	Andersson	Trafikverket region norr
Tyronne	Anneflod	Friggeråkers verkstäder AB
Anna	Arvidsson	VTI
Michelle	Benyamine	Trafikverket, region Stockholm
Ronny	Berglund	SL-Roadcleaning
Mathias	Bergström	Disab Tella
Kristoffer	Bergvall	Hanson & Möhring
Per	Blom	Uppsala kommun
Göran	Blomqvist	VTI
Leif	Broberg	SL-Roadcleaning
Per-Olof	Dahlberg	Svevia
Fabrice	Duteil	Tetra Chemicals
Henrik	Enström	Svevia
Christer	Friggeråker	Friggeråkers verkstäder AB
Mats	Gustafsson	VTI
Jonas	Harrysson	Örebro kommun
Sara	Janhäll	VTI
Christer	Johansson	SLB-analys
Kennet	Karlsson	Linköpings kommun
Ninos	Lahdo	Peab Stockholm
Christine	Larsson	Svevia
Lars	Lind	Disab Tella
Johan	Lindberg	Trafikverket
Jimmy	Mattsson	Örebro kommun
Freja	Nilsen	Linköpings universitet
Anna	Niska	VTI
Henrik	Ohlsson	Norrköping, tekniska kontoret
Emil	Rydén	Svevia
Torbjörn	Sandberg	Umeå kommun
Pye	Seaton	Trafikkontoret Stockholm stad
Jimmy	Skipsna	Underentreprenör till Peab Stockholm
Sebastian	Strand	Aebi Schmidt Sweden AB
Christopher	Sundell	Aebi Schmidt Sweden AB
Maria	Swebilius	Linköpings universitet
Erik	Svensson	Göteborgs stad
Ninni	Tabermann	Stockholms stad
Thomas	Umberg	Uppsala kommun
Henrik	Wallin	Peab Linköping
Jan	Ölander	f.d. Trafikverket, egen firma



Specification, handling and sample analyses

Wet Dust Sampler III (WDS III)

Content

In short	3
WDS – a research device	3
Document errors	3
Included components	4
Not included components	4
Operation	5
Before leaving for a campaign	5
Software	5
During campaign	7
Sampling procedures	7
High volume sampling in and between wheel tracks	8
Low volume sampling in transect	8
After campaign	9
Sample analyses	10
Laboratory equipment needed for WDS III analysis:	10
Filtration and burning of WDS-samples	10
Photos	14
WDS III in car prepared for sampling	14
Sampling in field	15
Sample analyses	17
Contact	26
Researchers	26
Research assistants	26
Technical support	26

In short

The WDS III is used for sampling dust and dissolved substances on impermeable surfaces in a repeatable way. WDS III uses a high-pressure water device to clean a small surface area and the sample is pneumatically moved from the sampling unit to a sample bottle. The sampling is initiated by pushing the button on the sampling unit and the adjustable parameters are set in the WDS III software. The parameters are the washing time and timing and duration of the air compressor moving the sample to the sample bottle. All devices are recommended to be kept in a van with a sufficient power aggregate.

WDS – a research device

WDS III is a research device and its' use and how to analyse the samples and results are continuously developing. The owner is expected to contribute to this development by sharing new ideas about construction, sampling and laboratory routines within the WDS community. New routines should be documented and shared. This will ensure continued common development within the community and that the WDS's in use will give comparable data and also give possibilities to trace the reasons for any differences.

Document errors

Any errors or unclarities in this document should be reported to:

Mats Gustafsson, +46 13 204326, mats.gustafsson@vti.se

Included components

- 1 sampling unit
- 1 sampling unit stand
- 1 high pressure water pump
- 1 compressor in stand
- 1 control box
- 1 main water container with re-filling pump
- 1 tubing
- 1 extra rubber sealer
- WDSII – software for PC (in English)
- (DMM – direct measurement module, a device for direct measurement of turbidity and conductivity, when ready for delivery)

Not included components

- Power aggregate
- Computer
- Extra water containers
- Sampling bottles

Operation

All devices are recommended to be transported in a van including a sufficient power aggregate.

Before leaving for a campaign

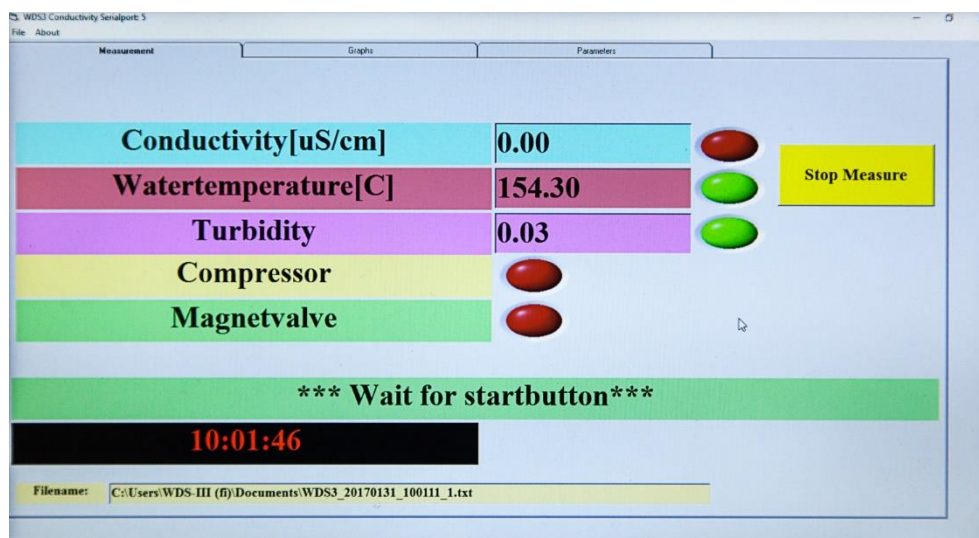
1. Fill up the main and extra water containers with de-ionized water (tap water can be used if dissolved ions are not of interest, but make sure to flush the system after using tap water).
2. Prepare and bring the amount of sampling bottles needed.
3. Connect all devices and choose, using the software, a desired sampling time and timing of sample moving to bottle.
4. While directing sampling unit outside sampling area, make sure water reaches the sampling unit by starting sampling procedures pressing the sample button until the water flushing is direct, constant and not disturbed by air in the tubings. If not used for long time, this may take a while.

Software

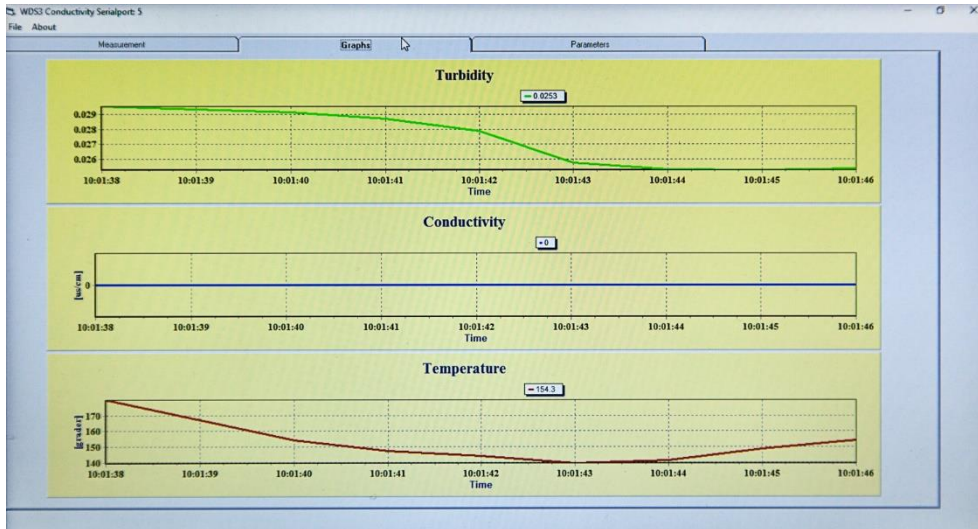
The software is needed to run the WDS III. It controls the stop time for the high pressure water pump, the start and stop times for the compressor and the total sampling time. When connected, it will also store the data from the DMM (direct measurement module).

