



Driftåtgärder mot PM_{10} i Stockholm

Utvärdering av vintersäsongen 2017–2018

Mats Gustafsson
Göran Blomqvist
Max Elmgren
Christer Johansson
Ida Järllskog
Joacim Lundberg
Michael Norman
Sanna Silvergren

Driftåtgärder mot PM₁₀ i Stockholm

Utvärdering av vintersäsongen 2017–2018

Mats Gustafsson

Göran Blomqvist

Max Elmgren

Christer Johansson

Ida Järllskog

Joacim Lundberg

Michael Norman

Sanna Silvergren

Författare: Mats Gustafsson, VTI m.fl.

Diarienummer: 2017/0581-7.2

Publikation: VTI rapport 1000

Omslagsbilder: Mats Gustafsson och Göran Blomqvist, VTI

Utgiven av VTI, 2019

Referat

Stockholms stad bedriver sedan 2011 ett arbete med att, genom förbättrade och specifika gatudrifts-åtgärder, minska uppvirvlingen av vägdamm för att minska partikelhalter i luften. Sedan starten har effekterna på såväl dammförråd som luftkvalitet följts upp av VTI och SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. Specifika åtgärder har omfattat främst dammbindning med kalciummagnesiumacetat (CMA) och städning med vakuumsug (Disa-Clean). Innevarande säsong har vakuumsugen dock inte använts. Luftkvalitetsmätningarna visar att miljökvalitetsnormen för PM₁₀ klaras för femte året i Stockholm, men halterna är högre än föregående år. Vägdammsmängderna mätt som DL180 (vägdamm mindre än 180 µm) har generellt ökat vilket varit utvecklingen sedan säsongen 2014–2015. Folkungagatan, som fick en ny beläggning 2016, har fortsatt höga vägdammsmängder, men också lägre PM₁₀-halter än före beläggningsbytet. Utvärderingen av möjligheterna att optimera dammbindningen visar att CMA ofta läggs ut trots att PM₁₀-halterna inte skulle överskridits. Maj var särskilt torr och flera överskridanden kunde då ha förhindrats med CMA, men åtgärden avslutas sista april på grund av risk för halka. Högre precision med till exempel prognosbaserade åtgärder skulle sannolikt vara gynnsamt för optimering av insatserna.

- Titel:** Driftåtgärder mot PM₁₀ i Stockholm. Utvärdering av vintersäsongen 2017–2018
- Författare:** Mats Gustafsson (VTI, <https://orcid.org/0000-0001-6600-3122>)
Göran Blomqvist (VTI, <https://orcid.org/0000-0002-0124-0482>)
Max Elmgren (SLB-analys)
Christer Johansson (ACES Stockholms universitet/SLB-analys, <https://orcid.org/0000-0002-8459-9852>)
Ida Järllskog (VTI, <https://orcid.org/0000-0003-4815-8299>)
Joacim Lundberg (VTI, <https://orcid.org/0000-0002-0138-0768>)
Michael Norman (SLB-analys)
Sanna Silvergren (SLB-analys, <https://orcid.org/0000-0001-6674-8108>)
- Utgivare:** VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut
www.vti.se
- Serie och nr:** VTI rapport 1000
- Utgivningsår:** 2019
- VTI:s diarienummer:** 2017/0581-7.2
- ISSN:** 0347-6030
- Projektnamn:** Uppföljning PM₁₀ 2017/2018
- Uppdragsgivare:** Trafikkontoret, Stockholms stad
- Nyckelord:** PM₁₀, miljökvalitetsnorm, partiklar, luftkvalitet, åtgärder, Stockholm, NORTRIP
- Språk:** Svenska
- Antal sidor:** 65

Abstract

The City of Stockholm has been working since 2011 on reducing, through improved and specific street operations, the suspension of road dust to the air. Since the start, the effects on both dust storage and air quality have been followed up by VTI and SLB-analys. Specific measures have included mainly dust binding with calcium magnesium acetate (CMA) and vacuum cleaning (Disa-Clean). However, the vacuum sweeper has not been used this season. The air quality measurements show that the environmental quality standard for PM₁₀ is met for the fifth year in Stockholm, but the levels are higher than the previous year. Road dust loads measured as DL180 (road dust less than 180 µm) have generally increased, which has been the development since the 2014–2015 season. The Folkungagatan, which had a new pavement in 2016, still has high road dust volumes, but also lower PM₁₀ levels than before the pavement change. The evaluation of the possibilities of optimizing the dust binding shows that CMA is often used even though the PM₁₀ levels were not at risk to be exceeded. May was particularly dry and several PM₁₀ exceedances could then have been prevented with CMA, but the measure ends in April due to risk of low friction. Higher precision with, for example, forecast-based measures would probably be beneficial for optimizing the efforts.

Title:	Operational measures against PM ₁₀ pollution in Stockholm. Evaluation of Winter season 2017–2018
Author:	Mats Gustafsson (VTI, https://orcid.org/0000-0001-6600-3122) Göran Blomqvist (VTI, https://orcid.org/0000-0002-0124-0482) Max Elmgren (SLB-analys) Christer Johansson (ACES Stockholms universitet/SLB-analys, https://orcid.org/0000-0002-8459-9852) Ida Järleskog (VTI, https://orcid.org/0000-0003-4815-8299) Joacim Lundberg (VTI, https://orcid.org/0000-0002-0138-0768) Michael Norman (SLB-analys) Sanna Silvergren (SLB-analys, https://orcid.org/0000-0001-6674-8108)
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 1000
Published:	2019
Reg. No., VTI:	2017/0581-7.2
ISSN:	0347-6030
Project:	Follow-up of PM ₁₀ 2017/2018
Commissioned by:	Traffic office, City of Stockholm
Keywords:	PM ₁₀ , air quality directive, particles, air quality, measures, Stockholm, NORTRIP
Language:	Swedish
No. of pages:	65

Förord

Denna rapport har tillkommit som resultat av ett gemensamt uppdrag till VTI och SLB-analys vid Miljöförvaltningen, Stockholms stad, beställt av Peter Ringkrans och Susanne Petterson på Trafikkontoret, Stockholms stad. Rapporten redovisar resultaten av de åtgärder som vidtogs under 2017–2018 mot höga partikelhalter i Stockholm. Den redovisar även unika data rörande vägdammssystemets dynamik och sammansättning i förhållande till gatudriften.

Författarna vill rikta ett stort tack till Peter Ringkrans och Susanne Petterson, Trafikkontoret, som förutom att ha finansierat projektet även följt arbetet med stort intresse och bidragit med mycket information om gatornas drift och underhåll. Tack också till Mikael Kellinsalmi och Natalie Ornsäter på PEAB, som sett till att driftinsatserna loggats, till FKS Transport som ställt upp med tungt skydd under mätnätterna och till Håkan Arvidsson och Tomas Halldin vid VTI för analyser av storleksfördelningen i vägdammsproverna. Vidare vill vi tacka alla inblandade fordonsförare på PEAB och Svevia som bidragit med sin erfarenhet, visat intresse och varit hjälpsamma.

Linköping, januari 2019

Mats Gustafsson
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Granskningsseminarium har genomförts 21 november 2018 där Magnuz Engardt var lektor. Mats Gustafsson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Mikael Johannesson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 11 januari 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 21 November 2018 where Magnuz Engardt 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 11 January 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	13
2. Meteorologi och dubbdäcksanvändning	16
2.1. Meteorologi	16
2.2. Dubbdäcksanvändning	18
3. Utförda åtgärder	20
3.1. Gator	20
3.2. Dammbindning med CMA	22
3.3. Ordinarie driftåtgärder med inverkan på PM ₁₀ – emissioner	22
3.4. Åtgärdslogg	23
4. Metodik för utvärdering	27
4.1. Vägdammsförråd och joner på vägytan	27
4.2. Mätningar av PM ₁₀ - och NO ₂ -halterna under säsongen 2017–2018	28
4.3. Mätningar av meteorologiska parametrar	29
4.4. Kemiska analyser av PM ₁₀	29
4.5. Friktion	30
5. Resultat	31
5.1. Vägdammsförråd och joner på vägytan	31
5.1.1. Variation av DL180 i vägdammsförråd under vintersäsongen 2017–2018	31
5.1.2. Variation av DL10 i vägdammsförråd över vintersäsong mellan hjulspår	35
5.1.3. Organisk andel i DL180	38
5.1.4. Variation av joner på vägytan under vintersäsongen 2017–2018	40
5.2. Luftkvalitetsmätningar	41
5.2.1. PM ₁₀ -halter	41
5.2.2. NO ₂ -halter	45
5.2.3. Jämförelse mot miljökvalitetsnormen och miljökvalitetsmålet för PM ₁₀	46
5.2.4. Kemiska analyser av PM ₁₀	47
5.3. Friktion	50
6. Åtgärdernas effekter på PM₁₀-halterna	53
6.1. Trafikmängd och antal fordon med dubbdäck	53
6.2. Dammbindning med CMA	53
7. Diskussion	59
8. Slutsatser	61
9. FoU-behov	63
Referenser	65

Sammanfattning

Driftåtgärder mot PM₁₀ i Stockholm. Utvärdering av vintersäsongen 2017–2018

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

Stockholms stad bedriver sedan 2011 ett arbete med att, genom förbättrade och specifika gatudriftsåtgärder, minska uppvirvlingen av vägdamm för att minska partikelhalter i luften. Sedan starten har effekterna på såväl dammförråd som luftkvalitet följts upp av VTI och SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm. De första åren kunde specifika utvärderingar göras då det fanns tillgång till referensgator med ordinarie driftåtgärder och luftkvalitetsstationer, men sedan 2014 har ett stort nät av centrala gator omfattats av åtgärderna vilket gjort att referensgatorna har saknats. Specifika åtgärder har omfattat främst dammbindning med kalciummagnesiumacetat (CMA) och städning med vakuumsug (Disa-Clean).

Säsongen 2017–2018, som denna rapport omfattar, har fokus legat på ett fast schema med CMA-utlägg tre nätter i veckan (måndag, onsdag, fredag). Vakuumsugen har inte använts under denna säsong. Mätstationen Norrlandsgatan har tagits bort och i stället har S:t Eriksgatan tillkommit. Luftkvalitetsmätningarna visar att PM₁₀-halterna ökat sedan föregående år och är nära gränsvärdet för PM₁₀ på till exempel S:t Eriksgatan, men att nivåerna ändå bedöms klara gränsvärdet för femte året i Stockholm. Från mitten på mars var våren väldigt torr, vilket föranledde höga partikelhalter långt in i maj då dammbindningen avslutats på grund av halkrisk. Natriumklorid bidrog till överskridanden av PM₁₀-gränsvärdet vid 1 dygn på Hornsgatan. Liksom föregående säsonger, sedan 2014–2015, fortsätter vägdammsmängderna att generellt öka. Den fuktiga vintern är sannolikt en viktig faktor som gynnat både bildning av slitagepartiklar och uppbyggnaden av vägdammförrådet. Folkungagatan har fortsatt låga PM₁₀-halter men även höga vägdammsmängder. Andelen DL180 som är mindre än 10 µm var 15–25 % och den organiska andelen 5–15 %. För första gången har vägdamm kunnat provtas intill kantstenen, där dammängderna är betydligt högre än i körbanan, särskilt på Hornsgatan och S:t Eriksgatan. Friktionen följs upp då ackumulering av CMA kan orsaka halka. Inga alarmerande låga friktionsvärden uppmättes, men ”torrhalka” (torrfriktion är lägre än våtfriktion) noterades på våren då mycket CMA fanns på vägbanan. Utvärderingen av möjligheterna att optimera dammbindningen visar fortsatt att CMA läggs ut under många dygn då PM₁₀-halterna inte skulle ha överskridits, vilket markerar behovet av högre precision i åtgärden. Många dygn med överskridanden missas också, varav flera i maj, då dammbindningen avslutats för säsongen. Effektiva åtgärder mot överskridanden av PM₁₀-normen för våren, efter april, saknas således i nuvarande strategi.

Summary

Operational measures against PM₁₀ pollution in Stockholm. Evaluation of winter season 2017–2018

by Mats Gustafsson (VTI), Göran Blomqvist (VTI), Max Elmgren (SLB-analys), Christer Johansson (SLB-analys and Stockholm University), Ida Järtskog (VTI), Joacim Lundberg (VTI), Michael Norman (SLB-analys) and Sanna Silvergren (SLB-analys)

The City of Stockholm has been working since 2011 on reducing, through improved and specific street operations, the suspension of road dust to the air. Since the start, the effects on both dust storage and air quality have been followed up by VTI and SLB-analys. During the first years, specific evaluations could be made when there was access to reference streets with ordinary operating measures and air quality stations, but since 2014, a large network of central streets has been covered by the measures, eliminating possible reference streets. Specific measures have included mainly dust binding with calcium magnesium acetate (CMA) and vacuum cleaning (Disa-Clean).

The 2017–2018 season, which this report covers, has focused on a fixed schedule with CMA treatments three nights a week (Monday, Wednesday, Friday). The vacuum sweeper has not been used during this season. The measuring station Norrlandsgatan has been replaced by S:t Eriksgatan. The air quality measurements show that the PM₁₀ levels have increased since the previous year and, in some cases, are close to the limit value for PM₁₀, for example in S:t Eriksgatan, but that the levels are still expected to meet the limit value for the fifth year in a row in Stockholm. From the middle of March, the spring was very dry, which caused high PM₁₀ concentrations well into May when the dust binding had ended due to risk for low friction. Sodium chloride contributed to exceeding the PM₁₀ limit only at 1 day on Hornsgatan, which is considerably lower than previous years. As in previous seasons, since 2014–2015, road dust volumes continue to increase in general. The moist winter is probably an important factor that has promoted both the formation of wear particles and the build-up of the road dust reservoir. Folkungagatan still has low PM₁₀ levels but also high road dust volumes. The proportion of DL180 which is less than 10 µm was 15–25% and the organic proportion was 5–15%. For the first time, road dust has been sampled close to the curb, where the dust loads are considerably higher than in the driving lane, especially on Hornsgatan and S:t Eriksgatan. The friction is followed up as the accumulation of CMA can cause slipping. No alarmingly low friction values were measured, but “dry slipperiness” (dry friction is lower than wet friction) was noted in the spring when CMA loads were high on the road surfaces. The evaluation of the possibilities of optimizing the dust binding continues to show that CMA is being used in many days when the PM₁₀ limit value would not have been exceeded, marking the need for higher precision in the operation. Many days with PM₁₀ exceedances are also missed, several of which in May, when the dust binding has ended for the season. Effective measures against exceedances of the PM₁₀ limit value in the spring, after April, are lacking in the current strategy.

1. Bakgrund

Stockholm stad har under många år haft problem med höga PM-halter vilket bland annat lett till överskridande av miljökvalitetsnormen fram till år 2013 (Eneroth, 2018). Användningen av dubbdäck har identifierats som den största orsaken till PM₁₀-halterna i staden. Dubbdäcken sliter på vägbanorna och slitagedamm bildas. Detta damm kan antingen hamna direkt i luften eller deponera i trafikmiljön som vägdamm. Vägdamm kan sedan virvlas upp av trafiken. Det finns flera källor till vägdamm, till exempel sandning under vintern, broms- och däckslitage, men under perioder då PM₁₀-halterna är höga är den helt dominerande delen mineraldamm från vägbeläggningar (REFS). För att förhindra att vägdamm bidrar till PM₁₀-halterna, kan man dels arbeta med att minska källorna, till exempel genom dubbdäcksförbud och dels genom att minska uppvirvlingen. Uppvirvlingen kan minskas genom att antingen städa bort dammet eller genom att binda dammet vid vägytan.

Som en åtgärd mot PM₁₀-halterna beslöt politikerna i Stockholm att införa dubbdäcksförbud på Hornsgatan från 2010 vilket även kompletterades med dubbdäcksförbud på Fleminggatan och Kungsgatan från 2016. Effekten av dubbdäcksförbuden har utvärderats i flera omgångar (Johansson m.fl., 2011, Norman, 2016). Utredningarna om dubbdäcksförbuden har visat att de har stor effekt på PM₁₀-halterna. Men också att efterlevnaden av förbuden inte är fullständig och att med nuvarande efterlevnad av förbudet så räcker inte den åtgärden för att klara miljökvalitetsnormerna för PM₁₀.

För att ytterligare reducera PM₁₀-halterna i staden har därför Stockholm stad via Trafikkontoret sedan början på 2000-talet testat olika åtgärder i form av dammbindning och olika städåtgärder. Resultaten från dessa försök (Johansson m.fl., 2004, Johansson m.fl., 2005, Johansson m.fl., 2006) visade att det fanns stor potential att påverka PM₁₀-halterna framförallt genom dammbindning. Försöken återupptogs 2011 då flera åtgärder testades och 2014 implementerades åtgärderna som en del av den storskaliga driften i staden (se nedan). Detta kan göras genom de driftåtgärder (städning och dammbindning), som Trafikkontoret utför. VTI och SLB-analys har under åren följt upp och studerat de driftåtgärder som implementerats för att utvärdera effekterna och analysera variationen i såväl vägdammsförråd som PM₁₀-halt över säsong och år. Detta är den sjätte rapporten i en rapportserie som beskriver just Stockholms stads åtgärder mot PM₁₀ från vägdamm. Rapporten föreslår även förbättringar av driftmetoder och driftstrategier inför kommande säsonger. Problembilden kring PM₁₀ beskrivs i de tidigare rapporterna (Gustafsson m.fl., 2012, Gustafsson m.fl., 2014, Gustafsson m.fl., 2015, Gustafsson m.fl., 2016, Gustafsson m.fl., 2017, Gustafsson m.fl., 2018).

Under 2011–2014 utvärderades driftåtgärder mot partikelföroreningar genom att extra åtgärder på Hornsgatan och Sveavägen jämfördes med effekten av normal drift på referensgatorna Folkungagatan och Norrlandsgatan vars PM₁₀-nivåer liknar de på försöksgatorna. Förutom dubbdäcksförbudet på Hornsgatan testades främst dammbindning med kalciummagnesiumacetat (CMA), men även utökad och förbättrad städning och spolning. Resultaten från första säsongen (2011–2012) avrapporterades i Gustafsson m.fl. (2012). Där framgick att antalet överskridanden av PM₁₀ på Hornsgatan och Sveavägen var betydligt färre än på referensgatorna under den behandlade perioden. Dock var det endast dammbindning som hade en signifikant effekt, medan varken städning eller spolning som enskilda åtgärder medförde någon tydlig sänkning av PM₁₀-halterna. Åtgärderna bidrog till att Stockholm klarade miljökvalitetsnormens PM₁₀ på max 35 dygn över 50 µg/m² under 2012. Det gynnsamma vädret var en viktig förutsättning som bidrog till detta resultat. Under säsongen studerades även vägdammsförrådet kontinuerligt med konklusionen att detta byggdes upp under vintersäsongen på försöksgatorna med ett maximum i mars, då dammbindningsinsatserna var som intensivast. Ett tydligt samband mellan vägytornas makrotextur ("skrovlighet") och mängden vägdamm kunde också konstateras, där grövre textur resulterade i större mängd damm. Jonmängderna på vägytorna avspeglade väl jonerna i salt (NaCl) och CMA vilket kunde relateras till saltning och dammbindningsinsatser.

Säsongen 2012–2013 utvidgades försöken till Fleminggatan och ytterligare en mätstation på Sveavägen upprättades. Då städinsatserna under föregående säsong inte visade några tydliga sänkningar i PM₁₀ beslutades det att genomföra tester med en modernare städmaskin som endast jobbar med starkt vakuum och borstar. Denna maskin har i tidigare tester visat sig kunna ge en viss effekt på PM₁₀-halterna (Gustafsson m.fl., 2011). Såväl dammbindnings-, som städinsatser ökade i antal (Gustafsson m.fl., 2014).

Under säsongen 2013–2014 utvidgades de tidigare försöken på 4–6 gator till att omfatta 35 gator i Stockholm som behandlades med såväl dammbindning som städning med modern vakuumsug (Gustafsson m.fl., 2015). Då möjligheten till obehandlade referensgator försvann, utfördes några specialförsök på Sveavägens två mätstationer, där kvartersvis dammbindning med CMA och dammbindning med CMA blandat med kaliumformiat (HCO₂K, här kallad KF) testades. Miljökvalitetsnormen klarades med bred marginal även denna säsong, vilket delvis bedömdes vara en effekt av de intensifierade åtgärderna. Vintern var dock ovanligt mild och snöfattig och bidrog sannolikt till mindre ansamling av vägdamm i snö och fukt på gatorna än vanligt vilket kan ha resulterat i lägre partikelhalter. Under de torra perioderna har dessutom frekvent dammbindning dämpat halterna. Den vanligtvis kraftiga PM₁₀-toppen på våren uteblev därför i stort sett helt. Den kvartersvisa behandlingen visade sig ge ytterligare en liten inverkan på PM₁₀-halterna, om än inte signifikant, medan en blandning av CMA och KF inte kunde visas ha någon extra effekt.

Under 2014–2015 minskades användningen av sand på cykelbanor i anslutning till mätgatorna. Det gjordes i samband med att man satsade på sopsaltning för att förbättra möjligheterna för vintercykling. Vid sop-saltning sopas snön bort och ytan saltas direkt efter av samma fordon. Försök med kvartersvis dammbindning och dammbindning med CMA+KF fortsatte för att styrka resultaten från föregående säsong, resultaten var lovande -om än ej signifikanta. Under säsongen uppmättes de lägsta PM₁₀-halterna sedan mätningarnas start i Stockholm och miljökvalitetsnormen klarades med god marginal. Även denna vinter var ovanligt mild och snöfattig och de stora dammängder som vanligtvis ansamlas på vägytan i snö och fukt under vintern har kunnat lämna gatumiljön genom uppvirvling, städning och avrinning utan att resultera i höga partikelhalter. Under de torra perioderna har dessutom frekvent dammbindning reducerat halterna. Den vanligtvis kraftiga PM₁₀-toppen på våren har därför i stort sett uteblivit. Även den minskade dubbdäcksanvändningen ligger bakom de minskande PM₁₀-halterna (Gustafsson m.fl., 2016). Den minskade dubbdäcksanvändningen är främst kopplad till dubbdäcksförbudet på Hornsgatan (Norman m.fl. 2011).

Säsongen 2015–2016 kompletterades CMA-utläggningen nattetid med utläggning även under dagtid. Även försök med dammbindning och vakuumsugning hela kvarter runt mätgatorna testades. Då CMA även applicerades under dagtid på de gator som tidigare använts som referensgator blev utvärderingen svår med stora osäkerheter som följd. Det visade sig även svårt att lägga ut CMA dagtid på grund av trafiksituationen i Stockholm. Inte heller de kvartersvisa åtgärderna kunde utvärderas då en närliggande byggarbetsplats kontaminerade mätningarna. Dammängderna går upp på flera gator jämfört med föregående år vilket kan vara ett resultat av meteorologin med fuktigare gator på våren. Miljökvalitetsnormen klarades dock, för tredje året i rad, även om antalet överskridanden var något fler (Gustafsson m.fl., 2017). Från 2016 utökades även dubbdäckförbudet till att gälla även Kungsgatan och Fleminggatan (Norman, 2016).

Under säsongen 2016–2017 fortsatte testerna med kvartersvis behandling med CMA och utvidgades till att även omfatta städning med vakuumsug (städnätter). Likaså fortsatte testerna med att dammbinda med CMA under dagtid. Den kvartersvisa dammbindningen och vakuumstädningen vid Sveavägen 59 kunde inte påvisas sänka halterna av PM₁₀ utöver vad den reguljära städningen och dammbindningen gjorde. Däremot gav dagtida dammbindning en effekt och sänkte PM₁₀-halterna för dygnsmedelvärdet med 3 µg/m³, vilket motsvarar en sänkning av dygnsmedelvärdet av PM₁₀ med 6 %.

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

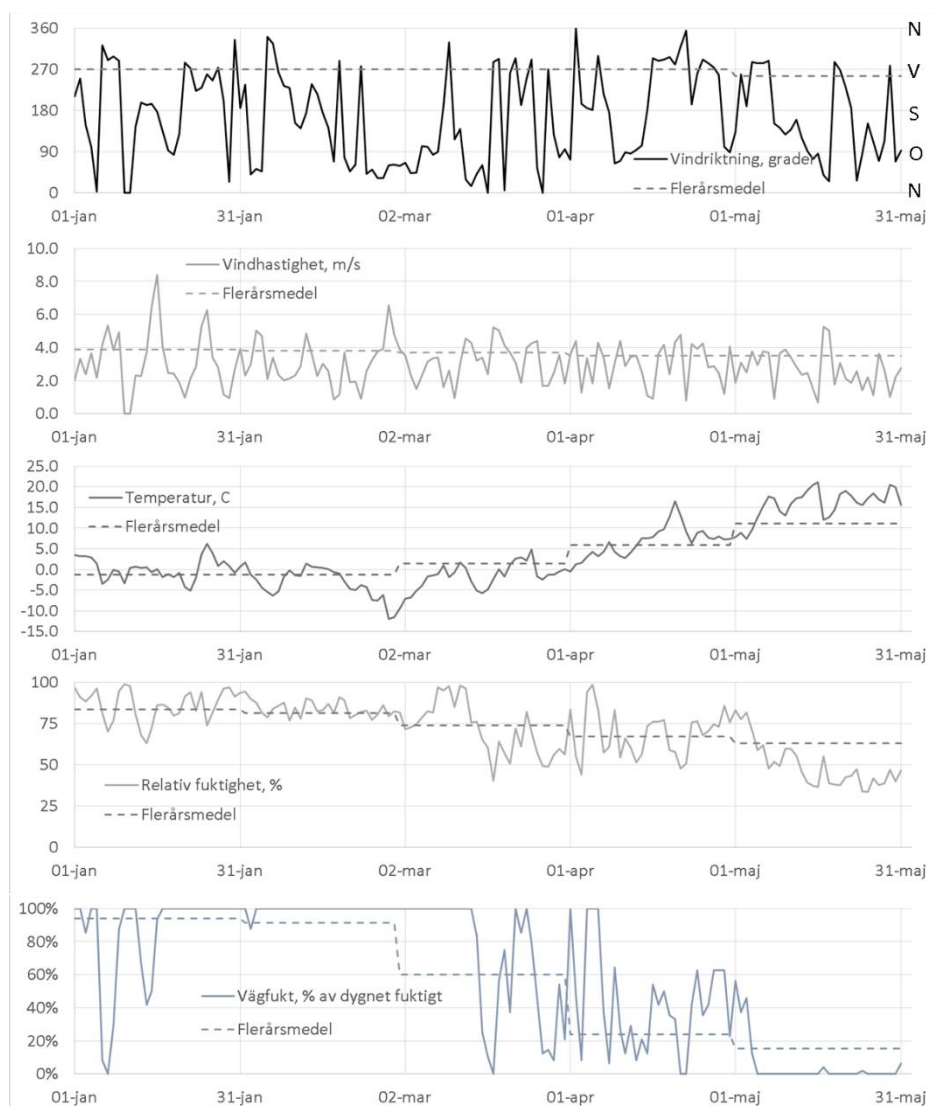
Tabell 1. Några definitioner angående damning.

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

2. Meteorologi och dubbdäcksanvändning

2.1. Meteorologi

Vädret, det vill säga de meteorologiska parametrarna, har en stark påverkan på luftföroreningshalterna. Våren 2018 skiljde sig från tidigare vårar meteorologiskt vilket även hade en tydlig inverkan på halterna av luftföroreningarna i staden inklusive PM₁₀. En sammanställning av meteorologin under våren 2018 finns i Figur 1. Våren 2018 var i stort uppdelad i två perioder. Först en kall period med snötäcke från mitten på januari till mitten på mars. Från mitten på mars till och med maj däremot var det däremot varmt och torrt. Samtidigt hade hela våren 2018 relativt låg vindhastighet och ovanligt mycket vindar från öster. Låg vindhastighet ger generellt högre luftföroreningshalter genom lägre utspädning. Låg relativ fuktighet ger högre PM₁₀-halter genom att körbanorna blir torrare. Och vindriktningen påverkar på vilken sida av gatan som de högsta halterna av luftföroreningarna finns.

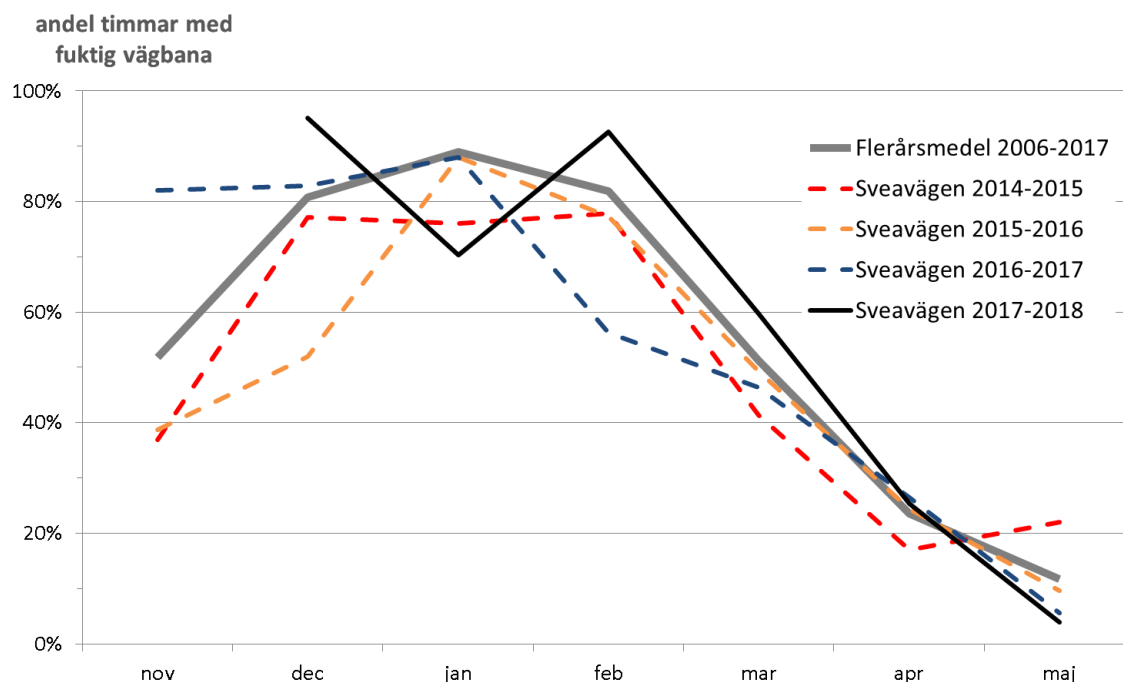


Figur 1. Meteorologiska parametrar under våren 2018 (januari till maj). Mätningarna är gjorda på Torkel Knutssonsgatans tak på Södermalm. Vägfukten är mätt på Hornsgatan.

Den allra största delen av det lokala bidraget av PM₁₀ på gatorna i Stockholm kommer från vägdamm. Sambandet mellan höga PM₁₀-halter och torra körbanor visas senare i rapporten, bland annat i Figur 29. Vägdamm stannar på vägytan så länge den är fuktig, blöt eller snötäckt. Om det är fuktigt under längre perioder så ackumuleras en stor mängd vägdamm på eller i anslutning till körbanan. Detta

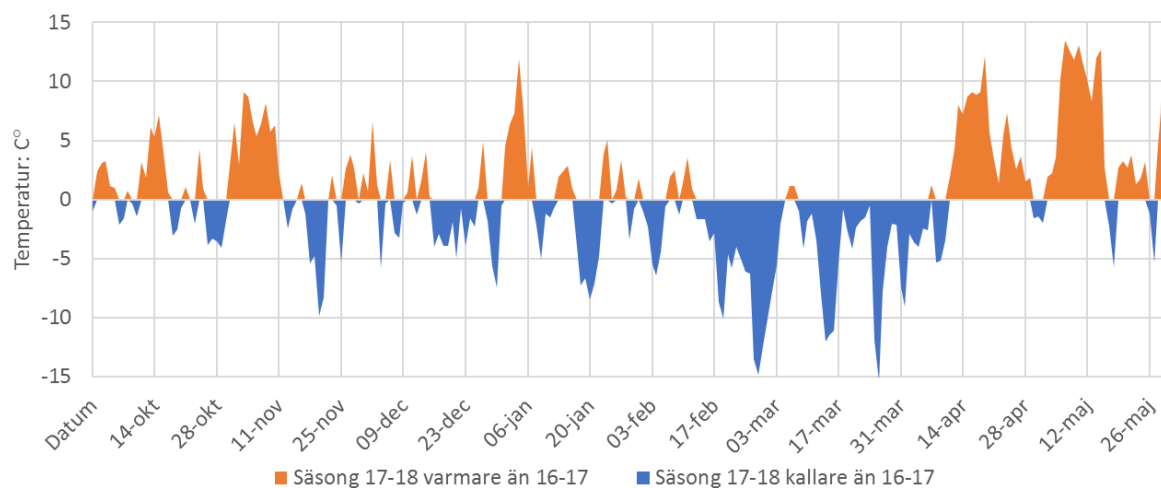
vägdamm virvlar sedan upp till luften när vägytan torkar upp. Vägytans fuktighet är därför den viktigaste meteorologiska faktorn för PM₁₀ -halterna under vintern och våren.

Vägytans fuktighet under säsongen 2017–2018 på Sveavägen visas i Figur 2 och jämförs där med några tidigare säsonger. Mätdata från Sveavägen saknas för november. Januari var torrare än genomsnittet. Däremot var februari och mars fuktigare än genomsnittet, vilket föranledde låga PM₁₀-halter inledningsvis av våren. I mitten av april torkade vägytan upp och var sedan rekordtorr under avslutningen av våren inklusive maj. Sensorerna för vägytans fuktighet visar enbart om det är torrt eller fuktigt, därför är den relativa fuktigheten i atmosfären ett komplement och den var betydligt lägre än flerårsnittet under maj månad 2018 (Figur 1).

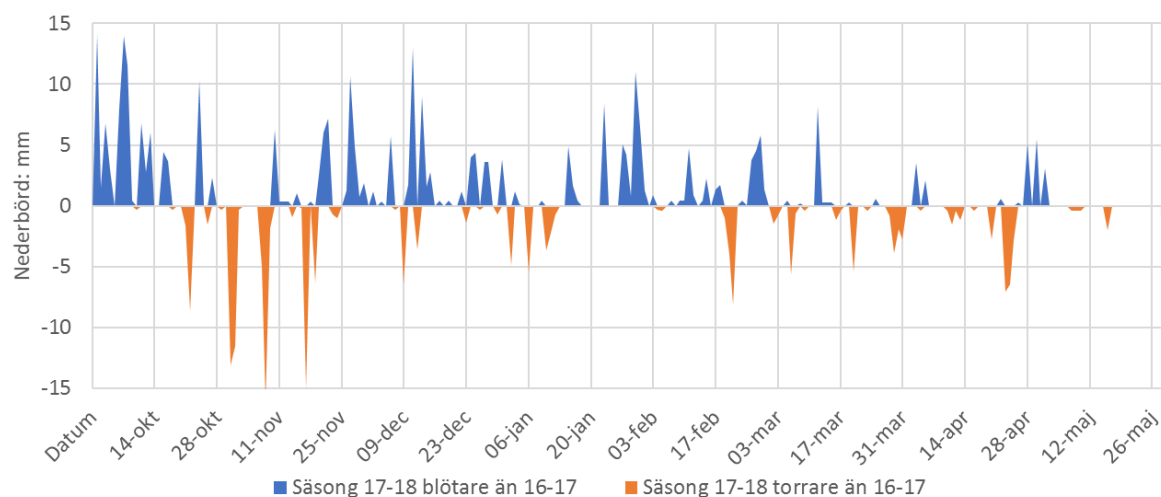


Figur 2. Andelen av tiden med fuktig vägbana på Sveavägen under mätperioden.

Vägytans fuktighet påverkas naturligtvis av nederbörd, men det är inte alltid säkert att vägbanan blivit fuktig utav nederbörd, utan det kan vara daggavsättning (oftast nattetid), salt (både vägsalt och dammbindning) eller vattenbegjutning som utförts i viss mån säsongen 2017–2018. För att ytterligare förtydliga hur våren 2018 skiljer sig meteorologiskt från föregående säsong så har föregående säsong subtraherats från årets; resultatet visas i Figur 3 för temperaturen och på samma sätt visas även skillnaden i nederbörd mellan åren i Figur 4. Mars och halva april 2018 var konstant kallare än 2017 och dessutom minusgrader nästan hela perioden. Andra halvan av april var varmare och maj 2018 slog värerekord sedan Stockholm stad började mäta. De tidigare månaderna, januari och februari, var mer normala temperaturmässigt. Det kom mer nederbörd i början av 2018 än 2017 temperaturerna tillät snön ligga kvar längre än vanligt. Att mars och april var väldigt kalla påverkade den stora sandupptagningen som annars brukar ske kring påsk, någon vecka in i maj var fortfarande inte all sand borttagen från gatorna i Stockholm.



Figur 3. Skillnaden i dygnsmedeltemperaturen mellan 2017–2018 års säsong jämfört med 2016–2017 års säsong.

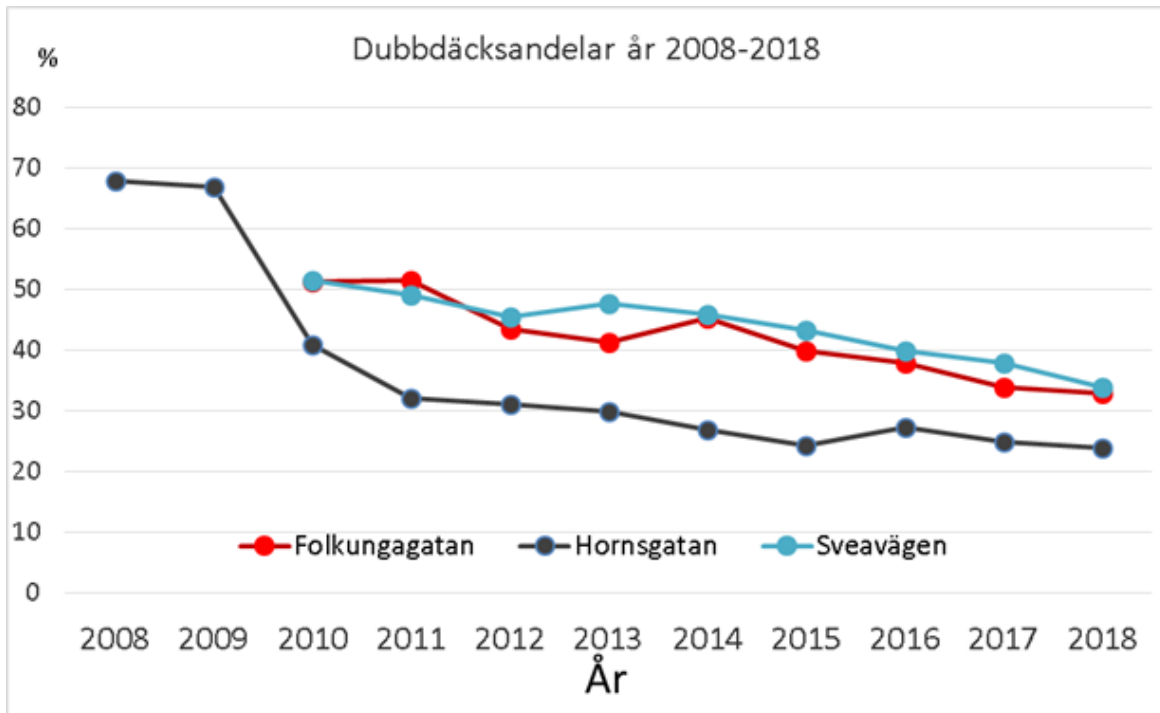


Figur 4. Skillnaden i dygnsnederbörden mellan 2017–2018 års säsong jämfört med 2016–2017 års säsong.

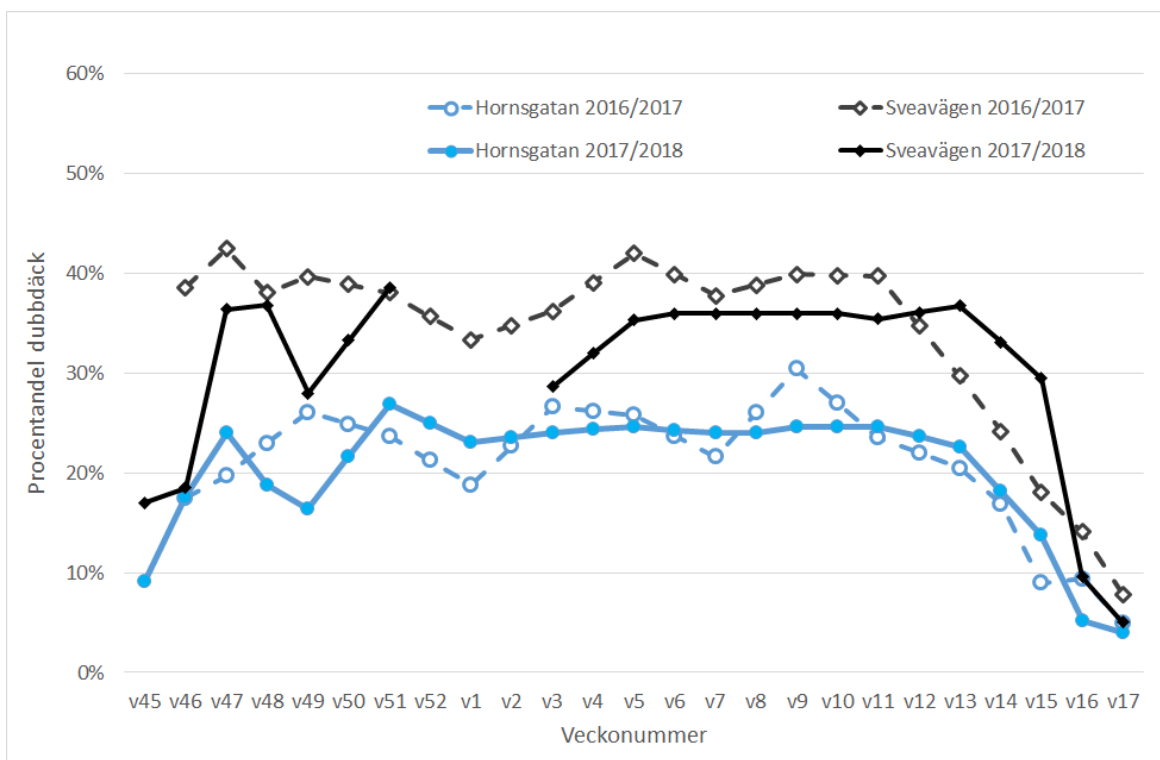
2.2. Dubbdäcksanvändning

Under vintersäsongen räknas dubbdäcksandelen varannan vecka om väglaget tillåter (går inte vid snö, slask, is eller för mycket väta då räkningen baseras på detektion av dubbarnas ljud mot vägbeläggningen). Metoden och mer detaljerade resultat finns i Brydolf m.fl (2017). I Figur 5 visas de genomsnittliga dubbdäckandelarna under januari till och med mars på innerstadsgatorna i Stockholm. Under januari–mars 2018 räknades i medeltal något under 25 % dubbdäck på Hornsgatan där dubbdäcksförbudet gäller. Andelen dubbdäck på Hornsgatan fortsätter att långsamt minska. På Sveavägen och Folkungagatan räknades 34 % respektive 33 % under vintern vilket visar på en fortsättning av den nedåtgående trenden. När på året som de flesta bilisterna byter till och från vinterdäck varierar mellan säsongerna beroende på vädret och när påsken infaller. Utvecklingen av dubbdäcksanvändningen under säsongen 2017–2018 visas i Figur 6. Den sena våren 2018 gjorde att dubbdäcksandelen var

betydligt högre från vecka 13 jämfört med tidigare säsonger. Ytterligare detaljer kring dubbdäcksanvändningen under säsongen finns i Brydolf m.fl. (2017)



Figur 5. Den genomsnittliga procentandelen av lätta fordon med dubbdäck under januari–mars.