There are three tabs in the software window:

Measurement – here you start and stop the measurement and saves the measurement file. The display shows conductivity, water temperature and turbidity (only relevant for DMM usage). The oval signs are green when components are active (compressor and magnetic valve) and when data is stored and red otherwise. The screen also gives current time and place on computer for measurement file. The green ribbon “Wait for startbutton” indicates that the WDS is ready for a sample.



Graphs – this tab is relevant only for use with DMM and shows the turbidity, conductivity and temperature during the latest measurement.



Parameters – in this tab you set the time constants for the measurement procedure. The parameters are:

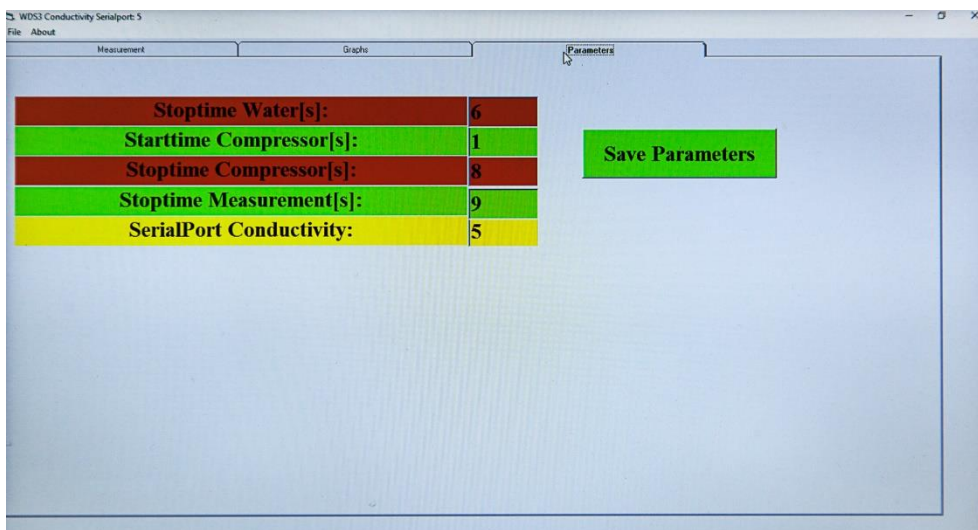
Stoptime Water (s) – when you press the start button on the WDS the high pressure water pump starts directly. This parameter decides after how many seconds it will stop cleaning.

Starttime Compressor (s) – decides after how many seconds after the start button is pressed the compressor will start pushing the sample to the sample bottle.

Stoptime compressor (s) – decides after how many seconds after the start button is pressed the compressor will stop.

Stoptime Measurement (s) – decides after how many seconds after the start button is pressed the data sampling will stop.

SerialPort Conductivity – number if serial port used for the conductivity meter (only relevant when using DMM).



During campaign

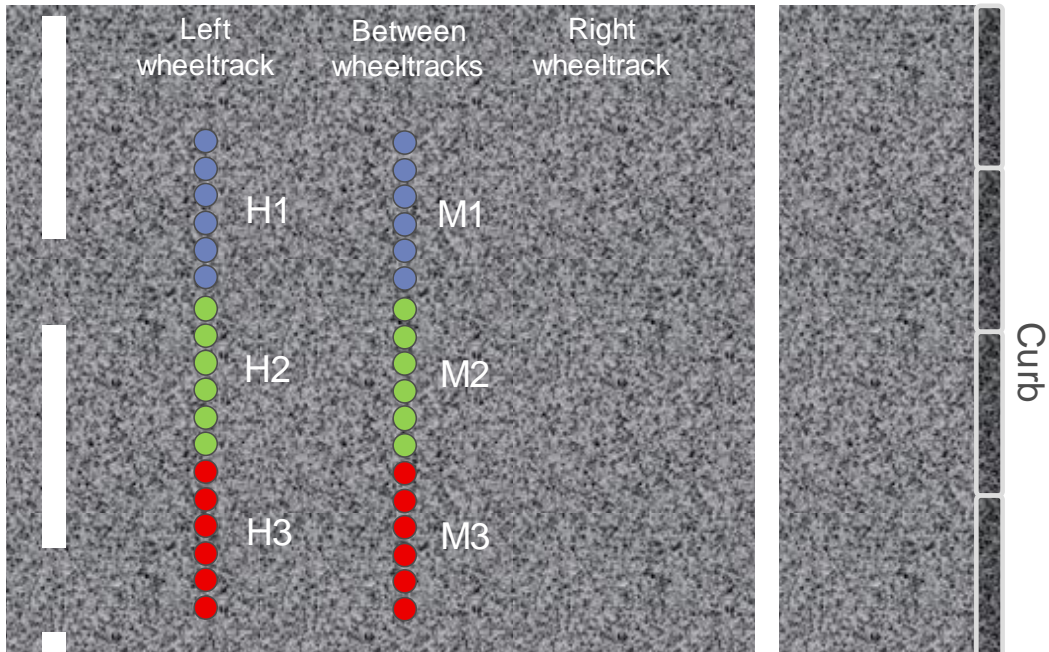
1. Inspect the sampling surfaces state. Cracks or too large loss of surface stones might result in leakage when sampling and a less reliable result.
2. Decide a logical marking system of sampling bottles.
3. Park the van in front of the sampling surface and lift out the sampling unit.
4. Place the re-filling pump in an extra water container.
5. Make sure the control box is ON.
6. Depending on the degree of detail needed, samples can be stored in smaller (0.5 l) bottles or aggregated into larger bottles (2.5 l). Choose sampling bottle size for the purpose and adjust the height of the bottle holder.
7. The range of sampling behind the van depends on the amount of tubing used (the prototype uses approximately 10 m).
8. Start the software on the computer. Press “Start measure”, chose name and location to save the file. If the name is not changed by the user, the file will be named with date and time automatically. **N.B.:** the WDS will **NOT** work properly if this step is omitted (WDS will start washing but not stop resulting in water losses).
9. Each sample is taken by:
 - a. putting a sample bottle in the bottle stand
 - b. placing the sampling unit above the surface to be sampled
 - c. placing both feet on the bottom plate to seal the sampling surface and then push the button on the handle.
10. The sampling procedure is then started and when the compressor has pushed the sample to the sampling bottle, the bottle is marked and exchanged (or, if aggregated samples are desired, left for the next sample) and the sampling unit moved to the next position.

Sampling procedures

The sampling procedure is, of course, up to the user to decide and will depend on the situation and surface sampled. In current and historic data VTI uses mainly two sampling procedures; high volume samples in and between wheel tracks and low volume samples in dense transects across streets and roads.