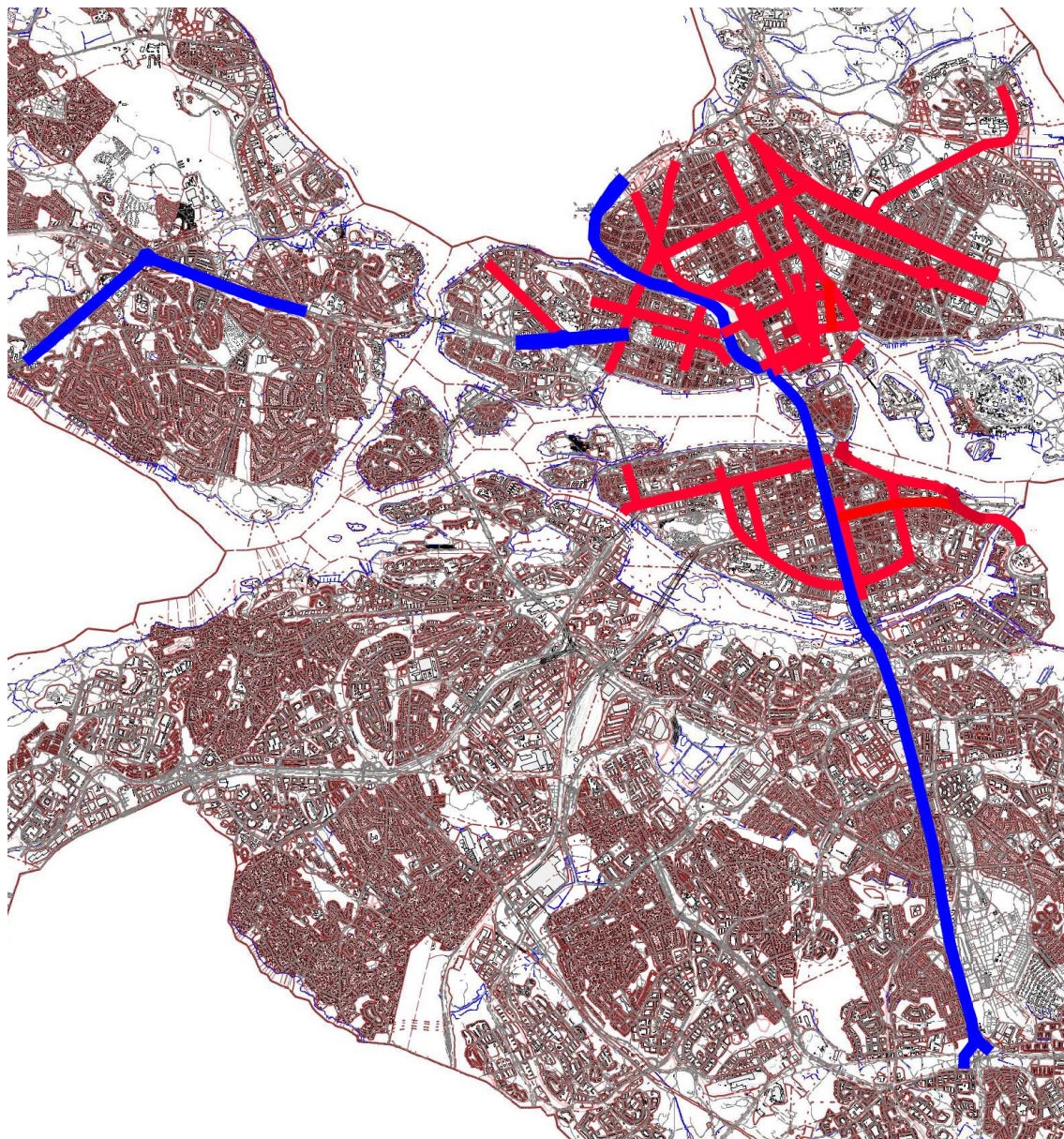


Figur 6. Utveckling av dubbdäcksanvändningen under säsongen 2016–2017 och 2017–2018.

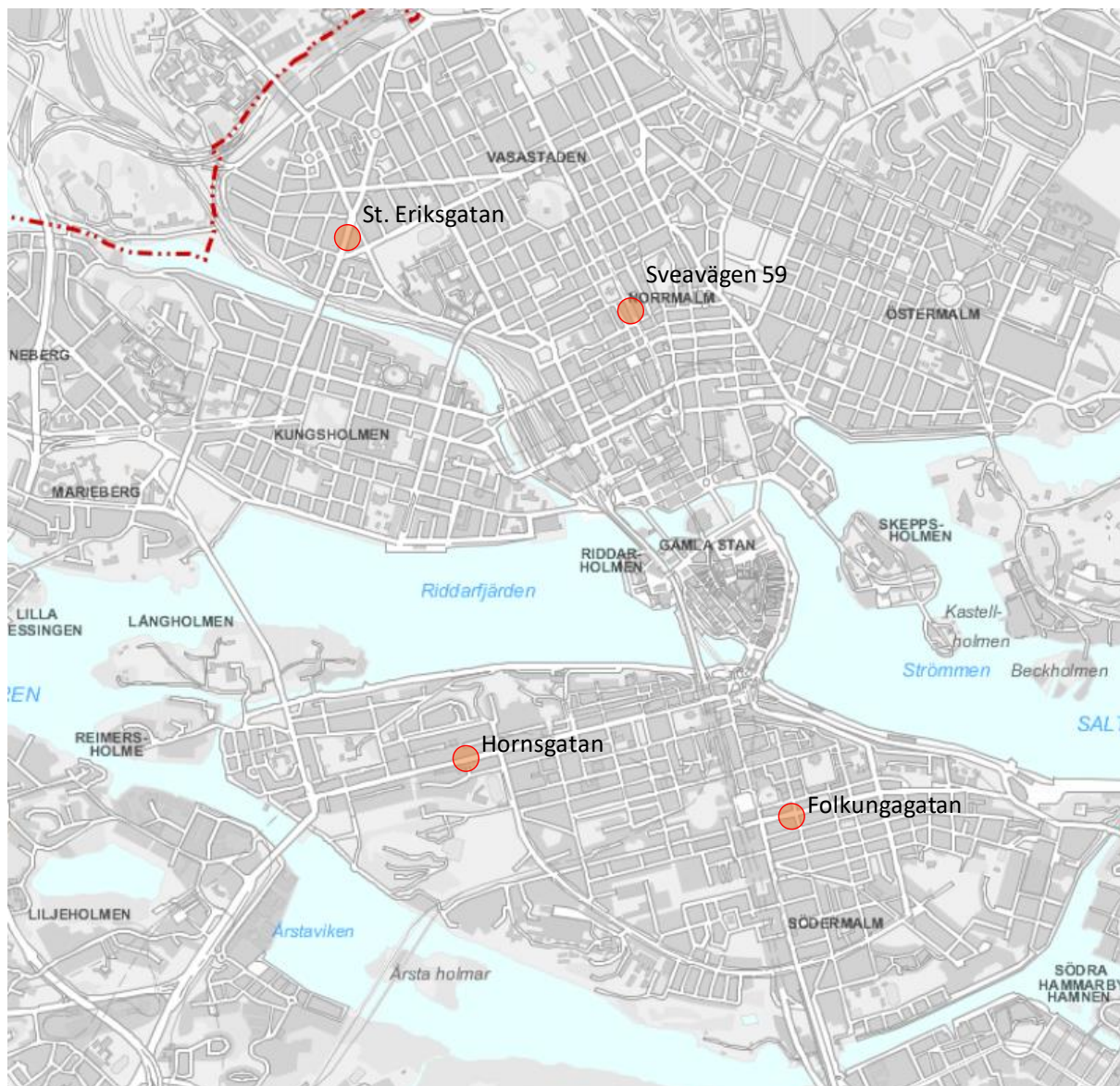
3. Utförda åtgärder

3.1. Gator

Dammbindning utfördes under 2017–2018 på 35 gator i Stockholm, precis som föregående fyra säsonger (Figur 7). Detta då åtgärden visat sig effektiv och staden är ålagd att sänka partikelhalterna. Denna säsong användes CMA endast nattetid. Vakuumsugen användes endast i oktober 2017.



Figur 7. Innerstadsgator (röda) och trafikleder (blå) som dammbinds med CMA av Stockholms stad (Källa: Trafikkontoret, Stockholms stad).



Figur 8. Gatorna och mätplatserna för luftkvalitet och vägdammsundersökningar (röda ringar) i centrala Stockholm som ingår i studien under 2017–2018.

Gatorna där luftkvalitets- och vägdammsmätningar utförs ses i Figur 8. Jämfört med föregående säsong gjordes inga mätningar på Fleminggatan och på Sveavägen 83 medan St Eriksgatan tillkom som mätplats.

Mätgatornas beläggning skiljer sig åt med avseende på skick, konstruktion och material. Även på en och samma gata förekommer ofta flera olika beläggningar. Följande information har kunnat inhämtas från Trafikkontoret i Stockholm.

Hornsgatan har, på kvarteret med mätstationen, en stenrik asfaltsbetong (ABS 16) med kvartsit från Dalbo och bindemedel 50/70¹. Folkungagatan lades om hösten 2016 till en ABS 11 med porfyr i alla stenstorlekar. Sveavägen har från Sveaplan till Surbrunnsgatan en ABS 16 med Leptit. Beläggningen på Hornsgatan är i sämre skick, med mer sprickor och stensläpp jämfört med övriga gator. Folkungagatan har, sedan sommaren 2016 en ny beläggning, ABS11, med porfyr. Generellt är skillnaderna i slitagebenägenhet små för de identifierade asfaltstyperna, som i princip har samma

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

konstruktioner, men med olika typer av slitstarkt stenmaterial. S:t Eriksgatan har en ABS16 med okänd sten.

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

3.2. Dammbindning med CMA

För dammbindning användes 25-procentig CMA (Nordisk Aluminat AS), som spreds i körfälten med tallriksspridare. Dosen som användes var 10 g lösning/m² väg. Spridningen utfördes nattetid mellan oktober och april enligt fast schema med utläggning natten till måndag, onsdag och fredag. Vid fuktigt väglag utfördes ingen dammbindning.

3.3. Ordinarie driftåtgärder med inverkan på PM₁₀ – emissioner

Förutom de extra insatserna mot PM₁₀ påverkar gatornas ordinarie drift partikelemissionerna. Saltning med natriumklorid har utförts vid åtskilliga tillfällen under försöksperioden (se kapitel 3.4). Saltet kan vara en källa till damm under torra perioder, men salt kan även i viss mån fungera dammbindande eftersom en is- och snöfri vägyta håller sig fuktig längre tid då salt finns på den. En fuktig vägyta slits mer av trafiken och kan därmed ge upphov till högre partikelemissioner då vägen torkar upp. Observera dock att syftet med saltanvändning är att få gatan is- och snöfri och därmed också torr så fort som möjligt.

Samtliga gator städas flera gånger i veckan med standardutrustade städmaskiner. Dessa tar bort material som, genom trafikens nedmalning, kan bidra till damningen, men är generellt ineffektiva för att suga upp så små partiklar som PM₁₀. De bidrar även tillfälligt till höga partikelhalter då borstarna virvlar upp damm, samt att damm som tidigare suttit fast på körbanan eller under grus friläggs av borstarna.

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

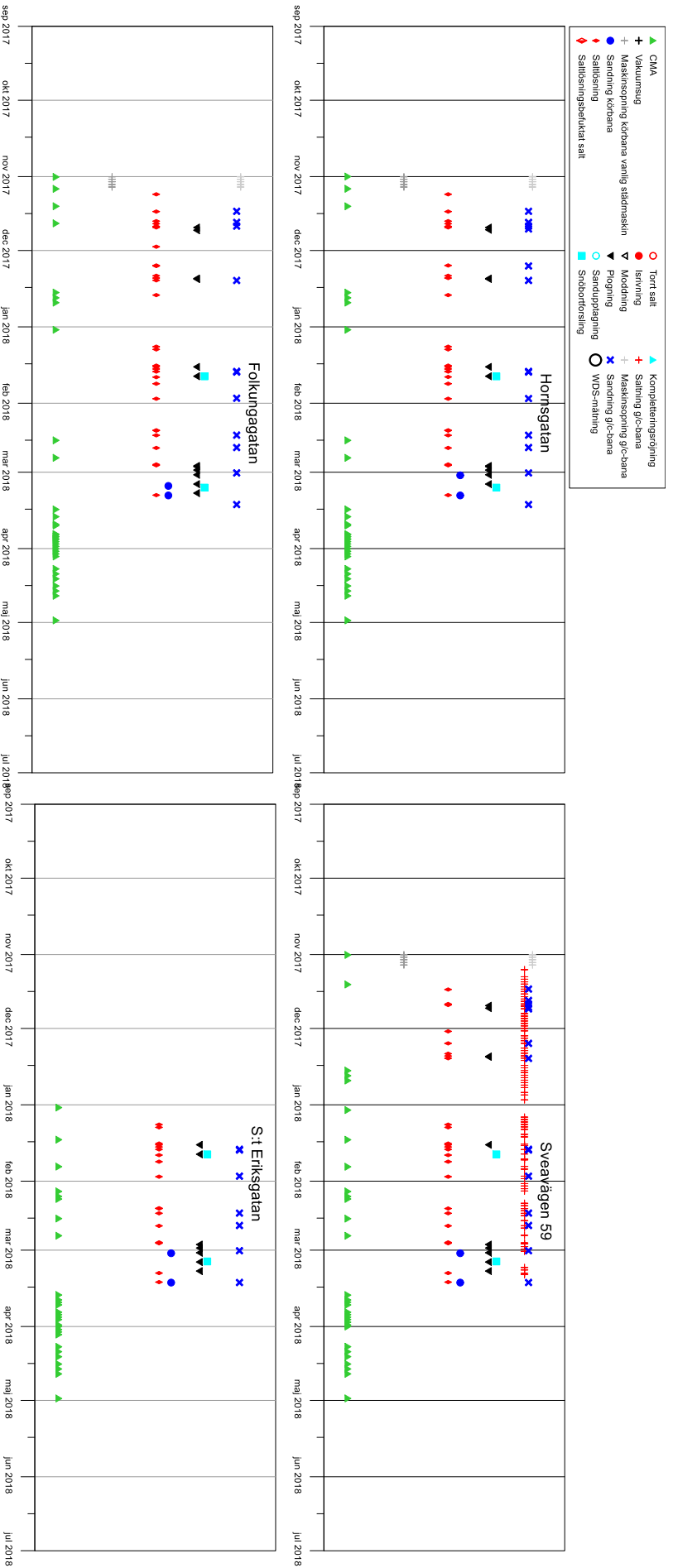
3.4. Åtgärdslogg

För projektet användes en åtgärdslogg i form av ett kalkylblad i Google documents (Tabell 2).

Tabell 2. Loggade åtgärder och åtgärds-koder på försöks- och referensgatorna.

Extra åtgärder mot PM ₁₀	KOD
Mätning VTI	0
Dammbindning med CMA	1
Maskinsopning hela vägbredden Vakuumsug	2
Ordinarie åtgärder	
STÄDNING OCH SPOLNING KÖRBANA	
Maskinsopning körbana Bredsug eller vanlig städmaskin	20
Spolning körbana	21
HALKBEKÄMPNING KÖRBANA	
Saltlösning	31
Saltlösningsbefuktat salt	32
Saltlösningsbefuktad sand	33
Sand/flis	34
Torrt salt	35
Isrivning	36
ÖVRIGA VINTERÅTGÄRDER KÖRBANA	
Moddning	40
Plogning	41
Sandupptagning	42
Snöbortforsling	43
Kompletteringsröjning	44
GÅNG- OCH CYKELBANA	
Saltning av gång- och cykelbana	50
Sandning av gång- och cykelbana	51
Maskinsopning gång- och cykelbana	52
Spolning gång- och cykelbana	53

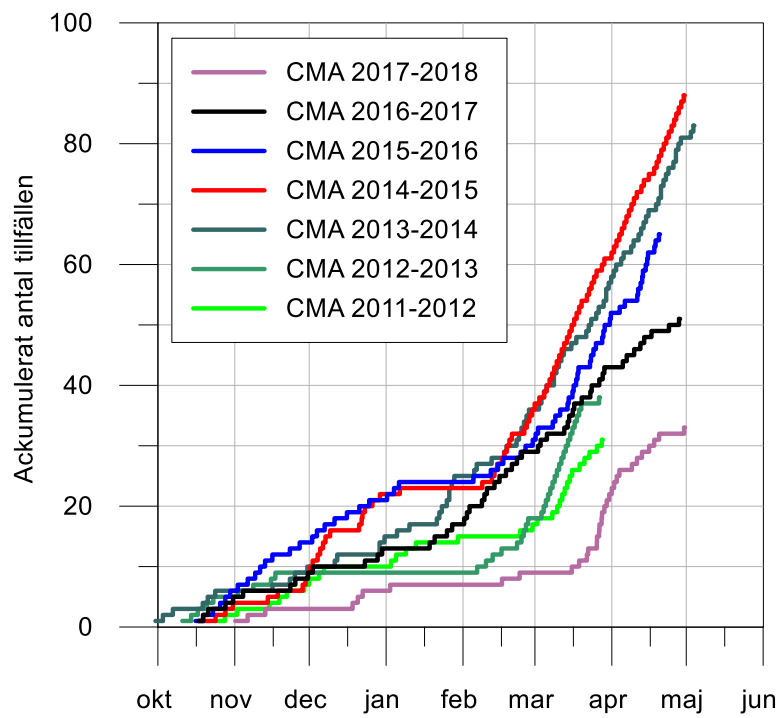
I dokumentet fylldes åtgärdstyp i samt under vilken tidsperiod åtgärderna pågick (Tabell 3). Loggen fylldes i av PEAB från och med oktober 2017 till och med april 2018. I Figur 9 visas hur åtgärderna fördelar sig över tid på de fyra mätgatorna. I Figur 10 visas ackumulerade dammbindningar och vakuumsugningar på Hornsgatan för de senaste 7 säsongerna. Säsongen 2017–2018 utmärker sig främst genom att extra städning inte använts alls. CMA-utläggningarna koncentrerades på grund av meteorologin till mars och april och var totalt det näst lägsta antalet sedan 2011 (Figur 10).



Figur 9. Driftåtgärder utförda under vinter/vår på de fyra måtgatorna.

Tabell 3. Antal och typ av åtgärd på mätgator under 2017-10-15 till 2018-04-30.

	Horns- gatan	Sveavägen 59	S:t Eriksgatan	Folkunga- gatan
EXTRA ÅTGÄRDER MOT PM₁₀				
Dammbindning med CMA	33	31	29	34
Maskinsopning hela vägbredden, Vakuumsug				
ORDINARIE ÅTGÄRDER				
Städning och spolning körbana				
Maskinsopning körbana Bredsug eller vanlig städmaskin	5	5		5
Spolning körbana				
Halkbekämpning körbana				
Saltlösning	26	25	17	29
Saltlösningsbefuktat salt				
Saltlösningsbefuktad sand				
Sand/flis	2	2	2	2
Torrt salt				
Isrivning				
Övriga vinteråtgärder körbana				
Moddning				
Plogning	12	11	7	12
Sandupptagning				
Snöbortforsling	2	2	2	2
Kompletteringsröjning				
Gång- och cykelbana				
Saltning av gång- och cykelbana		88		
Sandning av gång- och cykelbana	13	14	7	11
Maskinsopning gång- och cykelbana	5	5		5
Spolning gång- och cykelbana				

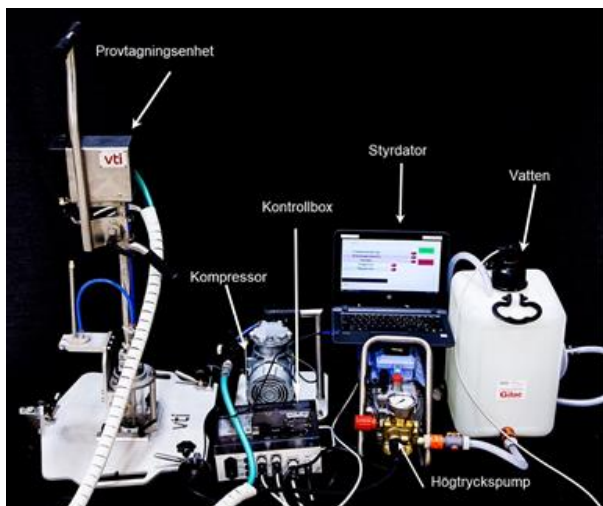


Figur 10. Ackumulerat antal CMA-behandlingar på Hornsgatan under sju säsonger.

4. Metodik för utvärdering

4.1. Vägdammsförråd och joner på vägytan

Vägdammsförrådet har liksom tidigare säsonger provtagits med VTI:s Wet Dust Sampler II (WDS II). Metoden går ut på att en känd volym med destillerat vatten (varierar, men här 350 ml) spolar rent en känd, cirkulär yta (24,6 cm²) med högt tryck. Den vattenmängd som tvättar rent provytan styrs via en kontrollenhet vilken även styr den kompressor som trycker över provet till en provflaska. (Figur 11).

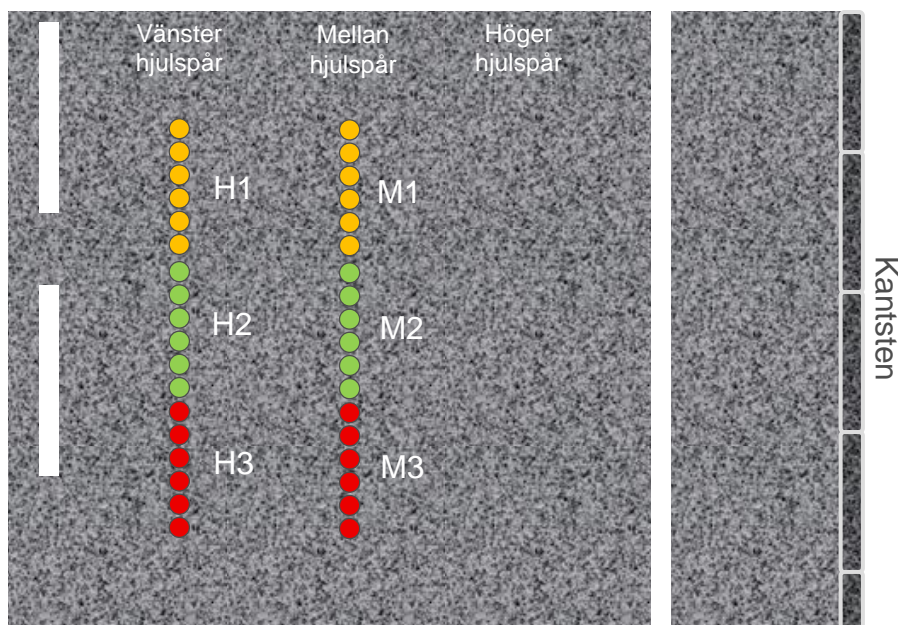


Figur 11. Provtagningsenheten på Wet Dust Sampler II (WDS II). (Foto: Mats Gustafsson, VTI).



Figur 12. Vägdammsprovtagaren Wet Dust Sampler II (WDS II). (Foto: Mats Gustafsson, VTI).

Prover för ordinarie provtagning togs i vänster hjulspår och mellan hjulspår (Figur 13) i höger körfält. Då ytan som tvättas är liten, tas flera prover i samma provflaska för att få en representativ mängd. I dessa sammanläggningsprov togs sex ”skott” i varje flaska. I varje provyta (hjulspår och mellan hjulspår) insamlades tre flaskor vilket resulterar i totalt 18 skott per provyta.



Figur 13. Provtagningsstrategi för WDS II. H = hjulspår, M = mellan hjulspår.

Proverna från WDS II siktades med en 180 μm -sikt, för att proverna ska gå att jämföra med resultaten från tidigare säsonger. Den damnmängd som beräknas per m^2 betecknas DL180 (dust load = dammförråd mindre än 180 μm). Ur provflaskor från provytor mellan hjulspår på respektive gata togs prov på ca 60 ml ut för storleksanalys efter siktning. Storleksfördelning genomförs med en lasergranulometer (Malvern Mastersizer 3000).

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

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

Provtagningar med WDS II genomfördes vid 9 tillfällen mellan 25 oktober 2017 till 30 maj 2018 och på samma gator som luftmätningarna (se nedan).

4.2. Mätningar av PM_{10} - och NO_2 -halterna under säsongen 2017–2018

Under mätperioden gjordes mätningar av PM_{10} på flera platser. Fyra stationer på Hornsgatan, Folkungagatan, S:t Eriksgatan och Sveavägen 59 ingår i stadens kontinuerliga luftövervakning. S:t Eriksgatan 83 ersatte mätstationen på Norrlandsgatan vid årsskiftet 2017–2018. Dessutom blev SLB under våren tvungna att flytta mätstationen på Folkungagatan. Den vid Folkungatan 57 avslutades den 2 mars och den vid Folkungatan 70 startades den 30 mars. Den nya stationen vid Folkungagatan 70 är placerad på södra sidan om Folkungagatan när den förra vid Folkungagatan 57 var placerad på norra sidan av gatan. Under sena hösten av 2017 så var det problem med strömförsörjningen vid mätstationen på Sveavägen 59, vilket resulterade i ett längre avbrott i mätningarna. Som jämförelse används också mätdata från Östra Sveriges luftvårdsförbunds station på taket vid Torkel

Knutssongatan på Södermalm, vilken agerar som urban bakgrundsnivå samt även Östra Sveriges luftvårdsförbunds station vid Norr Malma norr om Norrtälje, vilken agerar som regional bakgrund.

Tabell 1 visar under vilka tider de olika mätstationerna var i drift samt deras datafångst.

Tabell 4. Start- och stopptid samt datafångst för mätstationerna som ingår i projektet.

Mätstation	Start	Stopp	Datafångst PM₁₀, % av timmar	Datafångst NO₂, % av timmar
Hornsgatan 110 (N sidan)	2017-11-01	2018-05-31	99	99
Folkungagatan 57 (N sidan)	2017-11-01	2018-03-01	99	100
Folkungagatan 70 (S sidan)	2017-03-30	2018-05-31	100	98
S:t Eriksgatan 83 (V sidan)	2017-12-09	2018-05-31	100	100
Sveavägen 59 (V sidan)	2017-11-01	2018-05-31	84	99

4.3. Mätningar av meteorologiska parametrar

Mätningar av meteorologiska parametrar sker vid Östra Sveriges luftvårdsförbunds station på taket vid Torkel Knutssongatan på Södermalm. Dessa mätningar innefattar temperatur, relativ fuktighet, regnederbörd, vindriktning, vindhastighet och solstrålning. Under vintern används även nederbörds-mätningarna från Östra Sveriges luftvårdsförbunds station vid Högdalen då den även registrerar snöfall. Samtliga mätstationer med positioner finns beskrivna på www.slb.nu.

Vägytans fuktighet mäts kontinuerligt på Hornsgatan, Sveavägen och Norrlandsgatan med sensorer i körbanan. Sensorerna består av två metallbleck i vägytan mellan vilka ledningsförmågan mäts. På Hornsgatan och Sveavägen finns även sensorer av typen Vaisala DSC 111 som via IR-strålning mäter vägytans fuktighet och egenskaper.

4.4. Kemiska analyser av PM₁₀

PM₁₀ på Hornsgatan samlades in på filter (Fluoropore PTFE membrane filter med produktnamnet FALP) dygnsvis på Hornsgatan med hjälp av en filterprovtagare (Leckel SEQ47/50 samt IVL's filterprovtagare) och data finns för perioden 12 januari–7 maj 2018. Jonanalyser av filter genomfördes av IVL, svenska miljöinstitutet AB med hjälp av jonkromatografi avseende kalcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), kalium (K⁺), natrium (Na⁺), klorid (Cl⁻), sulfat (SO₄²⁻), nitrat (NO₃⁻).

Bidraget från vägsalt (natriumklorid) till PM₁₀-halterna kvantifierades baserat på kemiska analyser av filterprover. Enligt EU-direktiv (2008/50/EG) kan bidrag till PM₁₀-halterna från vägsalt räknas av vid jämförelse med gränsvärdet i direktivet. Jonanalyserna medför även en möjlighet att studera eventuellt bidrag från dammbindningsmedlet CMA (kalciummagnesiumacetat, CaMg₂(CH₃COO)₆) till PM₁₀ genom analyserna av kalcium och magnesium.

4.5. Friktion

För att följa upp eventuella poleringsfenomen där vägdamm tillsammans med dammbindningsmedel riskerar att poleras av trafiken, vilket skulle kunna leda till nedsatt friktion under torra förhållanden, mättes friktionen i samband med WDS II-provtagningarna. Vid de mätningarna relateras eventuella friktionsproblem till uppmätta CMA-mängder på vägytan och friktionen mäts med hjälp av en Portable Friction Tester (PFT, Figur 14 Åström (2001)) i och mellan hjulspår vid torrt och fuktigt väglag. Mätningarna utfördes längs två meter i respektive sektion och upprepades tre gånger i varje sektion.



Figur 14. Portable friction tester (PFT). (Foto: Håkan Wilhelmsson, VTI).

5. Resultat

5.1. Vägdammsförråd och joner på vägytan

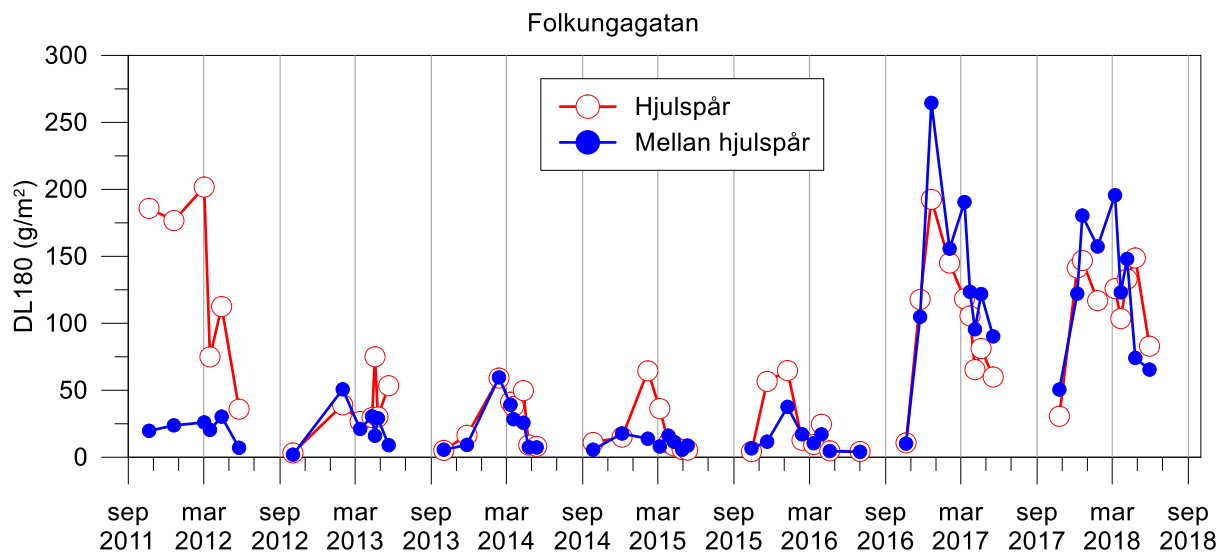
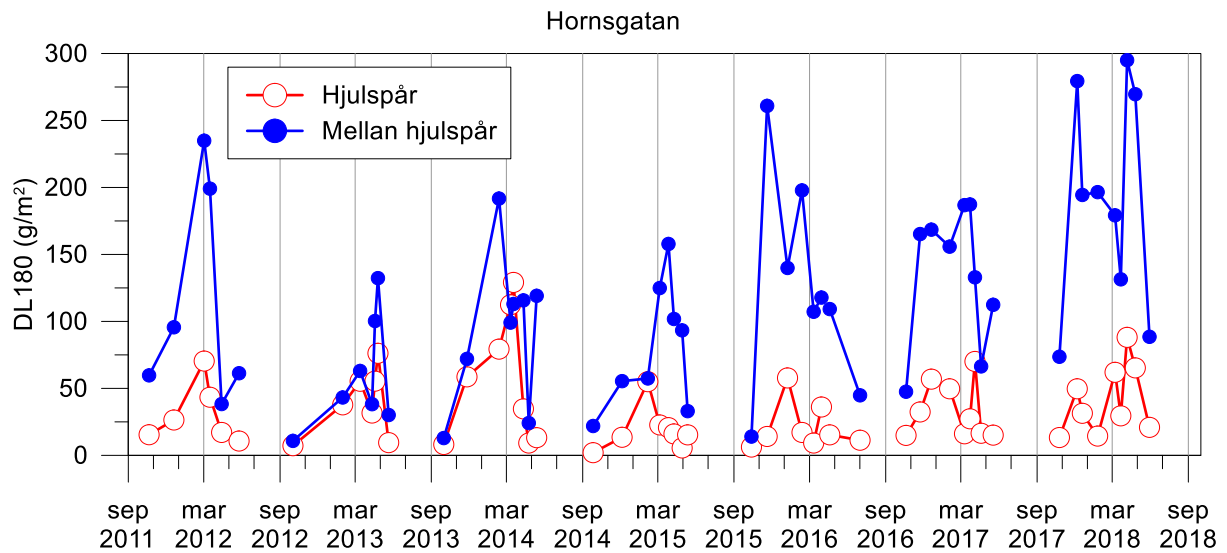
5.1.1. Variation av DL180 i vägdamm under vintersäsongen 2017–2018

I Figur 15 och Figur 16 redovisas medelvärden av dammängderna som uppmättes på ytorna under mättillfällena tillsammans med data från föregående år. Mönstret från föregående säsonger upprepar sig med låga dammängder i oktober och maj och en topp i mätningarna i februari och mars. På alla gator med långa mätserier är dammängderna förhållandevis höga redan i första mätningen i oktober. Hornsgatan uppvisar de högsta uppmätta dammängderna mellan hjulspår som uppmätts. En trend mot allt högre dammängder mellan hjulspår kan också noteras från säsongen 2014–2015, medan ingen trend kan urskiljas i hjulspår. Ökningen under säsongen är ungefär som tidigare, men de högre värdena på hösten höjer dammängderna generellt över säsongen.

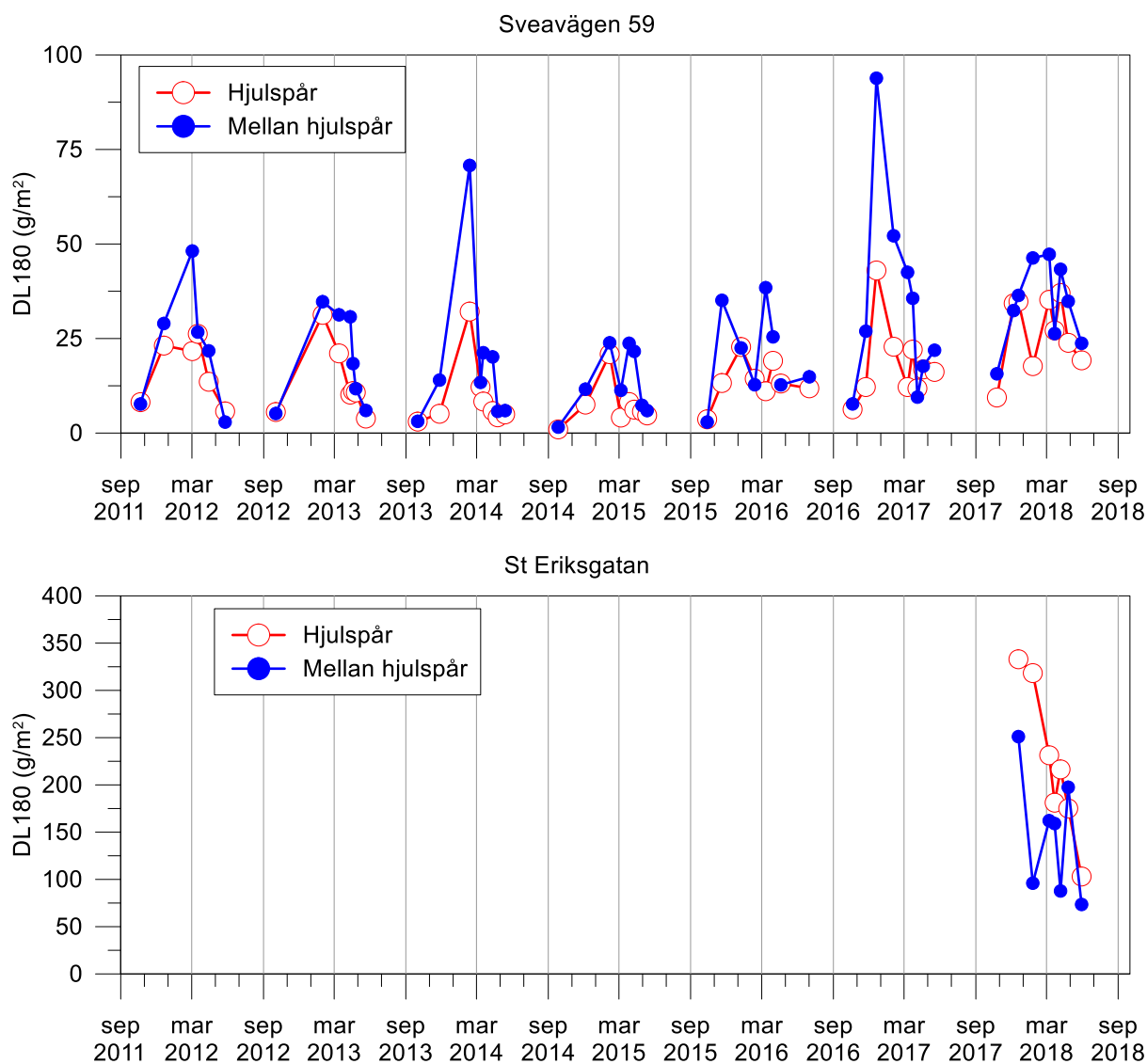
Dammängderna på Folkungagatan ligger i nivå med föregående säsong, alltså fortsatt betydligt högre än den tidigare beläggningen (Folkungagatan fick en ny beläggning under sommaren 2016, vilken medförde att beläggningen ansamlade mer vägdamm än tidigare, sannolikt beroende på grövre makrotextur). Förra säsongens höga dammängder antogs bero på att beläggningen inte ännu slitits in, men fortsatt höga mängder tyder på att den grova dammansamlade makrotexturen består även efter 2 vintersäsonger. Skillnaden mellan ytorna i och mellan hjulspår är betydligt mindre än för Hornsgatan.

Sveavägen 59 har, liksom tidigare säsonger, ett betydligt mindre dammförråd än övriga gator. Liksom på Hornsgatan syns en ökande trend i vägdammsförrådet, men här även i hjulspår. Den nya mätgatan S:t Eriksgatan uppvisar höga värden i nivå med Hornsgatan, vilket delvis kan vara en effekt av närbelägen byggarbetsplats. Värdena är högre i hjulspår, vilket kan tyda på att damm dras med av byggtrafik, men kan även vara kopplat till beläggningsens tillstånd.

En observation är att dammängderna på gatorna är förhållandevis höga också vid sista mätningen för säsongen i slutet på maj. Detta fenomen ser ut att ha blivit vanligare de senaste tre säsongerna, medan DL180 under de föregående säsongerna oftast återgått till höstnivån vid sista mätningen på våren.

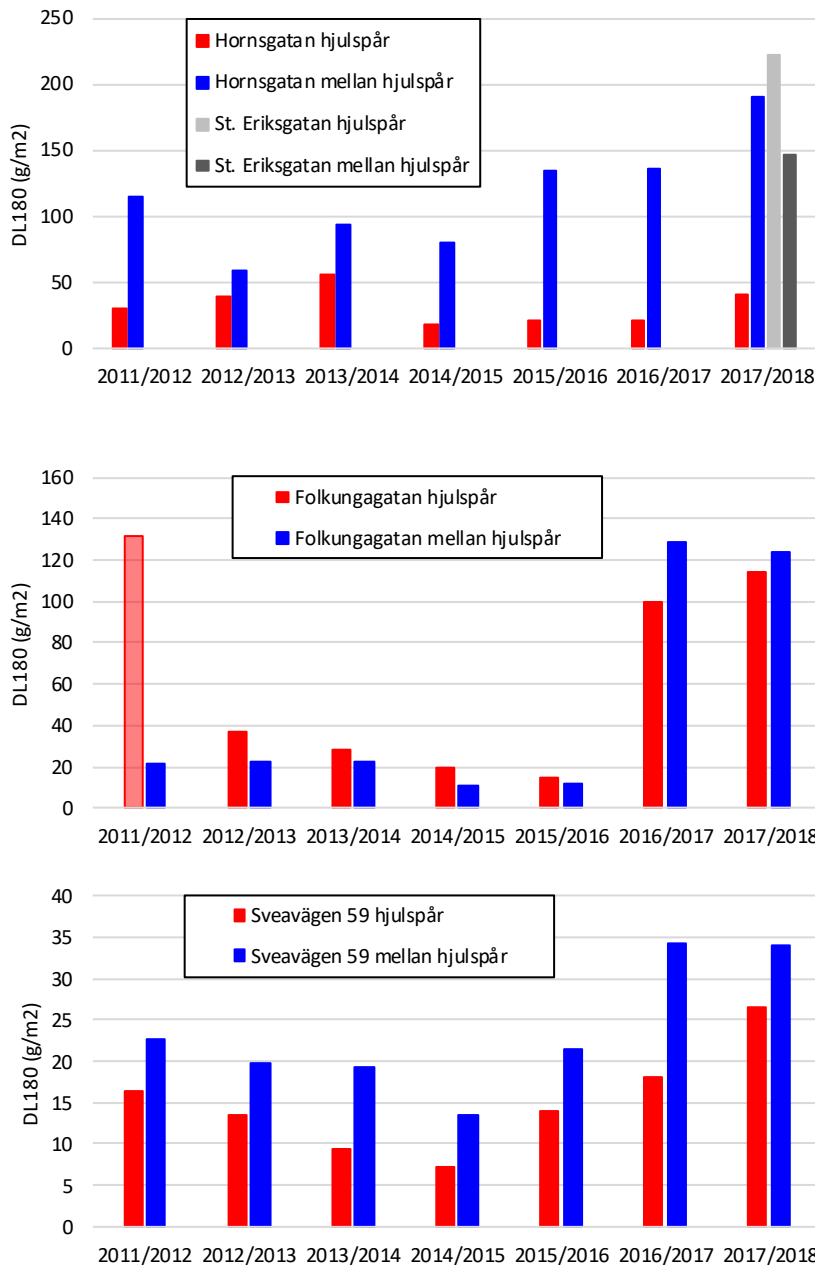


Figur 15. Medelvärden av DL180 i och mellan hjulspår (mängden damm <math> < 180 \mu\text{m}</math>) (g/m²) på Hornsgatan och Folkungagatan.



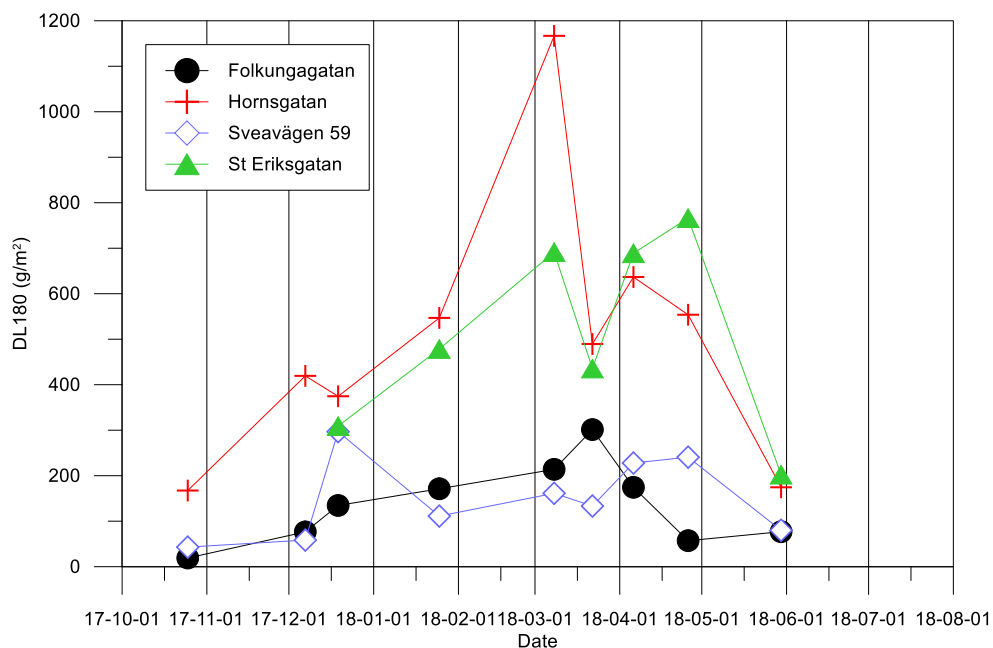
Figur 16. Medelvärden av DL180 i och mellan hjulspår (mängden damm <180 µm) (g/m²) på Sveavägen och S:t Eriksgatan. Observera de olika skalorna på y-axlarna.

I Figur 17 presenteras medelvärden av DL180 (g/m²) i och mellan hjulspår för alla mätsäsonger. Till och med säsongen 2014–2015 var det en nedåtgående trend i dammförrådet, förutom på Hornsgatan och Sveavägen 83. Trenden bröts säsongen 2015–2016 då egentligen bara Folkungagatans dammförråd fortsatte minska, medan övriga gator snarare uppvisar en viss ökning. Denna trend har fortsatt även denna säsong. Orsakssambanden är komplexa och relaterade till meteorologi och hur fuktig vägytan varit under säsongen t.ex. Det finns även en statistisk osäkerhet i data, då provtillfällena är få per år och en variation över kortare tidsperioder beroende på, till exempel, kraftiga nederbördstillfällen kan förekomma. Det faktum att den tidigare använda vakuumsugen inte körts denna säsong kan också vara en bidragande orsak till de högre dammängderna



Figur 17. Säsongsmedelvärden för DLI180 i och mellan hjulspår. Observera de olika skalorna på y-axlarna. Den rasterade stapeln i diagrammet för Folkungagatan indikerar att proverna är tagna på ett parti av vägbanan som var i dåligt skick. Provpplatsen ändrades följande säsonger för förbättrad jämförbarhet.