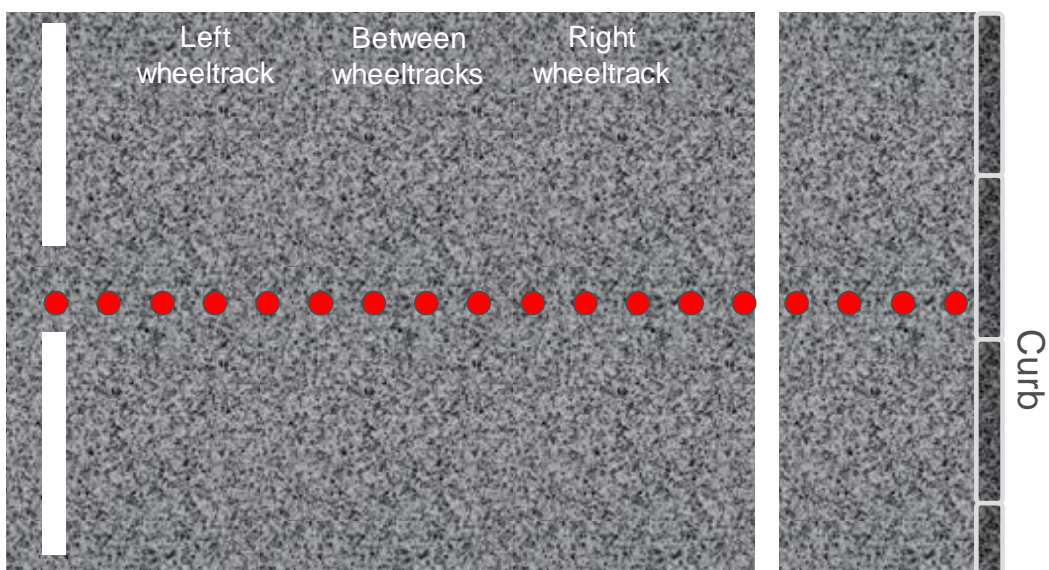
High volume sampling in and between wheel tracks

This type of sampling uses 2.5 l bottles and gives better statistics and more dust and filtrate for analyses in each sample. VTI uses left wheel track, since this is normally the best defined. The distance between each sample is not fixed, but usually is about 20 cm. These samples are filtered and analyzed according to the full laboratory method described below.



Low volume sampling in transect

This type of sampling uses 0.250 l bottles and has the advantage of giving information about variation across street. No statistics on variation at each distance and small amounts of dust are cons. The distance between samples are fixed and usually 20 cm. These samples are normally only analyzed by turbidity, but should be related to DL180 calculated from filtered high volume samples taken on the same surface. Sampling on white lines normally results in low values and can be used as markers in the transect.



After campaign

1. Place sampling bottles in a cool place to avoid any growth before analyses.
2. Refill the de-ionized water.
3. Analyse the samples.

Sample analyses

The WDS III samples can be analysed in several ways. Described here are the standard techniques used at VTI.

Laboratory equipment needed for WDS III analysis:

- Commercial turbidity and conductivity meters, e.g. Hanna Instruments art.nr: HI 88713 and HI 2030-02
- Deionized water
- Balance, sensitivity 0.1g (for weighing the sample)
- Pipette or syringe (10ml) for withdrawals of sample for turbidity meter
- Crucibles with lids, such as VWR art.nr: 459-0211 with lid 459-0219
- Büchner funnel with a 130 mm diameter (adapted for filter paper with diameter 125mm). VTI have four parallel sets of funnels for the filtering to be faster (see picture).
- Vacuum filtering flasks, Büchner, with glass hose connection, volume: 2000ml, one for each Buchner funnel, e.g. VWR art.nr: 519-4140
- Rubber gasket to E-piston orifice
- Hoses in rubber
- Filter Paper VWR Munktell 00H quantitative filter paper 00H, diameter 125mm, art.nr: 512-6005
- Desiccator for drying the filter paper, crucibles and burnt samples
- Heating cabinet for drying bottles and filter paper
- Petri dishes with lids for storage of filter paper. Numbered.
- Analytical balance, sensitivity 0,0001g, the weighing filter paper and burnt samples
- Slush Cup / bucket
- Funnel, e.g. VWR art.nr: 221-0180, to facilitate the movement of sample water
- 180 µm mesh (if desired also a 2 mm mesh to make the size distributions also of larger particles)
- Incinerator (550 degrees Celcius)
- Tray that can handle the heat in the incinerator
- Bucket or beaker (≈5 liters) of similar diameter to the sieve to facilitate transfer of the sample. NOTE! preferably with smooth inside to avoid particles from sticking
- Tweezers, for moving the filter paper
- Disposable gloves
- 200 ml bottles with lid, for size distribution or chemical analysis samples

Filtration and burning of WDS-samples

Notice: When preparation and/or handling filter papers and crucibles, always use gloves. Crucibles should be moved with a pincer all the time.

Calculation sheet

The Excel sheet "*WDSIII_calculation sheet*" includes columns for all weighed and measured values during the analyses as well as the calculations and formulas needed to calculate the DL180 value, the weight of sand and grit, the actual sample weight as well as the organic/inorganic part of a sample. Short descriptions of the calculations can be found under each column in the data sheet. "*Samples-date*" are for ordinary samples and "*Samples-date, ANALYSIS*" are for those samples where more analyses are needed such as size distribution and ion-analyses. If turbidity is measured, it is recommended to plot the measured turbidity value against the calculated DL180 value to find out the correlation, which may vary depending on sample characteristics.

Preparations:

- Before the analyses: Give the crucibles an identification number on the bottom (use a permanent marker or a crayon).
- Rinse the crucibles with deionized water, place them on a tray and put them in the heater. Let them dry at 60°C for a couple of hours.
- Put the crucibles in the desiccator for at least one hour before the weighing.
- Use an analytical balance for the weighing. Weigh the crucibles without lid. Note the ID-number and the current weight in the Excel-sheet.
- Before the first analyses: Give the petri dishes an identification number on the side of the cover. Use a permanent marker. The petri dishes are reusable. If necessary, rinse them with deionized water and let them dry in room temperature.
- Put a bunch of filter papers (125mm) in a petri dish with cover and place in the heater overnight (approximately 40-50°C).
- To make sure that the filter papers are dry before the filtration: Take the cover off and put the petri dish with filters in the desiccator for a couple of hours.
- Use a pincer to move one of the filter papers to the analytical balance, when the scale is stable, note the weight and place the filter in one of the labelled petri dishes. Remember to note the ID-number of the petri dish in the Excel-sheet as well as the weight of the filter paper.

Weigh-in of the WDS-samples and measurements of turbidity and conductivity

- Unscrew the cap and weigh the flask with the sample in it. Note the weight in the Excel-sheet
- Further analyses will be made on some of the samples. For those samples going to the particle size analyser (laser granulometer): Label 200ml-flasks with sample name, date and a G
- Weigh-in the flasks without the cap and note the weight in the Excel-sheet
- Measure the conductivity in all samples with a freshly calibrated conductivity meter. Rinse the probe with deionized water between each sample
- Swirl the sample flask to keep solids in the liquid and get rid of the eventual particle sedimentation. Extract a sample from the centre of the flask with a syringe (app. 10ml). Pour the sample into a cuvette and measure the turbidity with a correctly calibrated turbidity meter. After the measurement, pour the sample back to the sample flask. Rinse the syringe and the cuvette with deionized water between each sample.

Sieving the samples (day 1)

- If a size distribution with coarser fractions than 180 µm is requested, the sample is sieved through the desired sieve, a sub-sample of a known volume of the well-stirred sample is taken out and analysed.
- Before the filtration starts all the samples should be sieved through a calibrated 180µm sieve. This step is necessary so sand and grit won't affect the particle mass. N.B.: this step is valuable for back-comparability with previous WDS I and WDS III data and the 180 µm limit is also similar to the upper limit for road dust used in the NORTRIP emission model (200 µm). Other upper size limits can be chosen if desired.
- Use a bucket or a large beaker (at least 3l). Place it on the scale and tare (the bucket shall have the approximate diameter as the sieve to avoid spillage)
- Put the bucket on the floor with the sieve on top
- Shake the sample flask properly so all the sediment solves in the water and pour the sample through the sieve
- Weigh the bucket with the sample and note the weight.