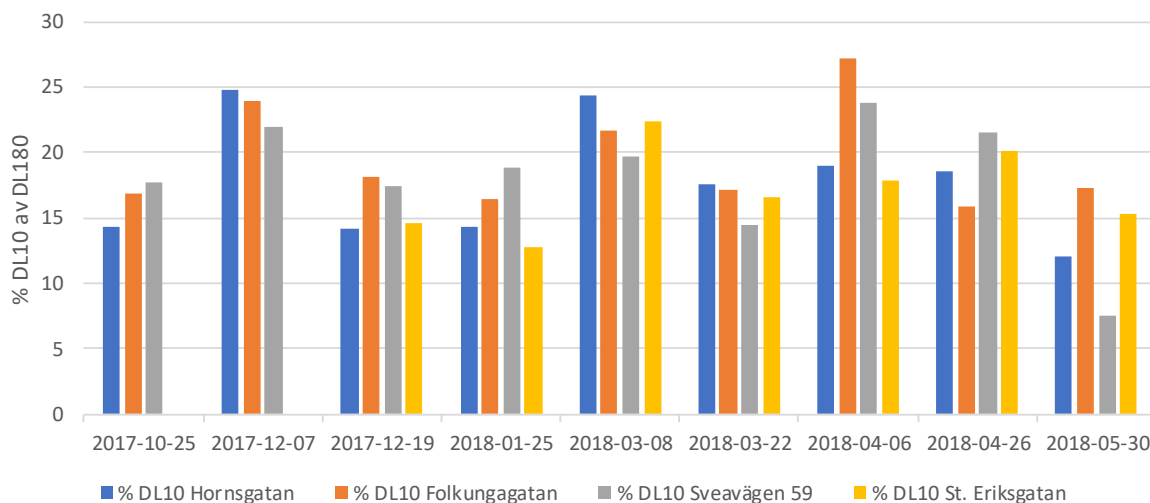
WDS II-provtagaren har inför säsongen byggts om för att kunna provta damm helt intill kantstenen. I Figur 18 redovisas resultaten av dessa mätningar. Som synes är dammängderna avsevärt högre vid kantstenen än ute i körbanan. Liksom övriga tidsserier kan en säsongscykel ses även här, med låga mängder i oktober och slutet på maj och en topp under senvintern. S:t Eriksgatan och Hornsgatan ligger på en högre nivå än Folkungatan och Sveavägen. Folkungagatan och Sveavägen har mycket lika nivåer vid väggkant vilket skiljer sig från förhållandena i vägbanan.



Figur 18. Mängd damm mindre än 180 μm (DL180) vid kantstenen på de olika mätplatserna under säsongen 2017–2018.

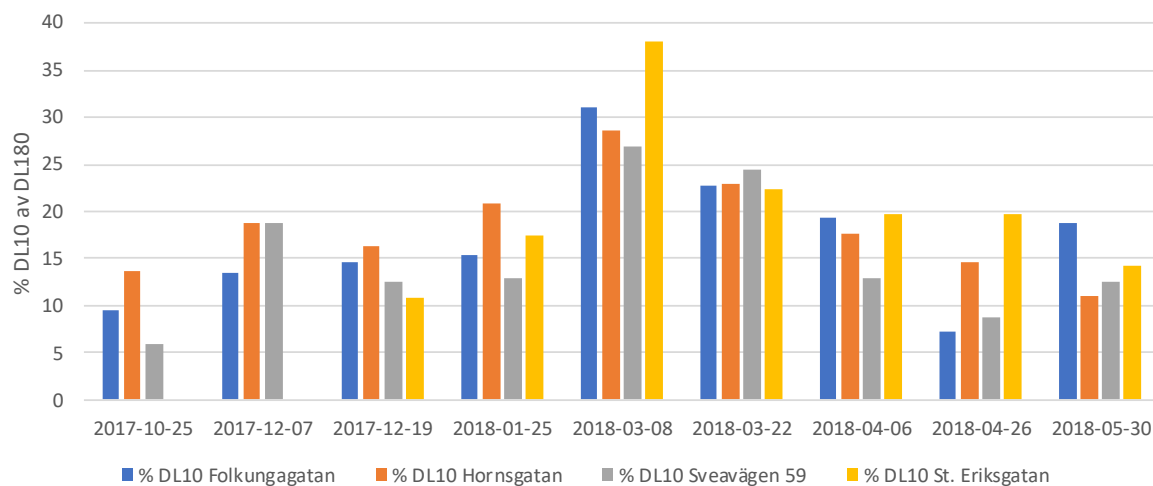
5.1.2. Variation av DL10 i vägdamn över vintersäsong mellan hjulspår

Med hjälp av storleksfördelningsanalys kan mängden partiklar mindre än 10 μm (DL10) beräknas. Andelen DL10 av DL180 i proverna över säsongen redovisas i Figur 19. Andelen varierar mellan 15 och 25 % under säsongen. De lägsta andelarna återfinns i de sista proverna i slutet på maj.



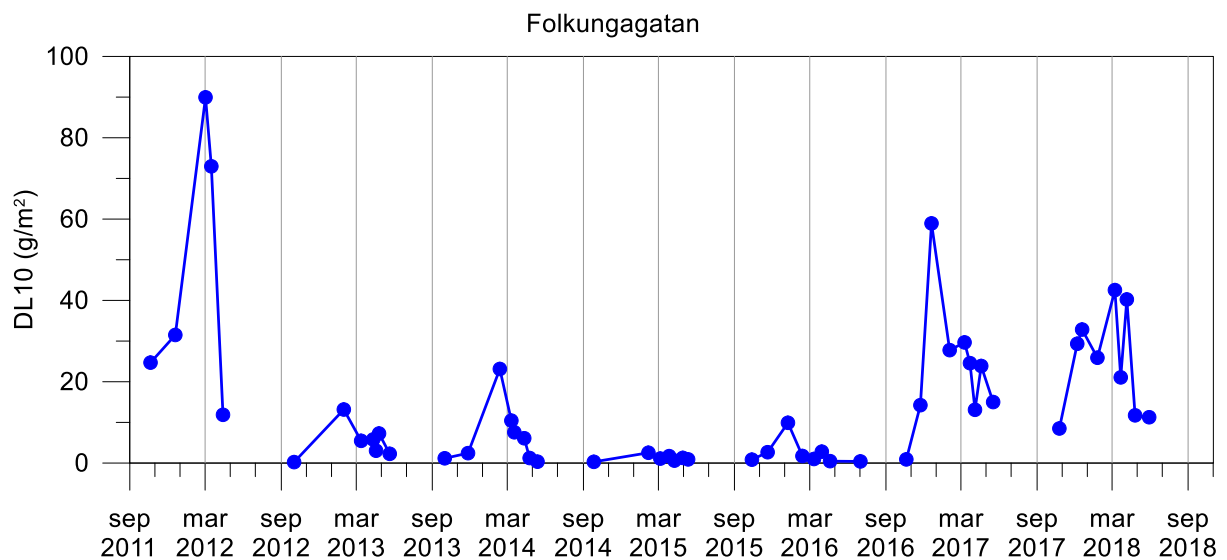
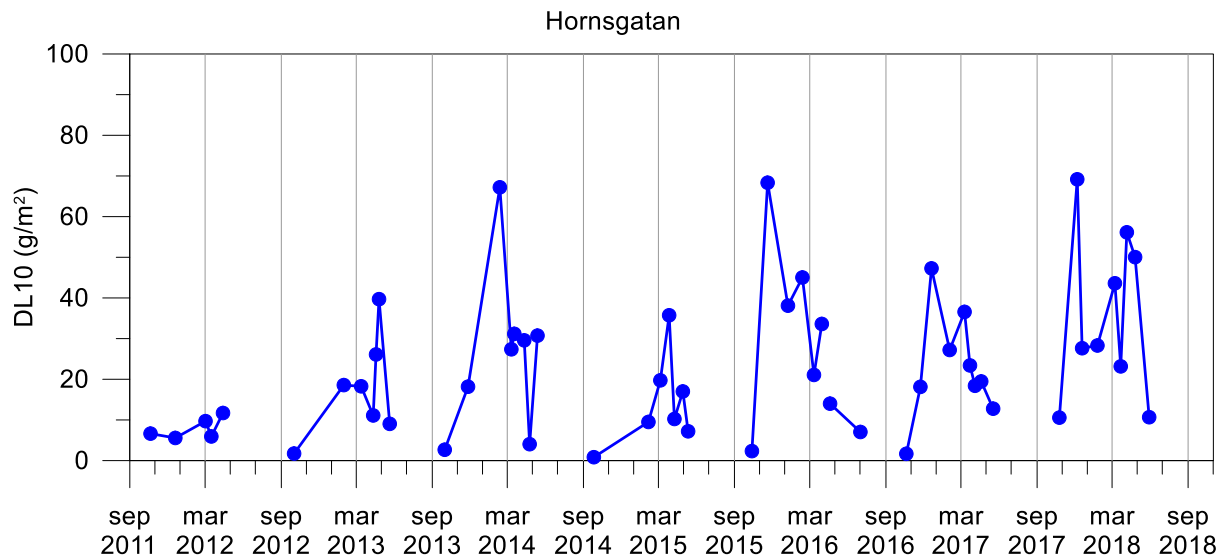
Figur 19. Andel av DL180 som är mindre än 10 μm (DL10) under säsongen 2017–2018 mellan hjulspår på mätgatorna.

Vid kantstenen är mönstret över säsongen något tydligare, med ganska låga andelar DL10 fram till och med januari, följt av nästan dubbla halterna i början på mars och sedan en avtagande halt under våren (Figur 20).

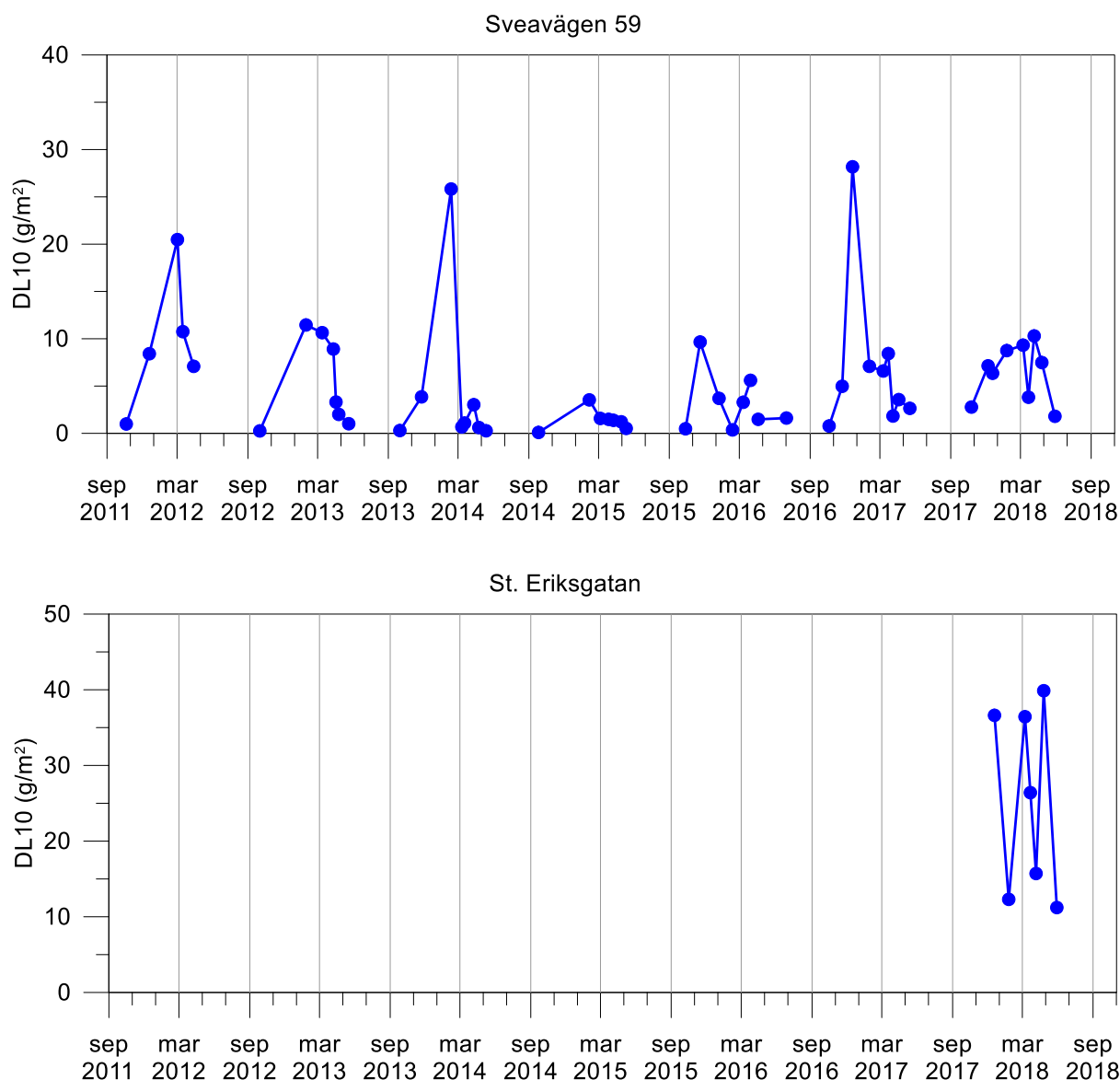


Figur 20. Andel av DL180 som är mindre än 10 μm (DL10) under säsongen 2017–2018 vid kantstenen på mätgatorna.

Om andelarna kombineras med mängderna DL180 kan mängden DL10 på vägytan beräknas. Variationen över säsongen och mellan mätlokaler följer generellt variationen i DL180. Hornsgatan och S:t Eriksgatan har generellt högst DL10-mängd följda av Folkungagatan och Sveavägen. Liksom för DL180, kan en trend av ökande DL10-mängder ses på Hornsgatan och en antydning till ökande mängder även på Sveavägen.



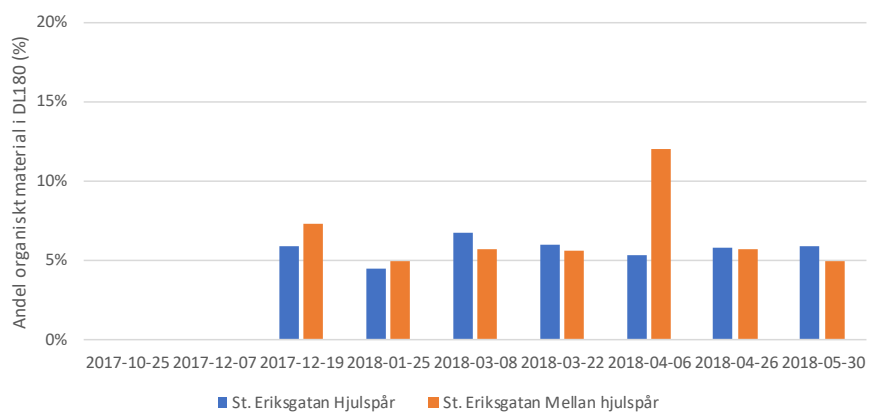
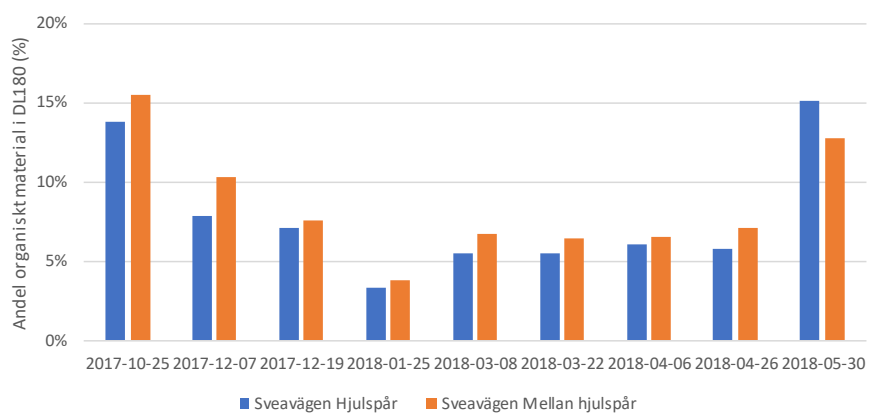
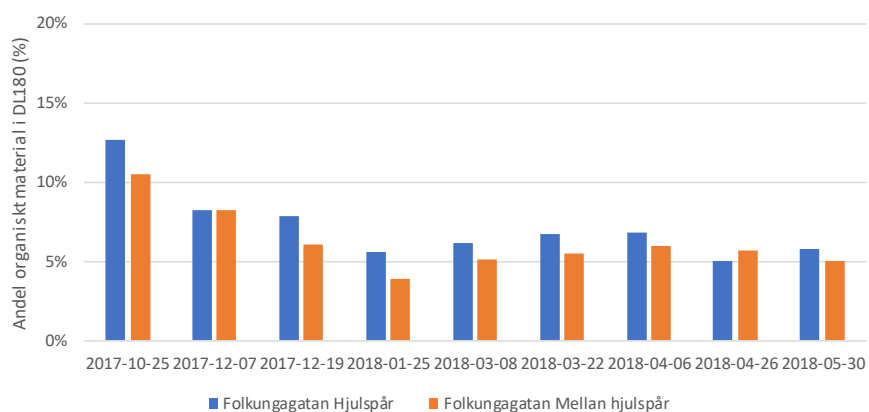
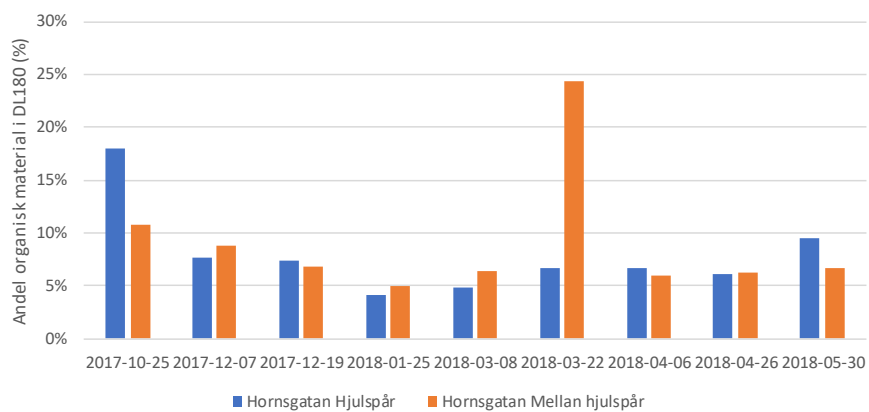
Figur 21. Mängd damm mindre än 10 µm (DL10) på vägytan mellan hjulspår på Hornsgatan och Folkungagatan.



Figur 22. Mängd damm mindre än 10 µm (DL10) på vägytan mellan hjulspår på Sveavägen 59 och S:t Eriksgatan. Observera skilda skalor på y-axlarna.

5.1.3. Organisk andel i DL180

Vägdamm består i huvudsak av mineraler från slitage av beläggingssten och sand, men en viss andel är bitumen, däckgummi och finfördelat material från till exempel pollen, svampsporer, nermalda växtdelar och fibrer med organiskt ursprung. Medelvärdet för den organiska andelen av DL180 var för mätningarna under 2017–2018 mellan knappt 5 % i januari till runt 15 % på hösten och våren. Under hösten avtar andelen organiskt material som ett resultat av det ökande bidraget av slitage från vägytan och minskande organiska källor. På Sveavägen, som är kantad av stora träd, kan en ökning av andelen organiskt material i slutet på säsongen ses. På hösten kan rester från lövfällning vara en orsak medan till exempel pollen och blomrester kan bidra på våren. Andelen organiskt material under vintern 2017–2018 är något lägre än föregående säsong. En observation är att Folkungagatan oftast har lägre organisk andel mellan hjulspår, medan förhållandena är omvända på Sveavägen (Figur 23).

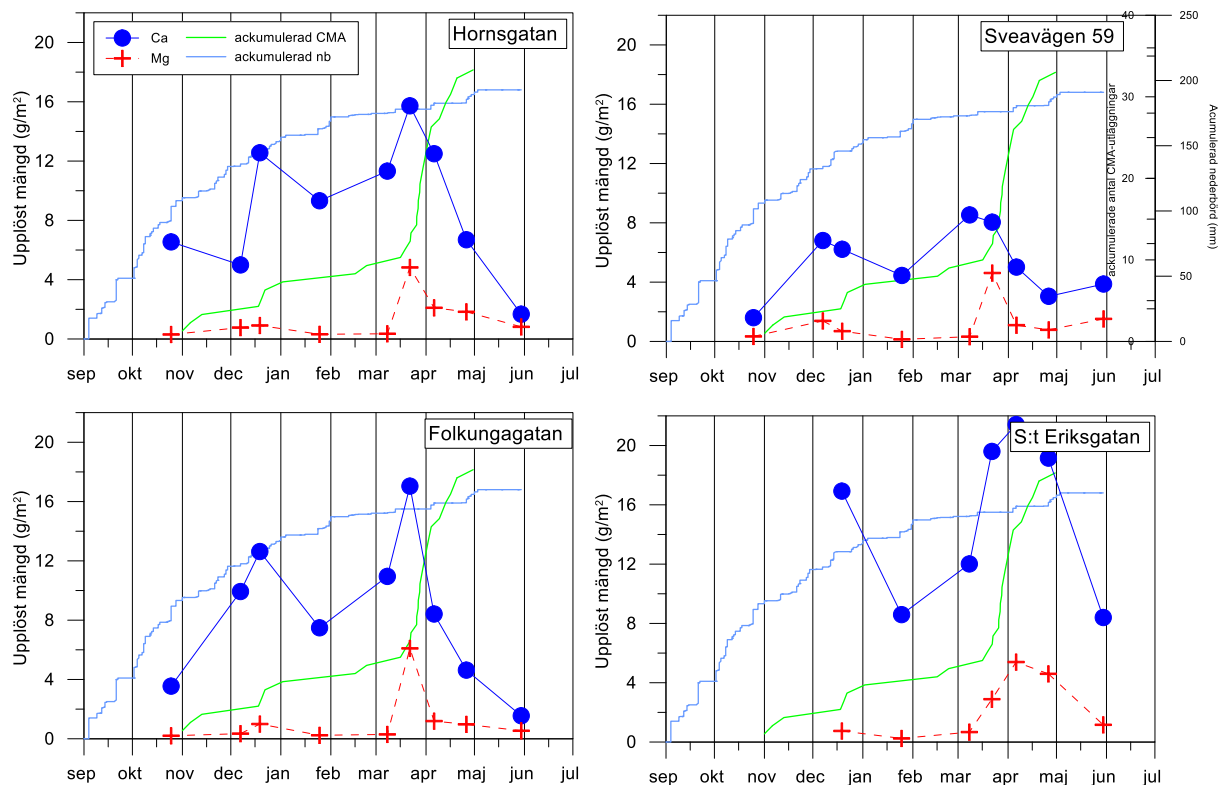


Figur 23. Andel organiskt material i DL180 under säsongen 2017–2018.