- A funnel helps you to pour the sample back in the sample flask again. Rinse the walls of the bucket with deionized water to avoid loss of particles. Pour even this water into the sample flask
- Rinse both bucket and funnel with deionized water between samples
- For those samples going to the laser granulometer: After the sieving, pour approximate 200ml of water in the labelled 200ml-flasks. Weigh the flasks without the cap and note the weight. Shake the flask gentle and pour the rest of the sample back in the sample flask.
- Store the laser granulometer samples in a fridge until the analysis
- Rinse the sieve between samples and discard the eventual sand and grit.
- Do not forget to put the bucket on the scale and tare between each sample

Vacuum-filtration (day 1)

- Connect the filtering flasks to the rubber tubing, set the pressure to 10 and turn the vacuum source on manually (aspirator or the house vacuum).
- Place the büchner funnels firmly in the filtering flasks, make sure there is no leakage.
- Moisten the funnels with deionized water
- Use a pincer to move a pre-weighed filter paper and place it in the funnel. Moisten the paper with deionized water so it won't move.
- Be careful when handling the filters and try to avoid air bubbles, folds and other damages. A damaged filter will start leaking and ruin the filtration. If the filter folds, brakes or if the adjustment wasn't satisfactory, always change to a new filter, filter the filtrate again and remaining sample water and use both filters in the subsequent analysis
- Swirl the sample flasks to keep the solids suspended in the flask and pour the sample gently so the pouring does not physically displace the filter paper
- Start filtration of sample
- If sample is taken out for ion-analyses: when enough filtrate is available, pour approximately 200ml of the filtrate in a labelled flask. Before filtrate sample is taken out, do NOT rinse funnel with additional water. This will dilute the filtrate.
- If there are particles and solids left in the flask, rinse it with deionized water and pour it in the same büchner funnel as the rest of the sample
- If there are a very high amount of particles in the samples the filter papers might become saturated. A second filtration is necessary. Pour the filtrate back into the sample flask, place a new filter in the funnel (do not forget to add the second filter weight in Excel) and repeat the filtration procedure
- When the filtration is complete, carefully take the filter away with a pincer (use gloves) and put it back into the same petri dish as before. Place the petri dishes with cover on in the heater overnight.
- Particles might be stuck on the walls of the funnel. Use the pincer and a small piece of the filter paper to wipe the walls and collect the particles
- Rinse the funnel and the filtering flask with deionized water between each sample
- The remaining filtrate can be poured out in the sink
- The empty sample flasks (2,5l) are placed in the heater at 60°C until they have dried (at least one hour). Weigh them without the cap, note the weight and recycle them as plastic waste

Burning (day 2)

- When the filter papers have dried, take them out of the heater and let them cool down to room temperature. Reweigh the filters on the analytical balance (without the petri dish). Make sure that no particles are left in the petri dish

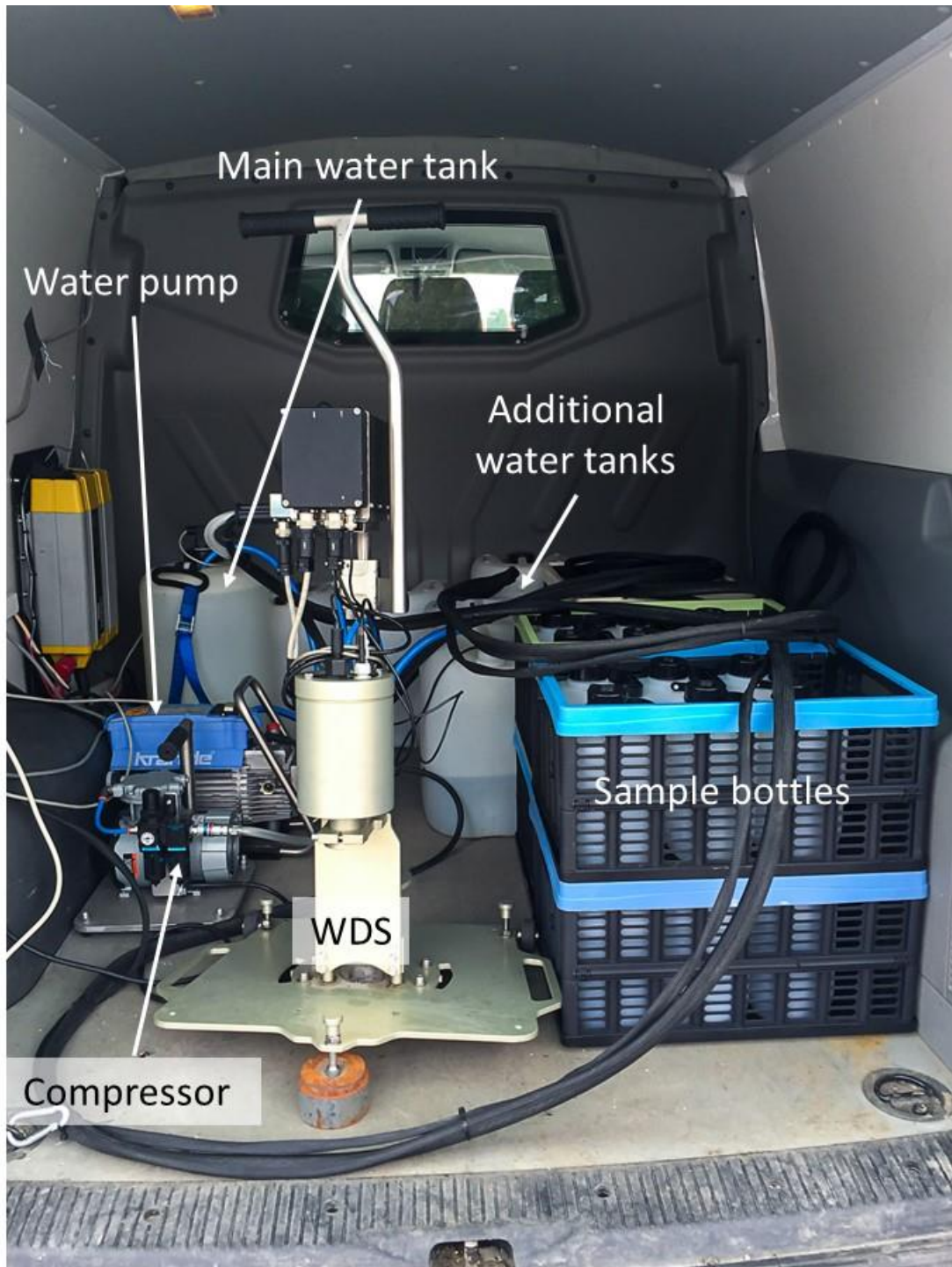
- Connect a pre weighed crucible with every filter (note the ID-numbers, the weight of the crucible and the filter in Excel)
- Fold the filter paper twice so it fits in the crucible, put the lid on
- Place the crucibles in the oven (on a heat-resistant tray) and burn the samples at 550°C for at least 6 hours (or overnight)

Weigh-in (day 3)

- Turn off the oven, open the oven door and pull out the tray as far as possible. Let the crucibles cool down for a couple of hours
- Move the crucibles to a desiccator (take the lid of) and let them cool down to room temperature
- Weigh in the crucibles on the analytical balance, note and do the calculations in the Excel-sheet
- Rinse the crucibles with deionized water (the remaining sample can be poured out in the sink or in the trash), place the crucibles to dry in the heater and store them in the desiccator until the next usage.

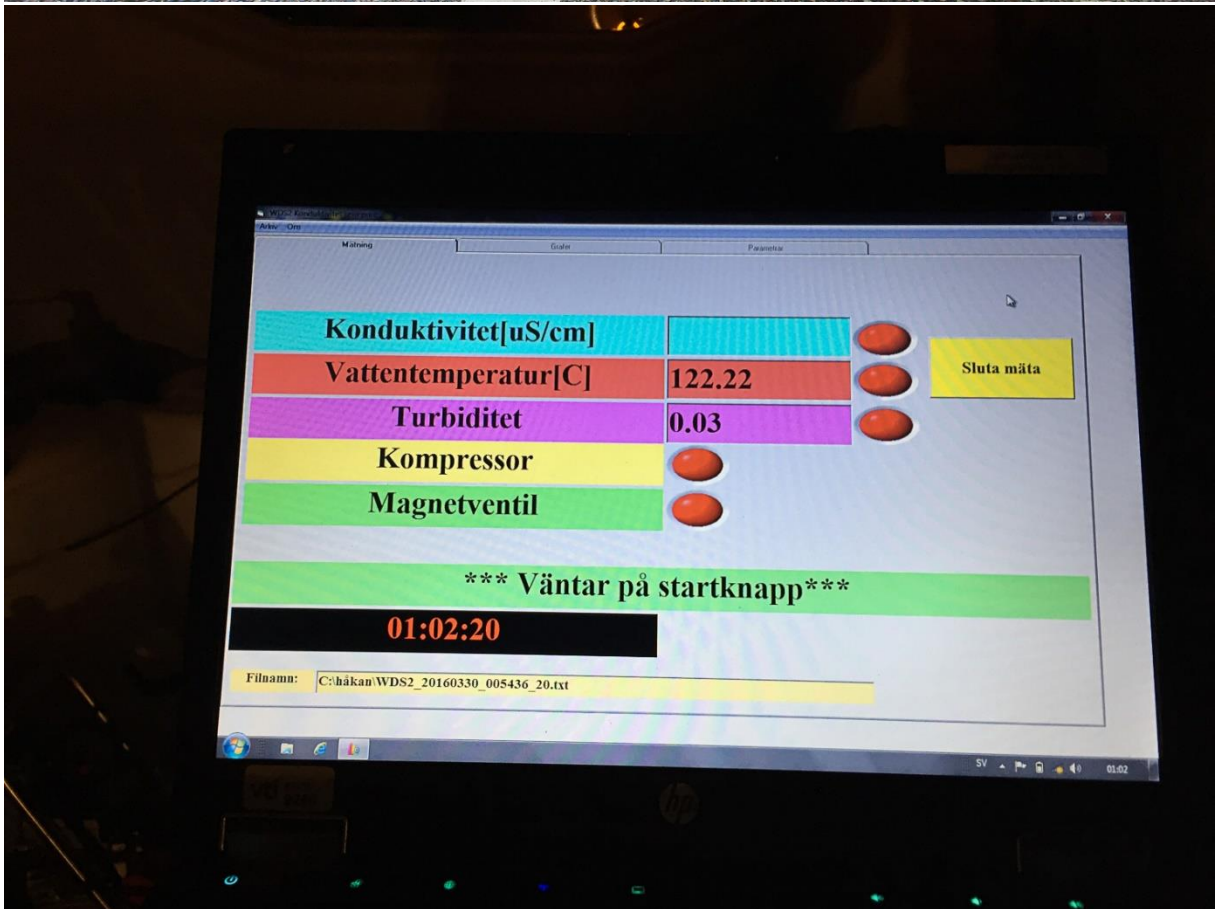
Photos

WDS III in car prepared for sampling



Sampling in field





Sample analyses



Cases for sample bottles



Sample bottles



Weighing sample bottles



Sieving samples





Buchner funnel with Munktell 00H filter for filtering samples



Filtering samples



Filtering samples





Road dust sample caught in filter



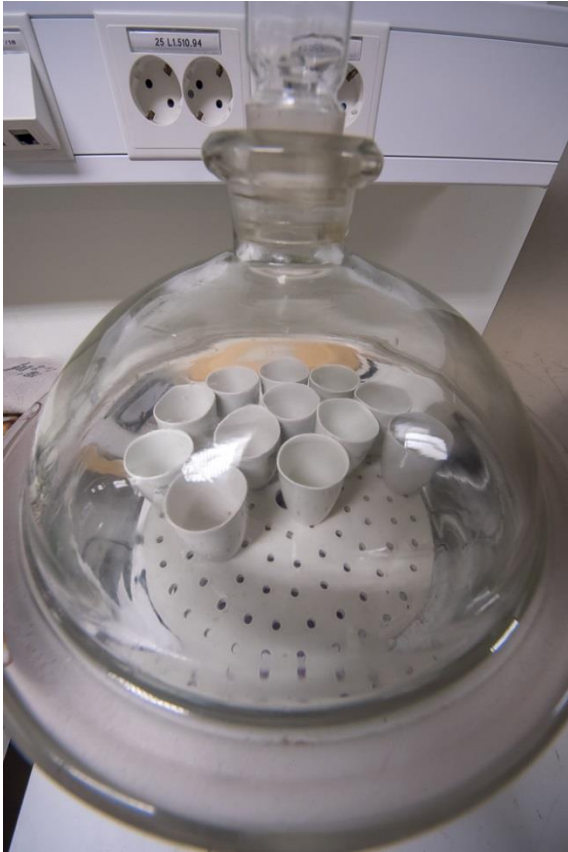
Removing filter from funnel.



Picking up residual dust from funnel



Drying of filters before weighing



Pots for filter burning





Filters prepared in pots for burning



Burnt filters with residual non-organic material



Samples for size distribution analysis



Malvern Master sizer for particle size distribution analysis

Contact

Researchers

Mats Gustafsson, +46 13 204326, mats.gustafsson@vti.se

Göran Blomqvist, +46 13 204171, goran.blomqvist@vti.se

Research assistants

Ida Järskog, +46 13 204326, ida.jarlskog@vti.se

Joacim Lundberg, +46 13 204022, joacim.lundberg@vti.se

Technical support

Mechanical function: Arne Johansson, +46 70 943 04 03, arne.johansson@vti.se

Electricity, controls and software: Håkan Wilhelmsson, +46 13 204360, hakan.wilhelmsson@vti.se

Laboratory: Ida Järskog, +46 13 204326, ida.jarlskog@vti.se

Bilaga 3

Fokusgrupp med maskinförare

Sandupptagning och annan rengöring

Tiden för påbörjad sandupptagning varierar men ska vara klart första maj.

Annan rengöring kopplat till partiklar diskuteras nästan inte alls. I vinter då det inte varit så mycket vinter har vi inte haft så mycket vinterväghållning och därför har det också lagts ovanligt lite sand i år. Å andra sidan försvinner mycket av sanden vid snöröjningen, vilket vi haft lite av i vinter. Då har det inte heller sopats så mycket heller och mycket sand blir kvar i vägmiljön

Generellt tycker förarna att det läggs ut för mycket sand, att man är överambitiös i sandningen. Har man inget annat att göra åker man runt att sandar lite här och var – för säkerhets skull. Det finns en rädsla för att någon ska halka och då är det lätt hänt att man sandar för ofta, om man har tid till det. På gator där man sandar försvinner sanden på en gång, bara efter några bilpassager, där kan man egentligen sanda hur många gånger som helst.

I år började vi sandsopningen ovanligt tidigt. Sedan slutade vi med CMA då motorcyklarna börjar komma fram. Det blev sedan ett uppehåll på ungefär en månad innan vi började göra ordinarie spolningsåtgärder. Eftersom man inte längre spolat tillräckligt i samband med sandupptagningen finns det massa damm och smuts kvar efter dem som sedan legat och dammat i en månad innan vi började med den ordinarie spolningen. Ni borde kunna se på partikelhalterna att det blev höga i april månad?

Borstarna river upp en massa damm – det borde ge väldiga utslag i partikelhalterna under de dagar då vi gör spolningsåtgärder.