5.1.4. Variation av joner på vägytan under vintersäsongen 2017–2018

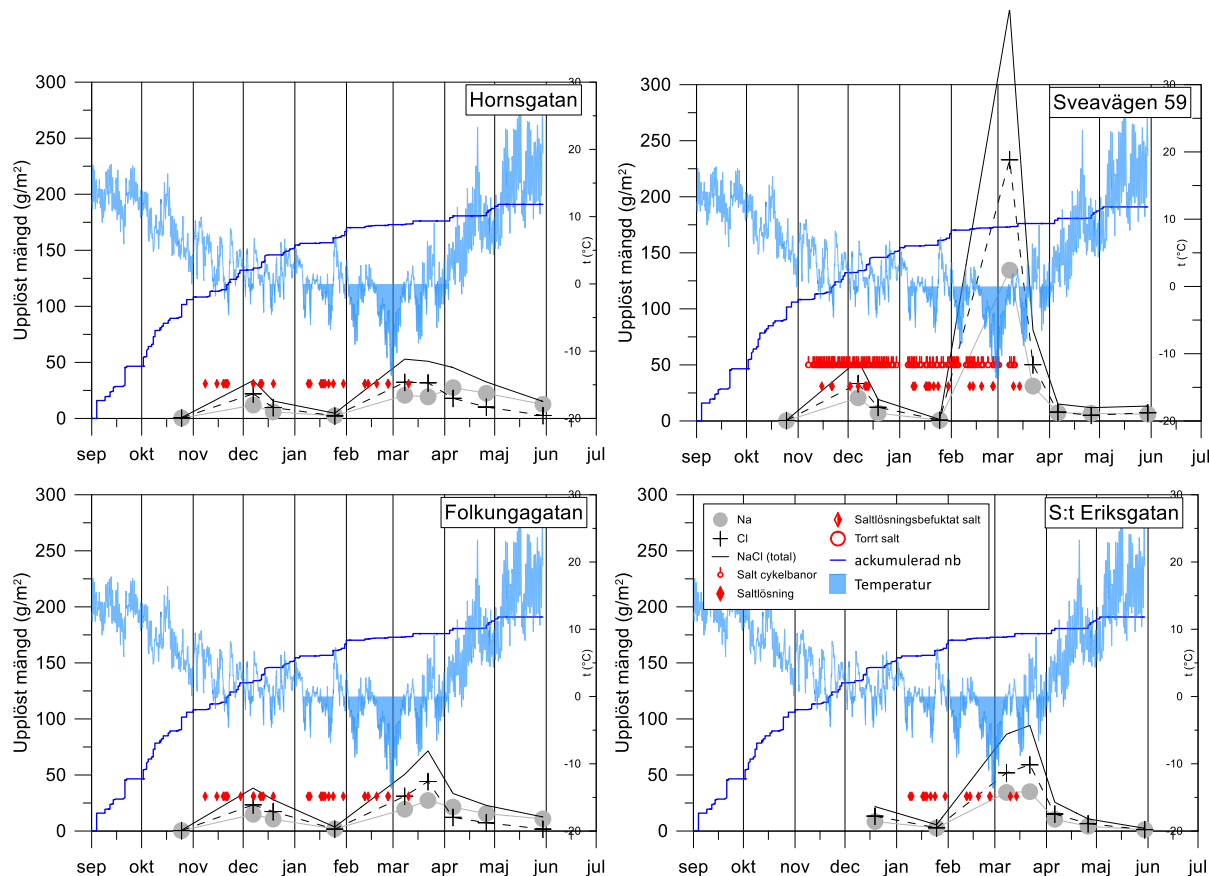
Tidsserier av jonerna som kan kopplas till dammbindning, magnesium (Mg^{2+}) och kalcium (Ca^{2+}) (CMA) visas i Figur 24. I figuren visas även de ackumulerade CMA-utläggningarna, som tillför jonerna, och ackumulerad nederbörd, som är en viktig process för jonernas utspädning och borttransport från vägytan.

Gatorna följer i princip samma mönster under säsongen. CMA-användningen påbörjas i mitten av oktober och jonmängderna stiger. I mitten på december har samtliga gator en topp i mätningen under en torrare period då CMA läggs ut frekvent. I slutet på januari är halterna lägre efter nederbörd och låg frekvens av CMA-utläggning. I mars infaller en torr period och CMA-utläggningarna tilltar och höjer jonmängderna på vägytan. Sveavägen har något lägre Ca-halter än de övriga gatorna. Skillnaderna mellan jonmängderna är dock inte i nivå med skillnaderna i dammförrådet mellan gatorna. Magnesiummängderna är snarlika på alla fyra gatorna.



Figur 24. Mängden Ca^{2+} och Mg^{2+} (som påverkas av CMA-utläggning) på vägytorna under mätperioden 2017–2018 kombinerat med ackumulerad nederbörd och CMA-utläggningstillfällena.

Variationen i joner som kopplas till vägsalt (natrium och klorid) visas i Figur 25. Nivåerna är likartade på alla gator utom på Sveavägen, vilket sannolikt beror på att cykelbanorna sopsaltades på Sveavägen för bättre framkomlighet för cyklister vintertid. Samtliga gator har ett maximum i NaCl-halt i samband med köldperioden i månadskiftet februari-mars. De lägsta värdena noterades vid första mätningen på hösten innan saltningen startat och i mätningen i slutet på januari.



Figur 25. Mängden klorid och natrium (som påverkas av vägsaltning), summerad klorid och natrium samt ackumulerad nederbörd (mörkblå "trappstegslinje", temperatur (ljusblå kurva) och utläggningstillfällena för vägsalt i olika form.

Mängden acetat på vägytan var denna säsong generellt under detektionsnivåerna.

5.2. Luftkvalitetsmätningar

5.2.1. PM₁₀-halter

Vid årsskiftet 2017–2018 ersattes mätstationen på Norrlandsgatan med en ny mätstation på S:t Eriksgatan 83. Dessutom blev SLB under våren 2018 tvungna att flytta mätstationen på Folkungagatan. Den vid Folkungatan 57 avslutades den 2 mars och den vid Folkungatan 70 startades den 30 mars. Detta medför att långvariga trender enbart går att följa för Sveavägen och Hornsgatan under säsongen 2017–2018 och dessutom enbart för data januari till maj. (I tidigare rapporter har november till maj använts). Periodmedelvärdet av PM₁₀-halterna under januari till maj för åren 2007–2018 visas i Figur 26. Hornsgatan visade på tydligt högre halter under våren 2018 jämfört med 2017 samtidigt som Sveavägen visade lägre halter. S:t Eriksgatan visade sig ha högre halter än de andra stationerna. Inga mätningar har gjorts tidigare på S:t Eriksgatan så det går inte att uttala sig om trenden av halterna där.

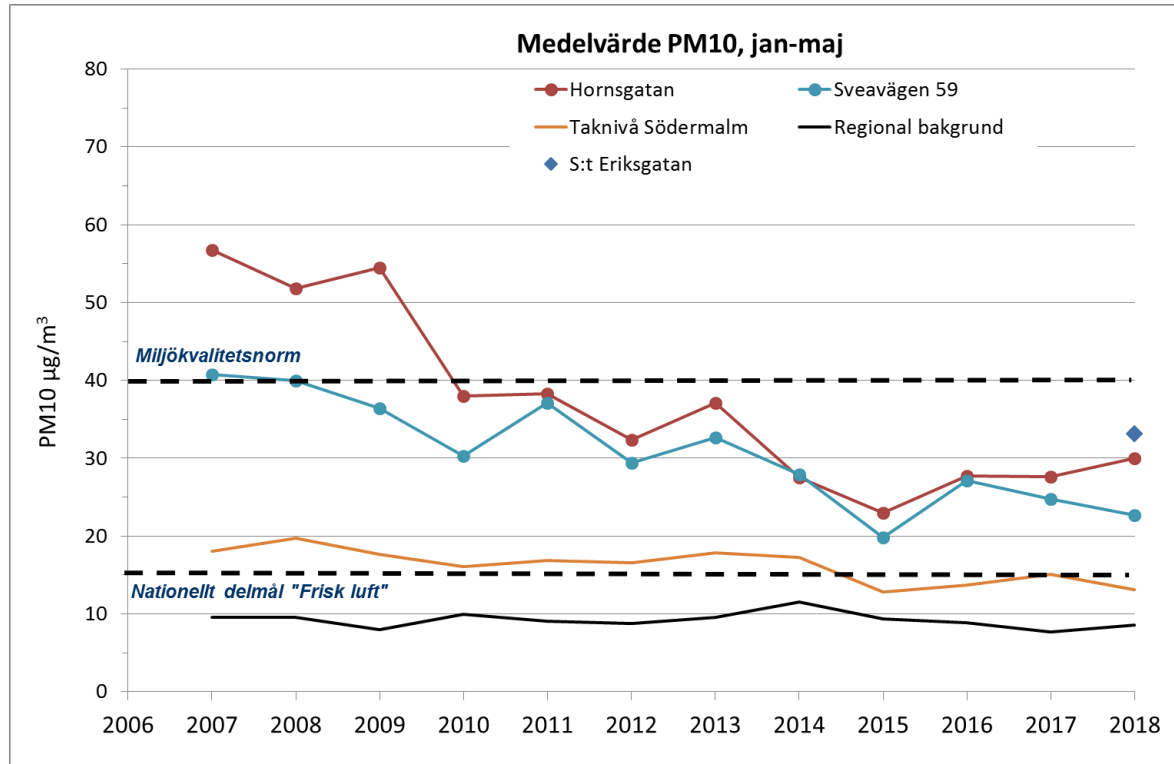
I Figur 15 och Figur 16 ses att damnmängderna generellt har ökat på gatorna med långa mätserier på samma platser (Sveavägen och Hornsgatan) och att en orsak verkar vara att damnmängderna är höga redan på hösten och att halterna är fortsatt förhållandevis höga även efter att insatserna upphört i april. I kombination med torrt väder är dessa förhållanden negativt för luftkvaliteten med avseende på PM₁₀. Sveavägen passar dock inte in i detta resonemang då PM₁₀-halterna där varit lägre i januari till maj än förr. Dock är damnmängderna på Sveavägen fortsatt lägst av samtliga gator, vilket gör att bidraget från vägdammet till PM₁₀ då gatan torkar upp i mitten på mars och fram till maj, inte höjer medelvärdet för

hela perioden nämnvärt då halterna i januari till mitten på mars var särskilt låga. De höga dammängderna på S:t Eriksgatan bidrar till höga PM₁₀-halter. Enligt loggen maskinsopades inte gatan alls mellan oktober till april (jämfört med 5 maskinsopningar på övriga mätgator), vilket kan vara en av orsakerna till höga dammängder och PM₁₀, men även det pågående bygget invid gatan kan vara en dammkälla.

PM₁₀-halterna uppvisar generellt en tydlig nedåtgående trend sedan 2007. Denna trend är tydligast för Hornsgatan. I samband med att dubbdäcksförbudet infördes 2010 ses en markant nedgång. Under 2012 kompletterades detta sedan med dammbindning och städåtgärder vilket resulterade i ytterligare sänkning. Från 2014 intensifierades åtgärderna vilket har hjälpt till att sänka halterna. Mellan de två senaste åren (2017 och 2018) har däremot en marginell ökning av PM₁₀-halterna konstaterats på Hornsgatan.

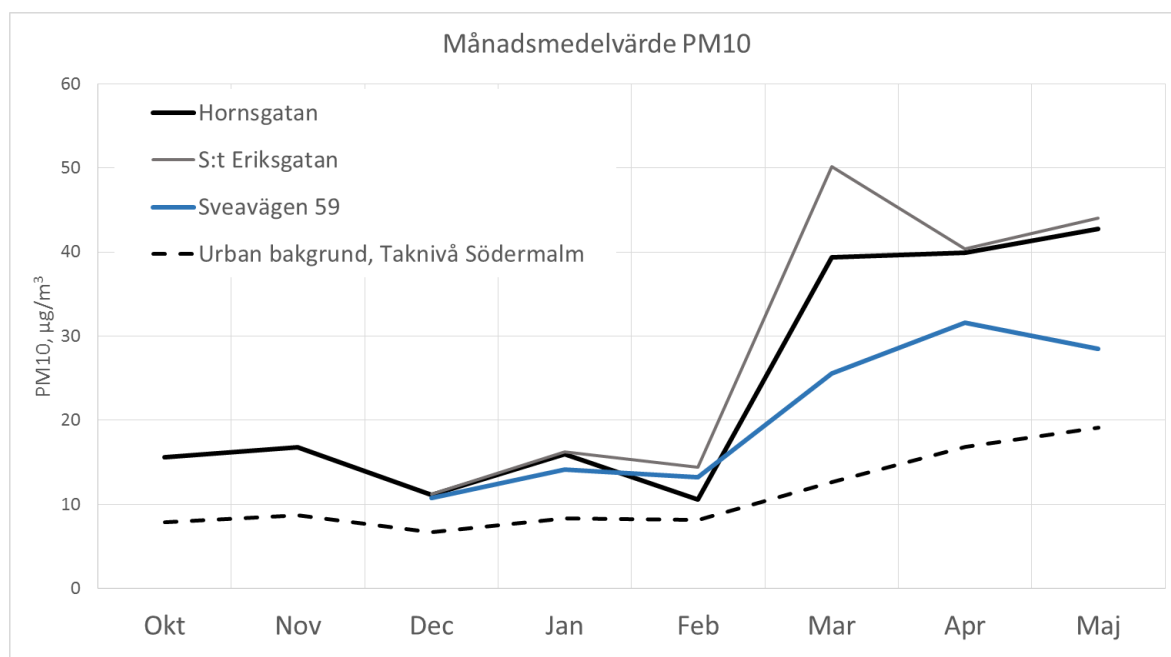
Den regionala bakgrundshalten representerar den del av PM₁₀-halterna som kommer från andra länder och regioner och mäts utanför Norrtälje. Den urbana bakgrundshalten uppmäts i taknivå vid Torkel Knutssonsgatan på Södermalm på 20 meters höjd och representerar PM₁₀-halterna som uppmäts i taknivå i Stockholm. Den urbana bakgrundshalten innehåller den regionala bakgrundshalten. Den regionala bakgrundshalten ökade något mellan 2017 och 2018 med ca 0,9 µg/m³. Däremot minskade den urbana bakgrundshalten ca 2,0 µg/m³ jämfört med 2017, och har uppvisat en nedåtgående trend sedan 2008 med vissa undantag.

I Figur 26 görs även en jämförelse med miljö kvalitetsnormen och även det nationella delmålet ”Frisk luft”. Observera att de angivna gränsvärdena gäller för kalenderår och mätningarna gjordes under en kortare period. I Stockholm uppmättes de högsta halterna under perioden mars till maj medan de är betydligt lägre under sommaren och tidig höst. Därför är de presenterade halterna i figuren högre än om data för hela året hade inkluderats. Årsmedelvärdet och jämförelse med gränsvärdet kommer redovisas i årsrapporten om luften i Stockholm under mars 2019.



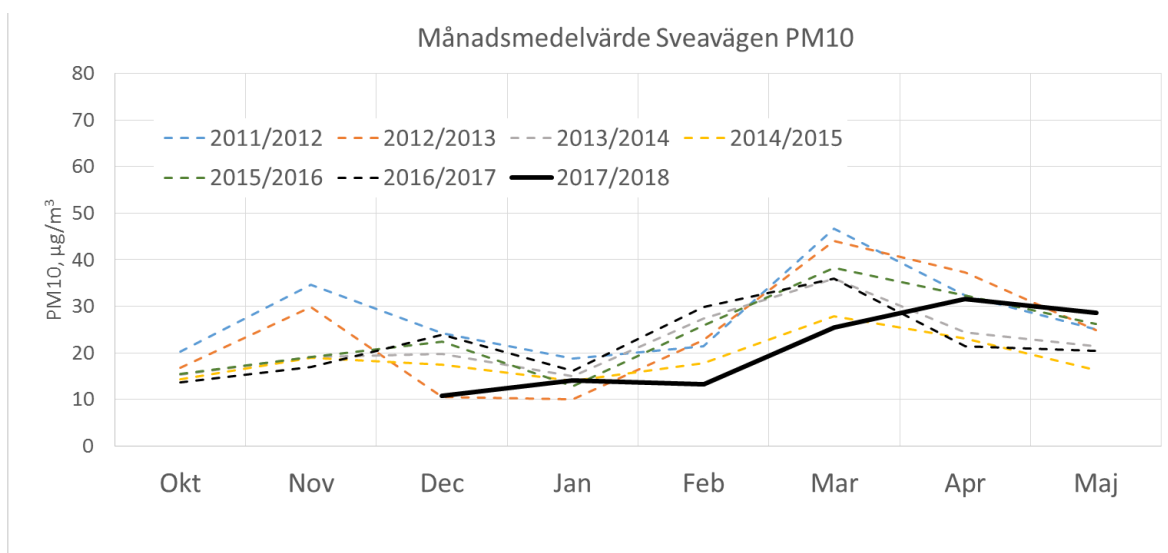
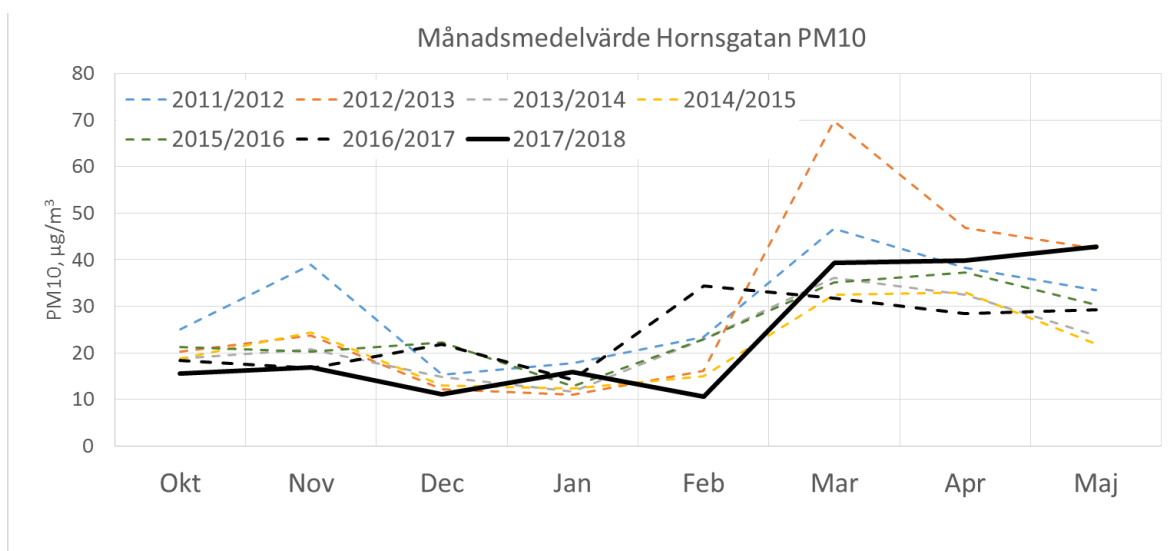
Figur 26. Medelvärde för PM₁₀ under perioden 1 januari t.o.m. 31 maj på mätstationerna i Stockholm. Månadsmedelvärden av PM₁₀-halterna visas i Figur 27. Samtliga stationer inklusive takstationen (urban bakgrund) på Torkel Knutssonsgatan uppvisar låga halter under oktober till och med februari.

Detta hänger samma med en snörik vinter och fuktiga körbanor, vilket visades i Figur 1 till Figur 4. Förhöjda halter under våren har alltid förekommit i Stockholm. Förhållandena mellan gatorna varierar en del under våren. De högsta halterna uppmättes på S:t Eriksgatan under mars. För Sveavägen uppmättes istället de högsta halterna under april. På Hornsgatan uppmättes de högsta halterna under maj månad vilket aldrig har skett förut. Både Sveavägen och S:t Eriksgatan har en nord-sydlig sträckning medan Hornsgatan har öst-västlig sträckning. Som visats tidigare (Figur 1) så var det ovanligt mycket ostliga vindar under maj månad vilket är en del i att höga halter uppmättes på Hornsgatan, men lägre på Sveavägen och S:t Eriksgatan.



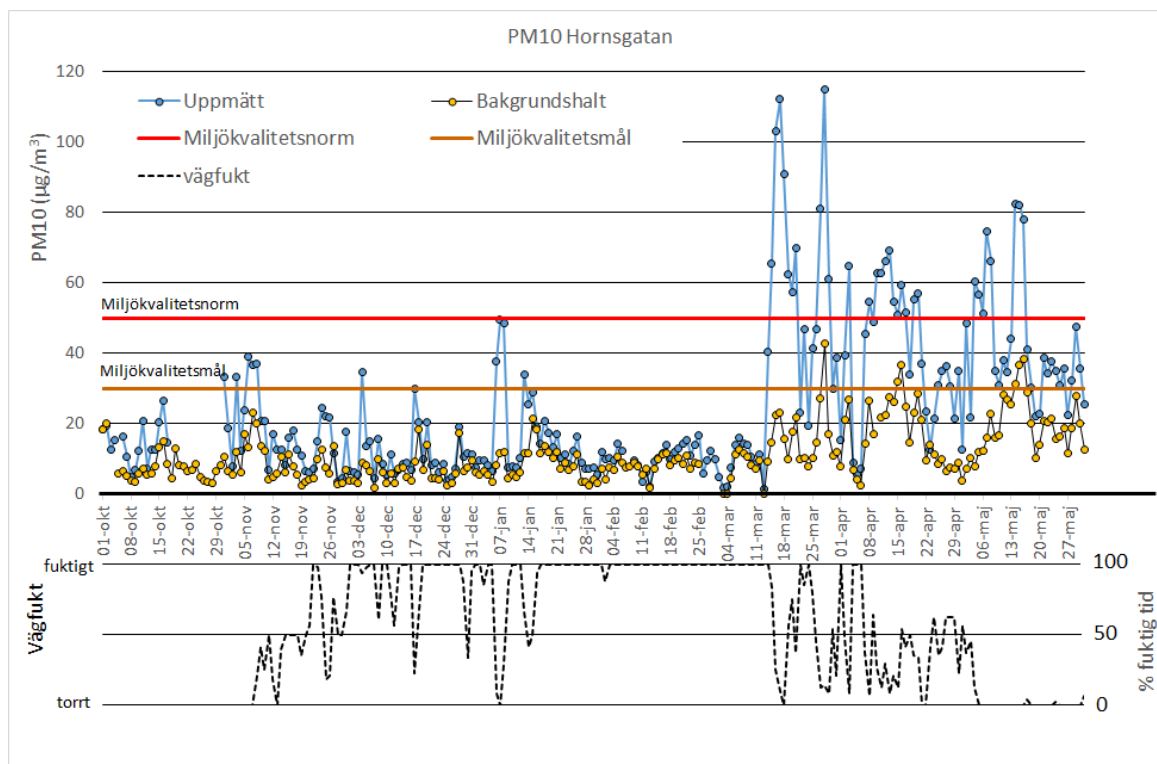
Figur 27. Månadsmedelvärden av PM_{10} under oktober 2017 till maj 2018.

Månadsmedelvärdena för PM_{10} under säsongen 2017–2018 på Hornsgatan och Sveavägen 59 jämförs med tidigare säsonger i Figur 28. Under oktober till och med februari uppmättes låga och till och med de lägsta halterna under samtliga studerade år. På Hornsgatan uppmättes högre halter under mars jämfört med de närmast tidigare säsongerna samtidigt som Sveavägen uppmätte de lägsta halterna av de jämförda åren. Under april var halterna bland de högsta åren och för maj de högsta halterna. Detta även på Sveavägen som ändå hade gynnsam vindriktning för låga halter. Den långvariga torra perioden i kombination med fortsatt höga dammängder på vägytan är en trolig orsak till de höga halterna.



Figur 28. Månadsmedelvärden av PM_{10} på Hornsgatan (ovan) och Sveavägen (nedre) under oktober till maj de fem senaste säsongerna.

Den tydliga säsongvariationen syns även för dygnsmedelhalterna som visas i Figur 29. De höga PM_{10} -halterna uppträdde under andra halvan av mars till och med maj under våren 2018. Samtidigt visas den stora betydelsen av vägytans fuktighet. Förhöjda halter jämfört med bakgrunds värdena uppträder enbart vid torr körbana. Samtidigt syns även att kraftigt förhöjda halter uppträder efter längre perioder av fuktig körbana, t.ex. under slutet av mars. Under hösten är däremot halterna bara något högre än bakgrundshalterna även vid torr körbana. Inga dygn med PM_{10} -halter över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uppmättes under hösten på Hornsgatan.

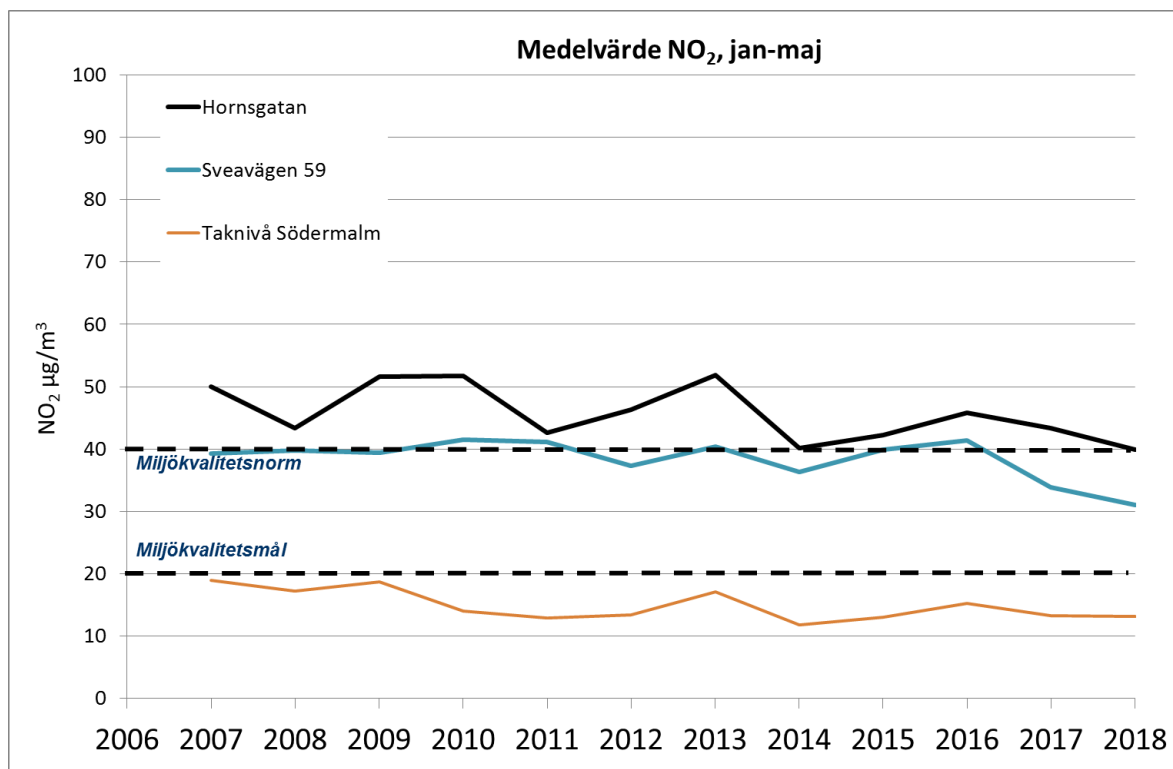


Figur 29. Uppmätta dygnsmedelhalter av PM₁₀ på Hornsgatan samt vid den urbana bakgrundstationen Torkel Knutssonsgatan på Södermalm under oktober 2017 till maj 2018. I den undre delen av figuren syns även dygnsmedelvärdet för vägytans fuktighet.

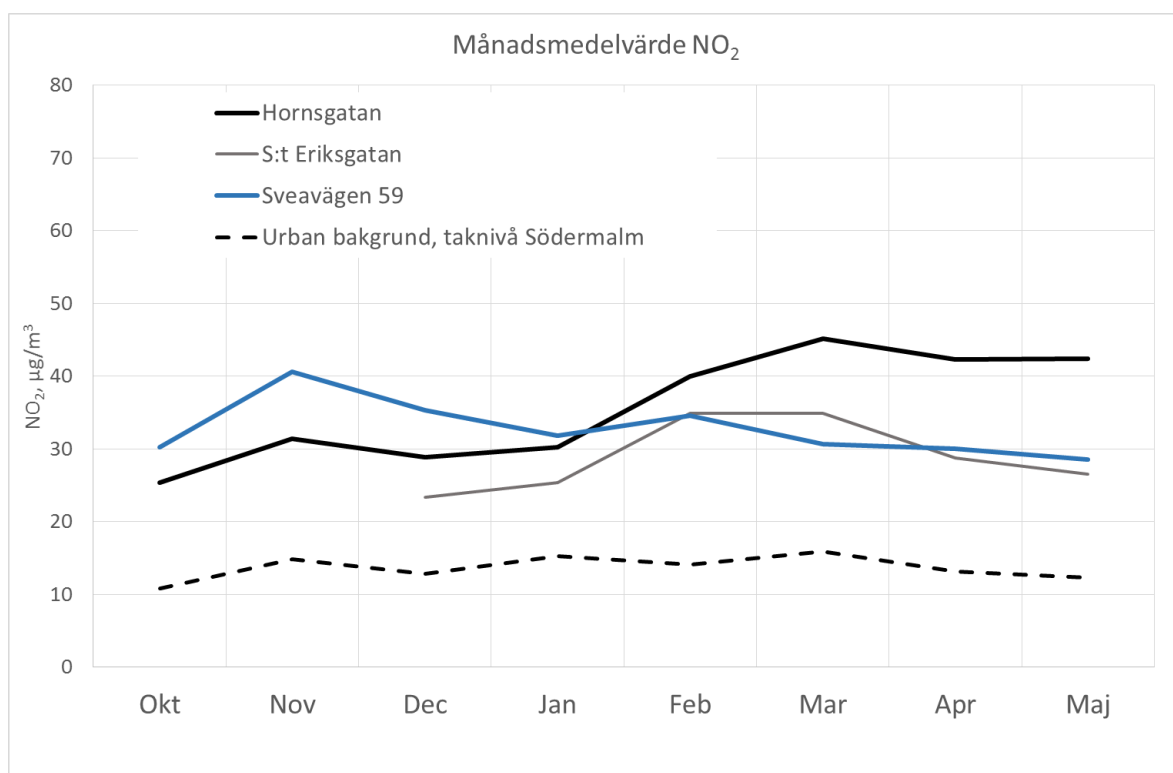
5.2.2. NO₂-halter

Kvävedioxid, NO₂, kommer framförallt från fordonsavgaser, via direktutsläpp och oxidation av NO som också kommer från fordonsavgaser. NO₂-halterna påverkas inte direkt av åtgärderna mot PM₁₀-halterna, men kan indirekt påverkas genom att någon åtgärd påverkar trafikflöde, fordonssammansättning eller hastighet. De uppmätta NO₂-halterna kan även användas som mått på hur vädret i form av vindhastighet och vindriktning har påverkat luftföroreningshalterna i staden. Periodmedelvärdet av NO₂-halterna under januari till maj visas i Figur 30. Sedan 2016 ses en antydning till nedgång på båda stationerna samt även i taknivå på Södermalm. Troligen har en förändring av fordonsflottan gett lägre utsläpp som ger sjunkande halter.

Inverkan av den förhärskande vindriktningen syns tydligt i månadsfördelningen i Figur 31. För oktober till januari så hade Sveavägen (den västra sidan) högre halter än Hornsgatan. Men under våren när de ostliga vindarna var ovanligt rikligt förekommande (Figur 1) så var istället Hornsgatan högre.



Figur 30. Medelvärde för NO₂ under perioden 1 januari t.o.m. 31 maj på mätstationerna i Stockholm



Figur 31. Månadsmedelvärden av NO₂ under oktober 2017 till maj 2018.

5.2.3. Jämförelse mot miljö kvalitetsnormen och miljö kvalitetsmålet för PM₁₀

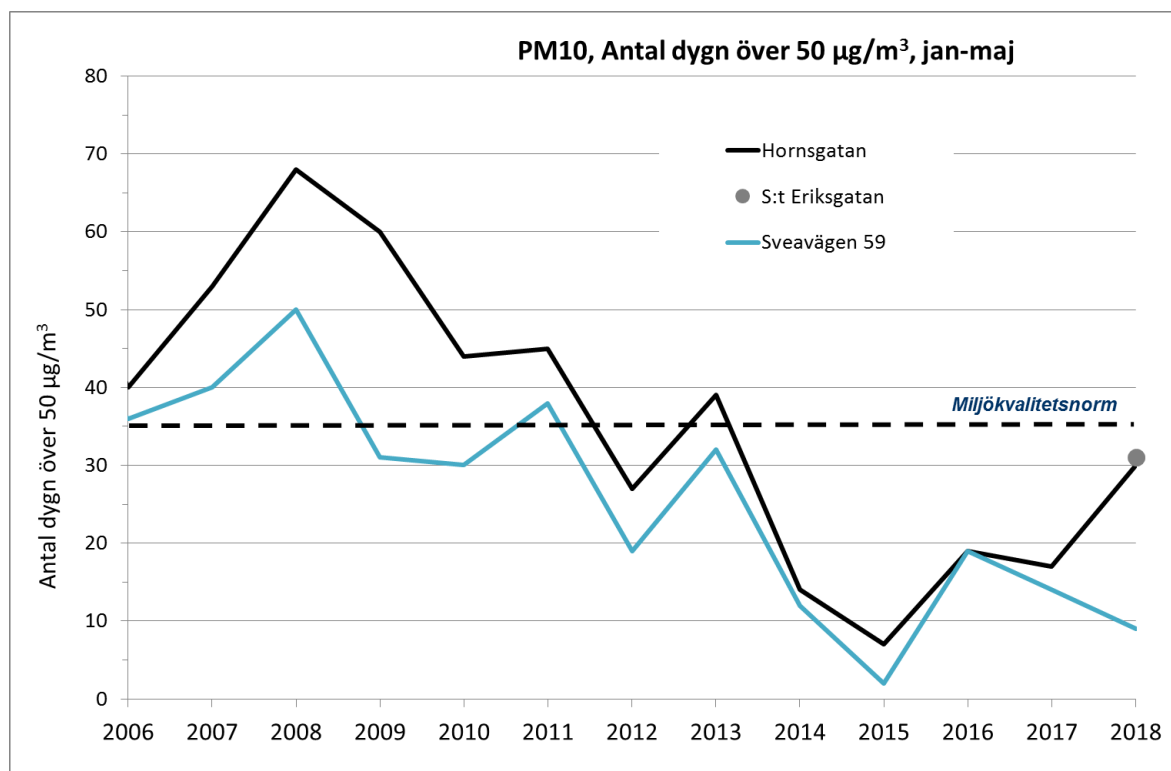
Utvecklingen av antalet dygn med PM₁₀-halter över 50 µg/m³ under perioden januari till maj visas i Figur 32. Miljö kvalitetsnormen gäller för kalenderår och därför visas antalet dygn från årsskiftet tills projektet slut. S:t Eriksgatan och Hornsgatan hade flest dygn som överskred miljö kvalitetsnormens

gränsvärde på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Både Hornsgatan och S:t Eriksgatan är nära att överskrida normen på 35 dagar. S:t Eriksgatan har till och med maj 31 dagar över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och Hornsgatan 30 dagar över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Våren 2018 innehöll något färre dygn med PM_{10} -halter över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ än under 2017 för Sveavägen. Däremot hade Hornsgatan betydligt fler dygn med PM_{10} -halter över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På S:t Eriksgatan mättes det för första gången och antalet dygn över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var 31 dvs. något fler än Hornsgatan. Ur ett längre perspektiv så var 2018 ett år med låga partikelhalter för Sveavägen, men för Hornsgatan nästan det högsta sedan 2013. Det är mycket ovanligt med dygn under hösten där PM_{10} -halten överstiger $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Så trots över 30 dygn över gränsvärdet $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (35 dygn är max tillåtet antal) på både Hornsgatan och S:t Eriksgatan, bedöms chansen som stor att miljö kvalitetsnormen för PM_{10} kommer att klaras vid samtliga mätstationer i centrala Stockholm under hela 2018, vilket i så fall är femte året i följd. Åtgärderna har varit en tydligt bidragande faktor till detta.

När det gäller miljö kvalitetsmålet är kraven strängare. Inte fler än 35 dagar över $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per år är tillåtet. Såväl Hornsgatan, Sveavägen och S:t Eriksgatan har överskridit miljö kvalitetsmålet för 2018.

Rapportering om halterna under hela 2018 kommer redovisas i årsrapporten för 2018 som publiceras under våren 2019.



Figur 32. Antalet dygn med halter över dygnsvärdet för miljö kvalitetsnormen för PM_{10} (maximalt 35 dygn per år får halterna vara över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) under perioden 1 januari t.o.m. 31 maj på gatorna i Stockholm.

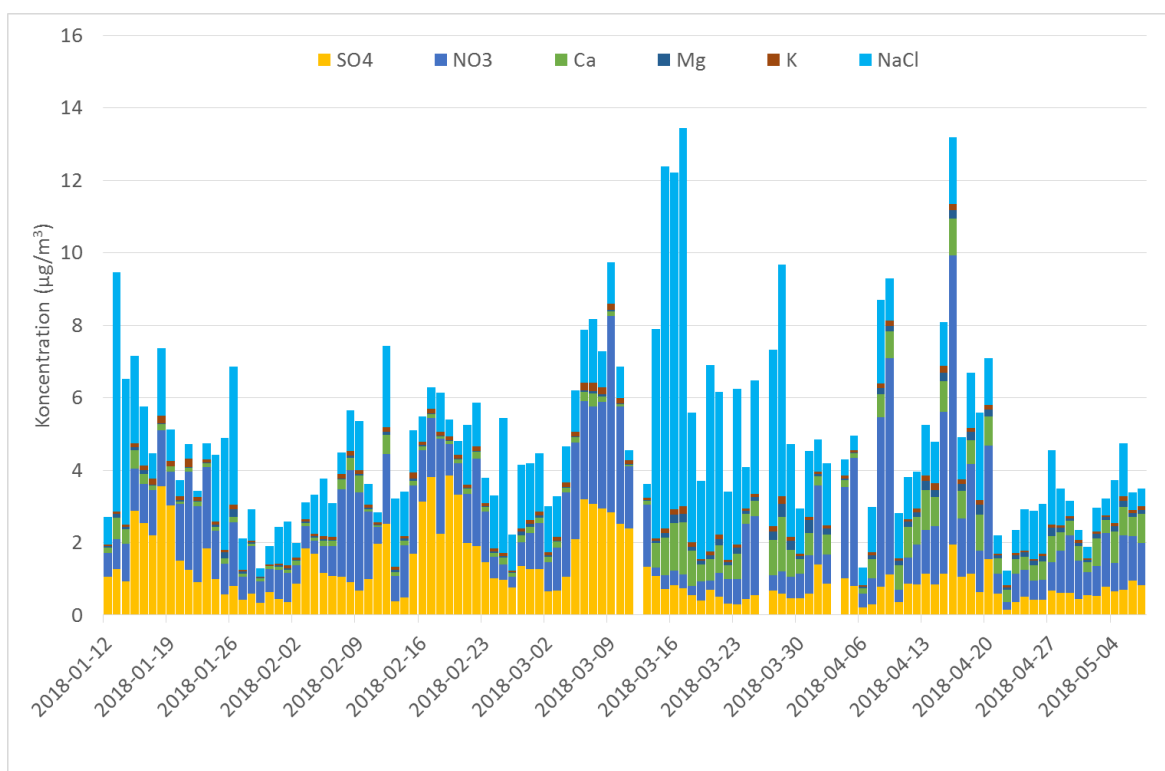
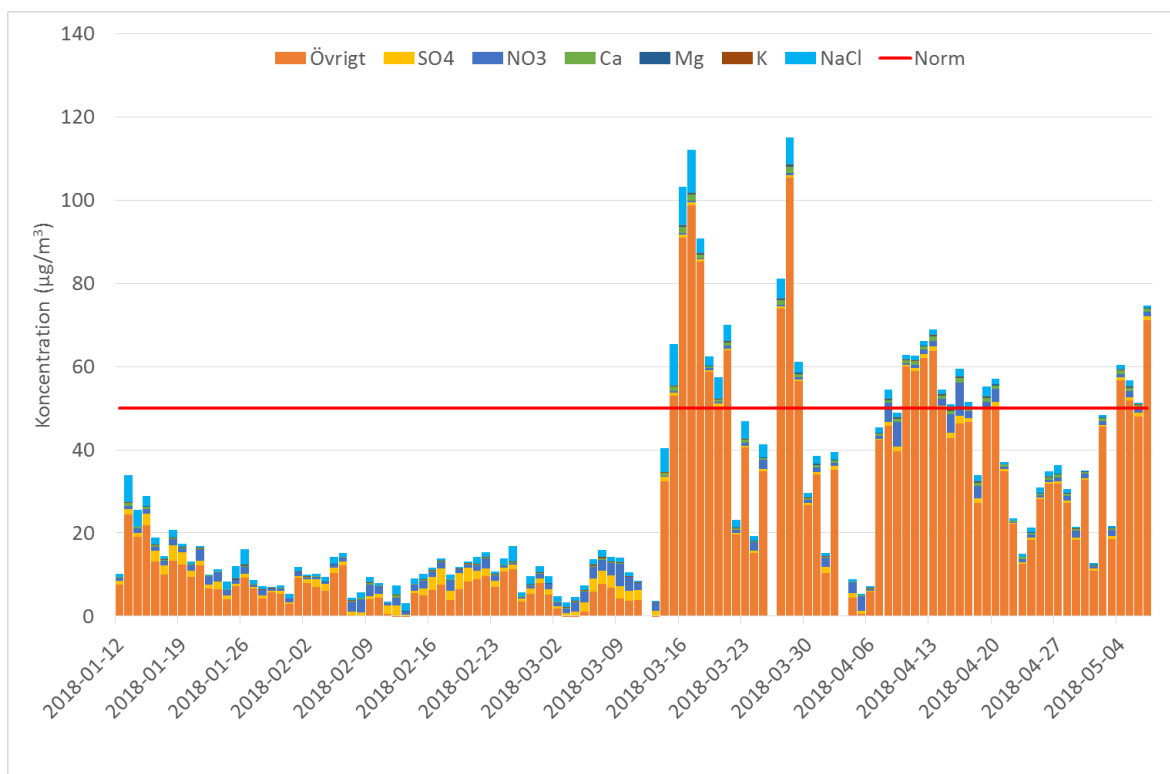
5.2.4. Kemiska analyser av PM_{10}

Provtagning för kemisk analys av PM_{10} gjordes under perioden 12 januari till 7 maj 2018. Analyserna visar ett antal kemiska komponenter i PM_{10} . Resultaten presenteras i Figur 33. Natriumklorid (NaCl) som till största del kommer från vägsalt, utgör i genomsnitt 5,8 % av den totala PM_{10} -halten, vilket är $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta är något mindre än den andelen som rapporterades föregående vårsäsongerna 2016 samt 2017 under ungefär motsvarande period.

Enligt luftkvalitetsdirektivet EU 2008/50/EG får vägsalt subtraheras från de uppmätta totala PM₁₀-halterna vid utvärderingen av antalet dygn med halter över gränsvärdet, förutsatt att rimliga åtgärder har vidtagits för att sänka koncentrationerna. Om natriumklorid hade subtraherats från den totala halten hade PM₁₀-halten underskridit 50 µg/m³ på Hornsgatan, där de kemiska analyserna gjordes, vid ytterligare ett dygn under den aktuella mätperioden. Antalet dygn för överskridanden av normgränsvärdet hade minskat med 1 dygn från totalt 26 till 25 dagar under perioden 12 januari–7 maj 2018. Notera att totala antalet dygn över miljö kvalitetsnormen under perioden för den kemiska analysen är något färre än i Figur 31 då mätperioderna är olika.

Övriga analyserade vattenlösliga joner är nitrat (5,0 % av den totala massan), sulfat (4,1 %), kalcium (1,3 %), kalium (0,3 %) och magnesium (0,3 %). Största delen är kemiska ämnen som inte analyserats. Denna del innefattar ammonium, mineraler, organiska ämnen, karbonat, elementärt kol, metaller och vatten. Kalcium och magnesium kan härstamma från dammbindningen med kalciummagnesiumacetat (CMA).

Inga källanalyser har gjorts i denna studie, men generellt bedöms det huvudsakliga ursprunget till nitrat och sulfat vara kväve- och svavelutsläpp i Central-, Väst- och Östeuropa, medan största delen av mineraler och metaller/metalloxider kommer från stenmaterial i vägbanan, sandningssand, samt från bromsslitage. Organiska ämnen och elementärt kol kommer både från förbränning av olika fordonsbränslen, biobränslen för uppvärmning av bostäder och från naturliga källor.



Figur 33. Övre delen: Dygnsvärden av den kemiska sammansättningen som en del av totala halten PM_{10} under 12 januari–7 maj, 2018. Röd linje anger gränsvärdet för PM_{10} , $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En tydligare översikt av den individuella jonsammansättningen framgår av nedre delen.