Tidigare spolade vi alltid i samband med sandsopning, men det gör vi inte längre. Förut hade vi som ett helt ”sandsopningståg”: Först körde en ”senior” – en lastbil med band, därefter en traktor med en ”Vasa”, och till slut en dammsug. Numera kör vi bara en traktor med en ”Vasa” bakom. Tidigare vattnade man också alltid ett tag innan så att fukten hann sugas upp, men det görs inte så mycket nu längre. Vi har dock alltid vatten som sprutar ut på penslarna/borstarna i samband med sopningen, men det är inte tillräckligt.

Det är en resurs- och kostnadsfråga. Det blir nog skärpning nu när de nya reglerna kommer från arbetsmiljöverket gällande kiseldamm/kvartsdamm. Jag som har astma känner ju själv när jag kör maskinen att det är besvärligt det där dammet.

Man blir lite bedrövad när man ser hur smutsigt och skräpigt det är, särskilt längs kanterna. Där kommer vi inte åt med CMA på grund av parkerade fordon. Det är en fruktansvärd massa sand – det kommer ner på gatan från trottoarerna och hamnar då under bilarna och krossas och dammar. Det ligger hur mycket sand som helst och där kommer vi och lägger ut CMA för att minska partiklarna – det känns lite galet. Gör det någon nytta egentligen i det stora hela?

Dammbindning med CMA

Vanligtvis lägger vi ut CMA på veckorna och spolat på helgerna.

Idag har vi fasta tider för CMA: måndag, onsdag, fredag. Det går ju egentligen inte att ha fasta tider utan det borde vara en koppling till vädret istället. Idag är det egentligen endast vinterväghållningen som utgår ifrån väderprognoser, men det skulle man även göra vid andra åtgärder – till exempel dammbindning med CMA och spolning. Har det regnat behövs inte dessa åtgärder lika ofta. Är det däremot mycket torrt skulle vi kanske behöva göra åtgärder ännu oftare.

Varför inte lägga CMA på veckonattsstädgatorna – så att man täcker in hela stan. Då skulle vi kanske inte heller behöva någon spolning, för så mycket damm hinner det då inte bli mellan åtgärderna – det regnar säkert någon gång däremellan.

Det går att få det mycket effektivare. Det handlar lite om hur upphandlingen ser ut. Vi skulle ju kunna vara mer flexibla för vi har personal dygnet runt. Lika väl som vi sitter här och inte har tillräckligt att göra, skulle vi kunna vara ute oftare. Svevia jobbar lite annorlunda – de har mer underentreprenörer.

Spolning, sandsopning och liknande ”ordinarie åtgärder” är kontraktstyst – ligger på 7-årskontrakt. Specialåtgärder som CMA och dammbindning går utanför och upphandlas separat och där har vi ingen framförhållning – vi vet inte hur beställaren tänker. Vi har inte fått besked om hur det blir nu till hösten ens. Kanske står man där då och har inget att göra. Svårt att planera och investera i mer anpassade och bättre utrustningar under sådana förutsättningar.

Den extrautläggning dagtid som beordrades i våras blev problematisk. Att lägga ut CMA med tallrik i mycket trafik med bilar nära och Stannar jag vid en korsning stannar inte tallriksspridaren förrän efter ett tag och då blir det som en pöl med CMA precis i korsningen och det är ju där bilarna ska bromsa så då är det olyckligt att det blir halt just där. Då får man ha lite framförhållning och stänga av spridaren ett tag innan korsningen.

Parkerade bilar gör att vi inte kommer åt vid kanterna där det är som mest skräp. Parkeringsförbud under städdagar gäller kl. 00-06. Det är väldigt många som går ut och flyttar bilen precis fem i tolv, vi kan alltså inte komma för tidigt. Det är ofta många bilar kvar ändå och då kan ju inte vi göra ett bra jobb. Det är förvånansvärt många som verkar ha råd att betala parkeringsböter.

Dagtid är det till och med dubbelparkerade bilar för då är det alla varutransporterna också, som inte förekommer nattetid. Att göra åtgärder dagtid är i princip omöjligt – vi kommer inte fram för all trafik. Då blir det också ojämn spridning och resultaten blir inte bra. Mycket CMA fläckvis, som kan bli rejält halt, särskilt när det börjar torka in. Blir som salva. Bilar och motorcyklar anpassar inte hastigheten till väglaget utan kör som om det är sommarväglag. Fordon ligger mycket nära spridarbilen på dagen och får CMA på sig, trots varningsskylt bakpå fordonet.

Sedan är det alla uteserveringar som det bara blir fler och fler av. Det är svårt att komma åt där och dessutom är där mycket folk som röker och slänger fimpar. Det är förstås trevligt med uteserveringar men det försvårar vårt arbete.

Taxibilar ställer också till problem eftersom det är så många och de står överallt – det är en överetablering i stan. De står parkerade i dubbla rader lite varstans, trots stoppförbud. Det blir ju inga påföljder så då är det inte så konstigt att de inte bryr sig. Det försvårar ju vårt arbete.

Sopsaltning

Förare B har kört främst på gångbanor i centrum med en liten Multihog med plog och spridning av saltlösning med dysor. Han tycker att maskinen i stort sett har fungerat bra. Så fort jag stannar vid rödljus stannar även saltspridningen från rampen, vilket är bra eftersom man inte vill stå och spruta saltlösning i onödan – särskilt när det kommer en massa folk.

Det som inte fungerat är att saltet inte har bitit i vinter. Saltlösningen tycks inte ha orkat med att få det halkfritt vid låga frysgrader. Stockholms stad stoppade helt all saltning på gångbanor ett tag. Vi fick ingen information om varför och hur länge det skulle vara uppehåll. Förare B skulle vilja ha en maskin där det gick att blanda exempelvis kalciumklorid med natriumkloriden för att kunna få en effekt vid lägre temperaturer – antingen en färdig blandning eller två separata tankar så att man kan lägga CaCl₂ när det behövs exempelvis på broar. Borde vara karterat (koordinatsatt) var problemytor finns, till exempel höga partier, broar etc, så att man kan göra särskilda insatser på dessa ytor, till exempel blanda in CaCl. Finns behov av statistik över var driftproblem uppstår.

Det skulle inte fungera med CMA – det blir för kladdigt på trottoarerna. Dessutom skulle det antagligen sätta igen dysorna. CMA fungerar inte ihop med de maskiner vi har idag för sopsaltning. På bilvägarna lägger vi CMA med tallrik. Det borde nog gå att få till specialtillverkade dysor som passar för ändamålet. Vi har tidigare spridit CMA med dysor, med en annan mer avancerad utrustning.

I VTI:s intervjuer med sopsaltförarna tidigare i vår framkom att de misstänkt att det i vinter varit något fel på saltlösningen. Det tror inte Förare A stämmer eftersom blandningen görs automatiskt och då borde det inte kunna bli något fel på laken. Det kan nog ha berott på temperaturförhållandena denna vinter. Exempelvis att det varit ovanligt kallt i backen.

Även om Förare B tycker att maskinen fungerat bra, påpekar han att det inte är idealt att köra saltlösning i kombination med plog. Den vanliga borstvalsen är för stor. Med plogen blir det en liten snörest kvar som packas till av plogen och när man sedan lägger saltlösning på det så riskerar man att skapa en iskaka. Det blev ett mycket bättre resultat när vi senare under vintern gick över till att köra med penslar av stål (samma som vid rengöring) och borsta bort snön istället för att ploga. En särskild rigg med borstar har byggts och testats för ändamålet och fungerar bra.

Dysorna är inte heller helt optimala – det är fel tryck i dem i förhållande till deras storlek. Vi har varit tvungna att lägga med ett ganska stort tryck för att begjuta gångbanorna med tillräckligt med salt, men då virvlade ju typ 30 procent av lösningen iväg i samband med läggningen. En ny variant på dysa visas där laken sprids bakåt, som borde funka bättre. Har inte testats än dock.

Det är inte ”Rocket Science” direkt, med rätt typ av utrustning och folk skulle det gå att få till väsentliga förbättringar. Problemet är att det inte investeras tillräckligt. Vi har alltför gammal utrustning. Frågan är vem som ska stå för kostnaderna för utveckling och investering?

(Ungefär 2 procent saltinblandning i sanden, tror Förare A).

Utvärdering av resultat

Utförarna gör egentligen inte själva någon typ av utvärdering av resultatet av sina åtgärder. Man åker runt i bilar och kollar hur det ser ut bara. Det görs dock inga rapporter som delges förarna. Den enda återkoppling de får, är de rapporter som blir om allmänheten gjort en anmälan.

”Det vore intressant att se om det är någon skillnad i anmälningar på de sträckor där vi gjort sopsaltning. Vi fick en positiv reaktion när vi var ute – de gillar att vi gör åtgärder kontinuerligt. Vi har inte hört några klagomål på cyklar som rostar eller så.”

Utveckling av utrustning

Förare B önskar att det fanns ett fordon med större flexibilitet, som har flera olika borstar som gör att det är lättare att komma åt och där man kan välja mellan olika typer av salt – ett fordon som är bättre anpassat för driftåtgärder i stadsmiljö helt enkelt som gör det lättare att ta sig fram. Det borde inte alls vara så svårt att få fram ett mer optimalt fordon!

Förare A flikar in att det borde vara relativt enkelt att göra ett tillägg med en extra dysa eller tallrik som skulle göra det möjligt att spraya åt sidan och komma åt närmare kanten vid CMA-spridning. Man skulle kunna tänka sig att en helt annan utformning av tallrikar vore bättre lämpad än dagens utformning. Inom jordbruket tycks utrustningen vara mycket bättre anpassad för ändamålet. Det kan bero på att marknaden är större, globalt sett. Vinterväghållning efterfrågas i stort sett bara här i Norden.

Spolning

Mats undrar hur det går till rent praktiskt, om det bara är ett flöde som ur en vattenslang? Nej, Förare A säger att det är ganska högt tryck vid spolningen så att man verkligen spolnar loss den smuts som sitter fast i vägytan – det är som en vattenkanon. Det går att rikta spolningen rakt nedåt i backen eller vinkla som man vill. De brukar rikta strålarna snett framåt.

Rengöring - ordinarie kontrakt

Vad är målsättningen/kraven vid rengöring? Vilket slutresultat ska ni uppnå?

Egentligen är enda målet att inte få in klagomål från allmänheten.

I år har det varit mycket problem med pollen och fröer, eftersom det har varit så torrt under en så lång period och inget har regnat bort. Det är mycket svårt att få bort eftersom det är så finkornigt att det bara går rakt igenom fordonet. Det finns inget filter egentligen utan bara ett järngaller som fångar upp det mest grovkorniga. Sedan finns det förstås även vatten i turbinerna som ska fånga upp dammet, men allt fastnar inte där.

Hur hanteras det uppsamlade skräpet/dammet?

Ibland har materialet tvättats och återanvänt. Tidigare har vi återanvänt en del grus, men det använda gruset blir rundare och rundare och sätter igen spridare och ger inte heller någon halkbekämpande effekt till slut. Det är lite olika beroende på varifrån det uppsamlade gruset kommer. Från innerstan är det mycket finkornigt då gruset krossats av biltrafiken (även skitigare). Från ytterstaden där ser gruset i princip oanvänt ut – det skulle ju gå bra att använda igen. Sand som följer med i snöröjningen tippas ihop med snön i Mälaren. Det ”rena” gruset kan vi lämna för fyllnadsmassor. Annars när det är mycket skräp går det till deponi, men det är bara en tipp som tar emot det – ingen annan vill ha det. Det är olika rutiner varje år. Inför säsongen är det ingen av oss som vet vart det ska och om det ska återvinnas eller inte. Tror att det är Stockholms stad som avgör det där och står för kostnaderna men det är entreprenörens jobb att hantera det.

Olika tippar räknar på olika sätt: På ett ställe räknades det uppsopade materialet som bygg- och industriavfall, vilket skulle kosta = 1000 kr/ton – fatta vilka kostnader! På en annan deponi räknas det istället som fyllnadsmassor och kostar istället 70 kr/ton.

Under sandupptagning och rengöring samlas skräpet upp i slutna kärl. Kärlen töms sedan ur på en plan någonstans – sammanfaller ofta med de platser där vintersanden förvaras och lastas under vintern (planlager). Skräpet lastas sedan upp på en lastbil som ska köra det vidare till tippen. I regel är det alltför små maskiner som används för det arbetet, så de når inte upp till flaket utan då får man ställa ner flaket så maskinerna kan köra in i det och lasta av skräpet. Det är en omständlig hantering och det är många led innan det når slutdestinationen/deponin – det blir mycket transporter! Material transporteras genom staden på öppna flak. Låga krav på fordonen (EURO 5) medför att många gamla fordon används.

Tidigare var det lite hårdare krav på till exempel det vi slamsugit från brunnarna. Då tog vi hela tiden prover, nu gör vi aldrig det. Det var väl att man tänkte att det innehöll en massa tungmetaller och så. Nu har man väl kommit fram till att det inte var så farligt trots allt, så nu tas inga prover längre utan vi kör bara iväg det.

Vinterväghållning

Vilken betydelse tror ni att vinterväghållningen har för partikelgenereringen?

Det viktigaste för att minska partiklarna i stan är nog att vi använder mindre sand.

Material, metodik och strategier för kombinerad halkbekämpning och dammbindning?

I innerstan plogar vi ingenting på gatorna, där saltar vi bara. Det är för att det finns ingenstans att lägga snön, det är för trångt helt enkelt. Vi saltar alltså bort snön. Skulle det komma ett rejält snöfall så skulle vi väl ploga, men då får man köra bort snön direkt. Vi behöver vara ute i förväg och lägga salt i botten. Ofta blir vi utringda för sent. Folk litat för mycket på siffror och diagram istället för att gå ut i verkligheten och titta. Det kan vara stora skillnader lokalt och då hjälper inte prognoserna. Inga

lastbilar med plogar används längre utan bara lastmaskiner, för att komma åt bättre. Skulle kunna fungera att bara använda saltlake i innerstaden för halkbekämpning. Mycket salt kan dock ge damm då det torkar.

”Dubbdäck behövs för att bearbeta och rugga upp packad snö och is”.

Kunskap/informationsbehov

Vilken typ av utbildning och/eller information saknar ni som ni tror skulle vara viktig för er i det här avseendet?

Det är ju kul att prata med er. Trafikkontoret och våra chefer vet ju inte så mycket kring det praktiska som vi. Vi berättar om våra erfarenheter, men det tas sällan hänsyn till detta.

Övrigt

Vad baseras valet av åtgärder, teknik, metoder och metodik på idag – är det forskningsresultat eller något annat?

Vi har riktlinjer om till exempel vilka doser vi ska lägga men egentligen inte krav på resultaten. Det finns egentligen inga funktionskrav – vilket resultat vi ska uppnå – utan kraven är mer av typen ”ni ska lägga 10 gram per kvadratmeter”. Ibland kan det vara så att om vi gör som vi blivit tillsagda då får vi inte ett bra slutresultat. Vi måste titta på hur det ser ut/vilket resultat det blir och anpassa åtgärderna efter rådande förhållanden utifrån vår egen kunskap och erfarenhet.

Finns det tid och möjlighet till omvärldsbevakning och erfarenhetsutbyte?

Det finns inga kurser eller utbildningar i det här området. Man läser om nyheter inom branschen i tidningar bl.a. Är man ny eller ovan vid att köra en viss maskin då får man titta på den som är mer erfarenhet – köra samma inställningar och på samma sätt som den som vanligtvis kör maskinen. Tyvärr fungerar inte kunskapsöverföringen tillfredsställande – det blir ett glapp när någon går i pension. Inte heller funkar kunskapsöverföringen till underentreprenörer.

En del underentreprenörer jobbar både åt oss på PEAB och SVEVIA – de två huvudentreprenörerna i Stockholm – och på så sätt sker ett visst kunskapsutbyte. Många känner varandra då de byter arbeten mellan olika entreprenörer och träffar folk när man är ute och kör.

Vilken typ av utvärdering och utveckling gör ni själva inom er verksamhet? Reflekterar ni över vad som fungerar bra respektive dåligt?

Det är väldigt mycket är upp till en själv, att man själv är intresserad. Det är mycket roligare att arbeta om man är engagerad och analyserar resultaten och funderar på hur man ska kunna förbättra.

Vi har GPS i alla fordon, det måste vi ha, men det görs ingen uppföljning. Arbetsgivaren får inte samla in den informationen – får inte för facket – det skulle vara en form av övervakning. Däremot ska vi ha GPS enligt kraven från uppdragsgivaren, för att det ska gå att kontrollera rutter etc. i efterhand om det skulle ha inträffat något. Någon rutinuppföljning med GPS vill vi kanske inte ha, men för specifika projekt som exempelvis det här – för att följa upp åtgärder – ser vi bara positivt på att man skulle använda den informationen.

Undrar vilken information allmänheten får egentligen. Vi har ändå satt skyltar på våra fordon: ”Dammbindning pågår – håll avstånd”. En del info finns nog på stadens hemsida, men få tittar nog där.

Hur skulle ni önska att det var?

Det borde vara mer strukturerat, med insatser efter behov. Man ska välja de åtgärder som är mest lämpliga med bäst teknik efter de väderförhållanden och andra förutsättningar som råder.

Vi skulle kunna ha mycket modernare och miljövänligare utrustning och fordon! En adekvat utrustning är A och O. Det blir bättre, går lättare att göra åtgärder och det är framförallt mycket roligare att arbeta med modernare utrustningar/metoder. De nya arbetsmiljökraven gällande kvartsdamm, kommer säkert att leda till några förändringar. Det måste det göra? Det är bara underentreprenörerna som tycks ha möjlighet att köpa nya fordon och testa ny teknik. Det är väl för att de inte har lika mycket omkostnader.

Om uppsatta krav fanns, kunde entreprenören själv bestämma hur uppgiften bäst ska lösas. Kräver annan typ av kontrakt. Nu är det upp till förarna om uppgiften utförs bra. Ledningen bryr sig inte.

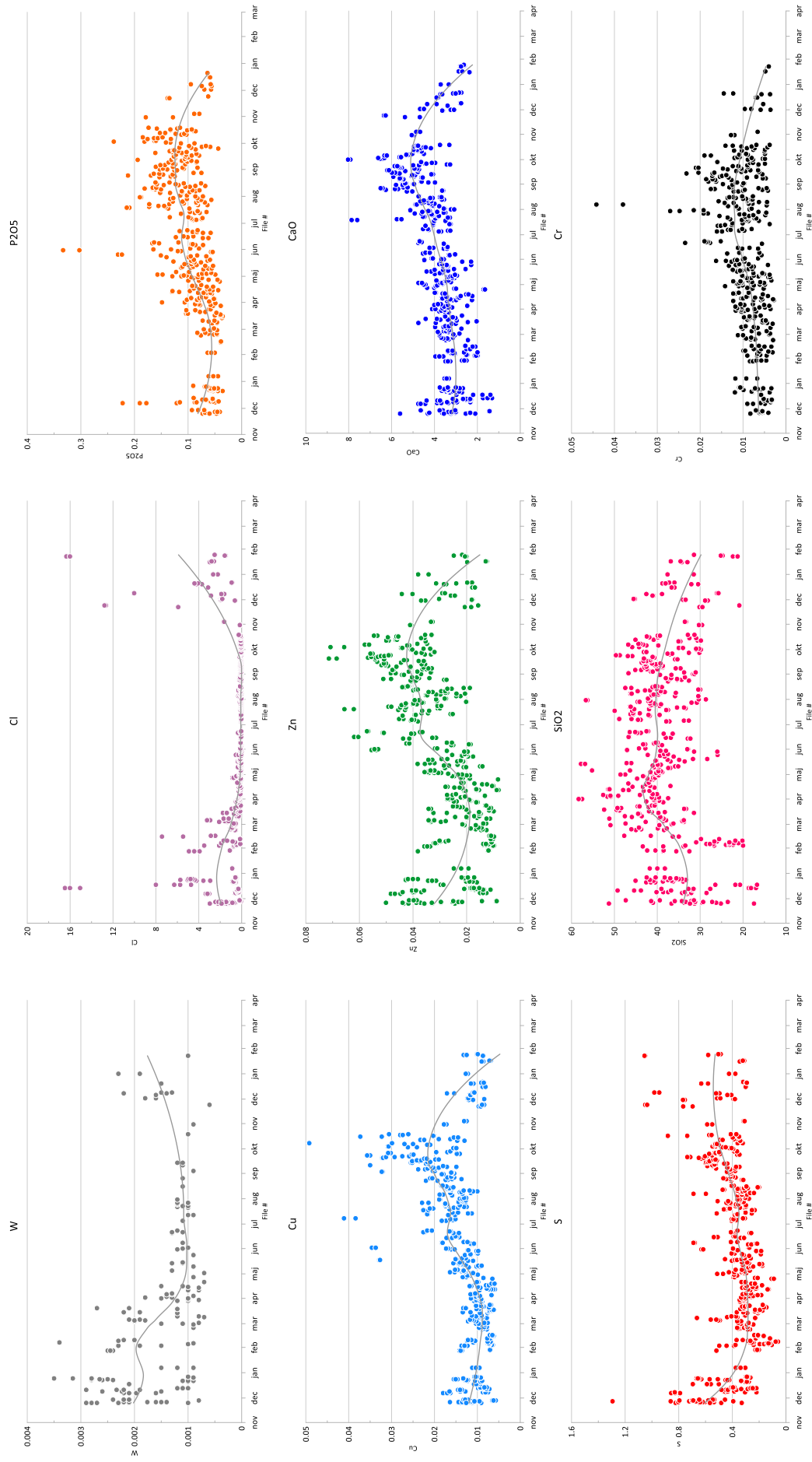
Mats undrar över om det görs några extra insatser vid byggarbeten och vems ansvar det är. Egentligen är det byggföretagens ansvar att städa upp efter sig själva, men det är svårt att säga var gränsen går egentligen. Det kan ju dras med smuts och damm på stora områden/långa sträckor runt arbetsplatsen. Om driftentreprenören ändå kör sina ordinarie åtgärder i området – ändå är där – så blir det ju de som får göra mycket av städningen. Det påverkar helt klart.

Avslutande sammanfattande diskussion

Den främsta möjligheten att genom driftåtgärder minska partikelhalterna kan finnas genom:

- Teknikutveckling – vi behöver bättre utrustning
- Rätt och tillräckligt med åtgärder i rätt tid
- Samordning/organisation
- Strategi

Bilaga 4



Årsvariation i koncentration för några grundämnen och oxider, som provtagits i en vakuumug som städar Stockholms innerstadsgator.

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
Bruksgatan 8
SE-222 36 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