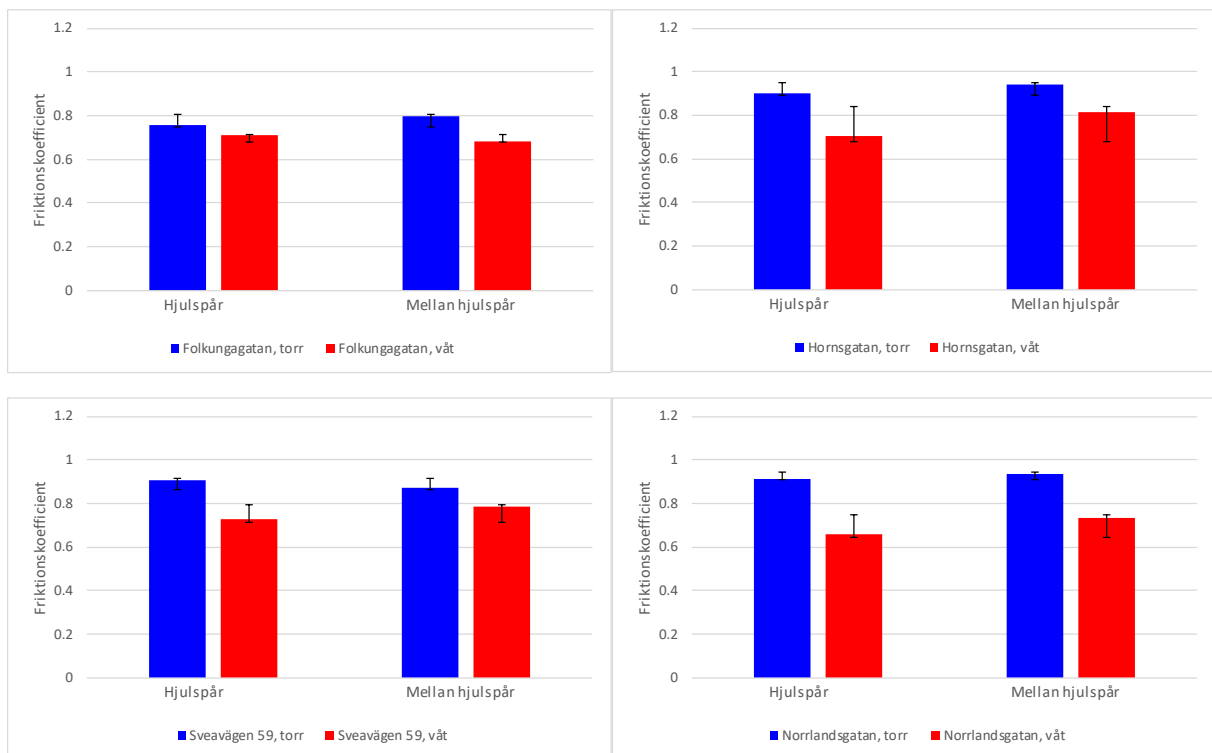
Nedre delen: Dygnsvärden under 12 januari–7 maj, 2018 av kemiska sammansättningen enbart av de joner som analyserats.

5.3. Friktion

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

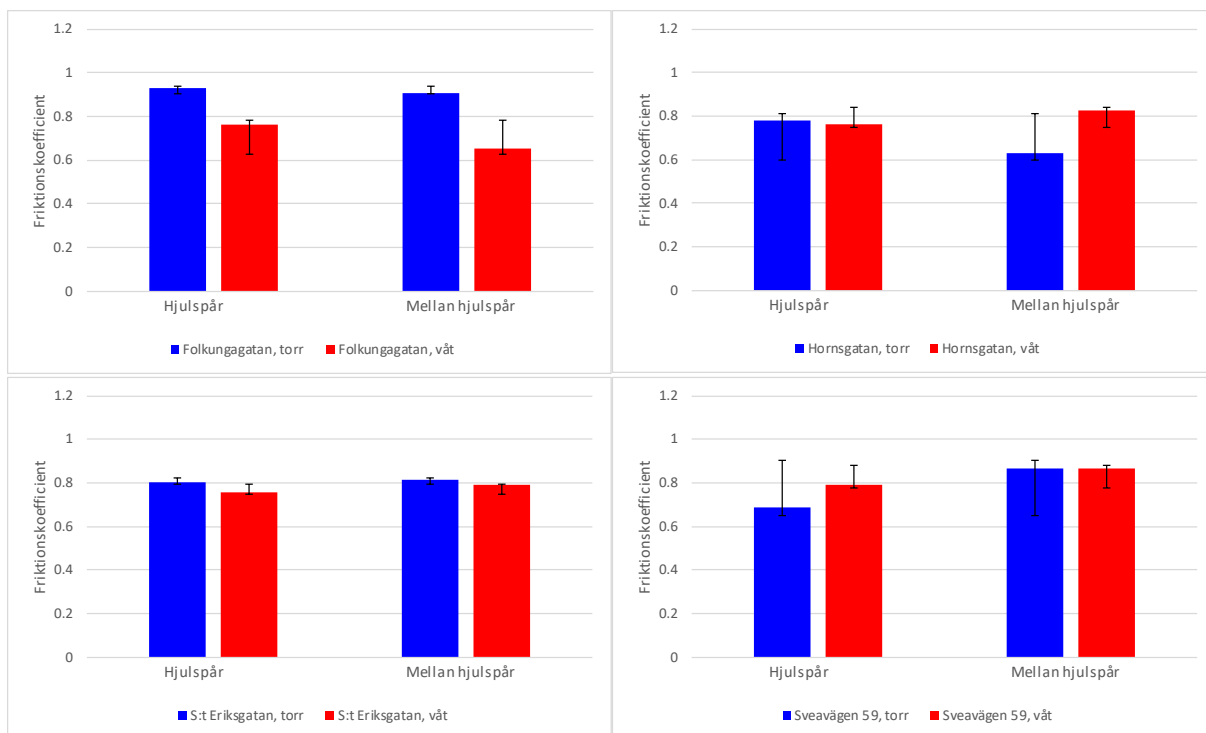
Tanken med friktionsmätningarna var att följa upp skillnaden mellan torr och våt vägbana i relation till CMA-användning. Friktionsmätning under säsongen genomfördes vid fyra mättillfällen. Endast vid två tillfällen kunde mätningar göras vid samtliga fyra mätplatser. Detta på grund av att mätningar endast utförts vid torr vägbana och inte under förhållanden då risk för att utlagt vatten fryser. Under två av mätningarna har nederbörd gjort att endast en eller två av mätplatserna använts.

Under första mättillfället i oktober, 2017, var torrfraktionen (friktion vid torr vägbana) på samtliga platser högre än våtfraktionen (friktion på våt vägbana), vilket är det normala. Folkungagatan har något lägre torrfraktion än övriga gator, vilket är intressant ur synpunkten att den består av porfyr, en mycket slitstark bergart, som ibland har benägenheten att poleras under sommarhalvåret och därmed få lägre friktion. Friktionsvärdet är dock inte riskabelt lågt, men cirka 0,1 lägre än övriga gator. Dock är inte våtfraktionen lägre än på övriga gator.



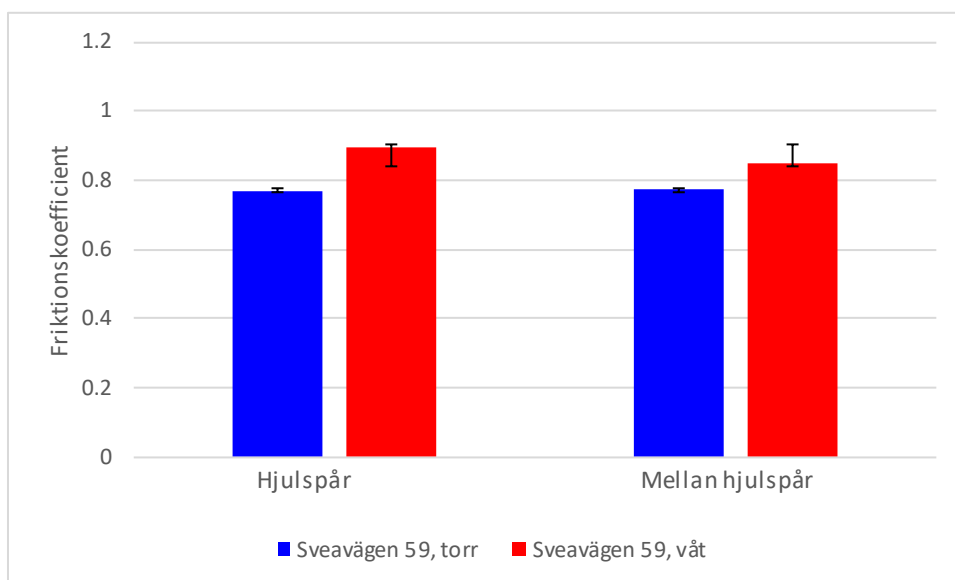
Figur 34. Torr- och våtfraktion uppmätt med PFT 2017-10-25. Felstaplar representerar standardavvikelse.

Vid mättillfället 22 mars 2018 (Figur 34) är torrfraktionen på Folkungagatan högre än på övriga gator. Dubbdäcken har nu ruggat upp beläggningarna och andra ytegenskaper än poleringsgrad påverkar friktionen. Folkungagatan är vid detta mättillfälle den enda gatan där torrfraktionen är tydligt högre än våtfraktionen. På Hornsgatan mellan hjulspår och i hjulspår på Sveavägen är torrfraktionen lägre än våtfraktionen, vilket kan tyda på en effekt av CMA, som lades ut frekvent under mars. På inga gator är friktionen under 0,5.



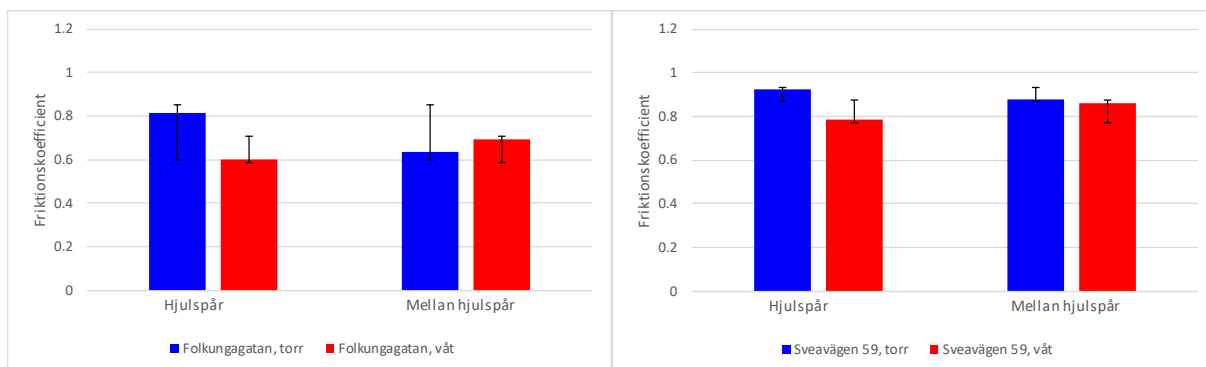
Figur 35. Torr- och våtfriktionv uppmätt med PFT 2018-03-22. Felstaplarna representerar standardavvikelse.

Vid mätillfället 6 april 2018 (Figur 36) uppmättes friktionen endast på Sveavägen, där våtfriktionen var högre än torrfriktionen i båda ytorna, vilket tyder på inverkan av CMA-utläggningen. Dock uppmättes inga friktionsvärden under 0,5, som är Trafikverkets riktvärde för torr körbana, heller vid detta tillfälle.



Figur 36. Torr- och våtfriktion uppmätt med PFT 2018-04-06.

Vid sista friktionsmätningen 25 april 2018 (Figur 37), är torrfriktionen lägre än våtfriktionen endast mellan hjulspår på Folkungagatan. Dock är torrfriktionen mellan hjulspår och våtfriktionen i hjulspår förhållandevis låg på Folkungagatan denna mätning.



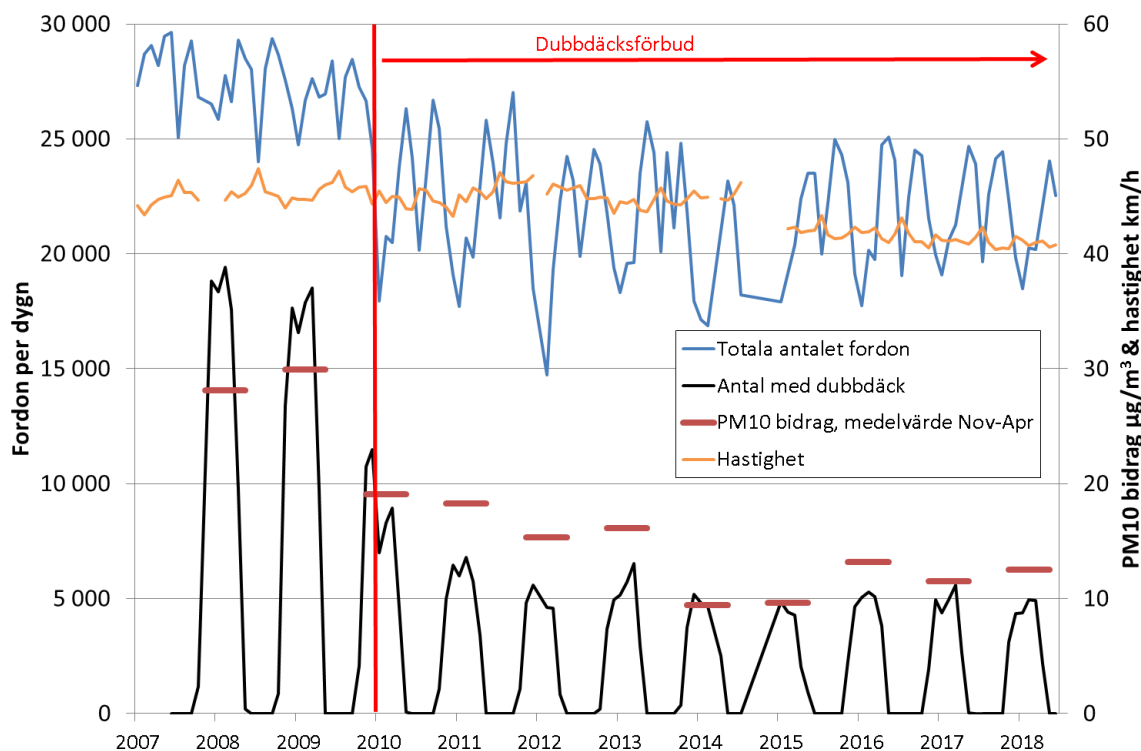
Figur 37. Torr- och våtfriktion uppmätt med PFT 2018-04-25.

6. Åtgärdernas effekter på PM₁₀-halterna

6.1. Trafikmängd och antal fordon med dubbdäck

Figur 38 visar att det totala antalet fordon och antalet fordon med dubbdäck på Hornsgatan har legat på ungefär samma nivå de senaste åren och betydligt lägre än före förbudet 2010. Antalet fordon med dubbdäck per dygn var ca 18 000 under vintrarna 2008 och 2009. Senaste vintrarna var antalet fordon med dubbdäck ca 5 000 fordon per dygn.

PM₁₀-bidraget under november till maj har beräknats som skillnaden mellan halten på Hornsgatan och halten i taknivå (urban bakgrund) på Torkel Knutssongatan. Figuren visar också att PM₁₀-bidraget från trafiken på Hornsgatan har sjunkit kraftigt sedan förbudet mot dubbdäck infördes, den 1 januari 2010. Däremot ses att PM₁₀-halterna från trafiken på Hornsgatan under senaste säsongen var något högre än för säsongerna 2013–2014 och 2014–2015. Det syns även att bidraget ökade jämfört med förra säsongen 2016–2017. För perioden november–april var medelvärdet 30 µg/m³ år 2008/2009 att jämföra med ca 12,5 µg/m³ den senaste säsongen 2017–2018. Samtidigt minskade alltså både trafiken, dubbdäcksanvändningen och hastigheten något på Hornsgatan. Detta sannolikt på grund av kombinationen torra körbanor och större dammdepå (delvis som resultat av mindre frekvent och/eller effektiv städning).



Figur 38. Utvecklingen av trafikflöde, dubbdäcksanvändning, hastighet och PM₁₀-bidrag på Hornsgatan.

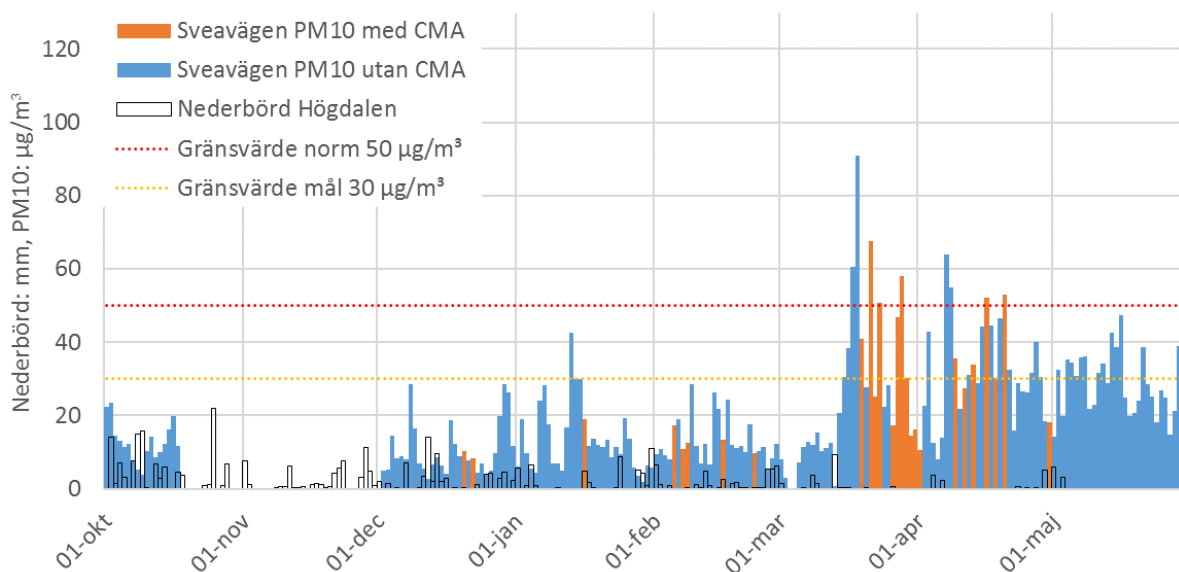
6.2. Dammbindning med CMA

Under vintersäsongen som sträcker sig från oktober 2017 till april 2018, har dammbindning med CMA utförts på 35 utav Stockholms innerstadsgator. Dammbindningen görs fram till slutet av april. Under våren 2018 uppträdde höga halter även under maj, men dessa har alltså inte påverkats av dammbindningen.

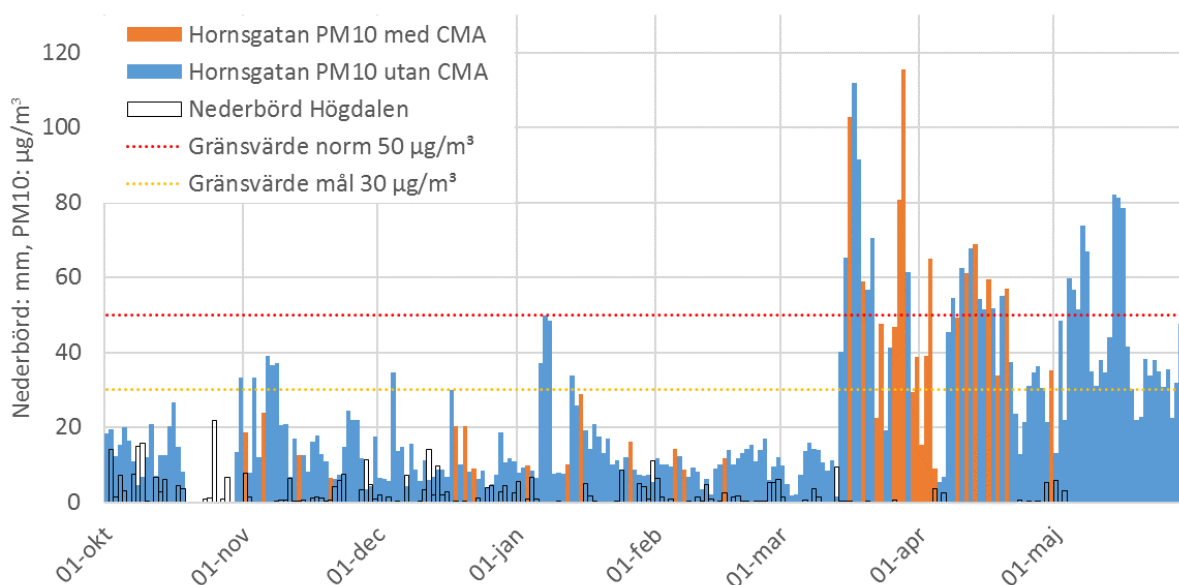
Det totala antalet tillfällen med CMA utlägg varierar något mellan gatorna. För de gator där SLB-analys har mätstationer är antalet dammbindningstillfällen mellan 29 till 34 tillfällen per gata under

perioden. CMA-utläggning i innerstaden sker enligt ett förbestämt körschema; natt till måndag, onsdag och fredag, så länge det inte snöar eller ligger snö på körbanan, regnar eller körbanan är blöt. Dessutom finns det möjlighet att utföra extra utläggningar även övriga dagar vid behov, till exempel om innevarande dag har höga partikelhalter och morgondagen förväntas vara torr, kommer med stor sannolikhet partikelhalterna även nästa dag vara höga, då kan extra utlägg av CMA vara nödvändigt.

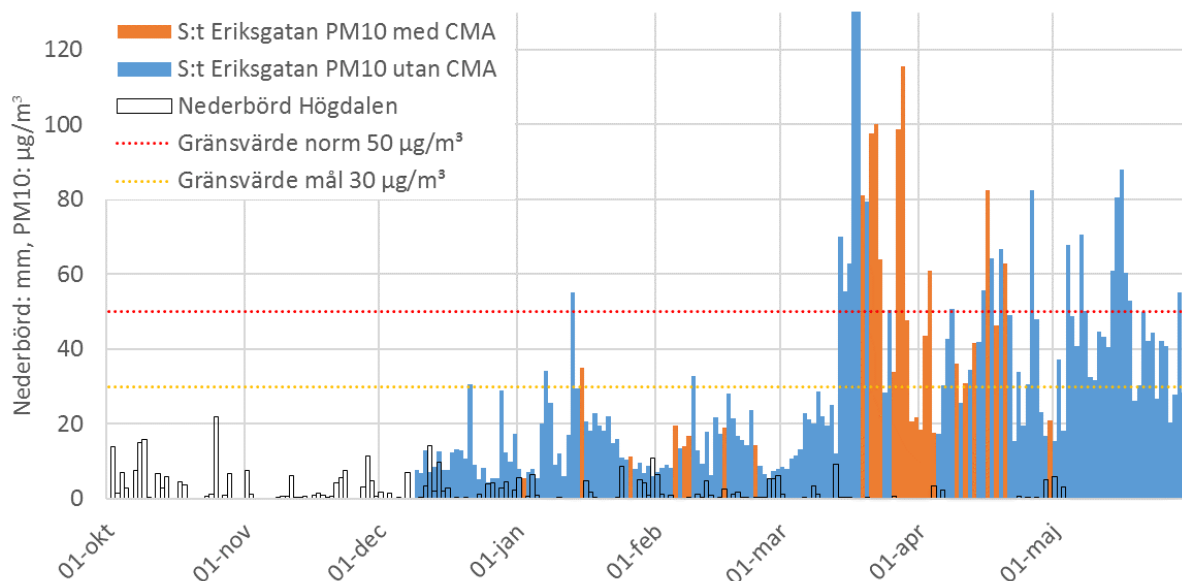
Följande Figurer Figur 39 till Figur 42 visar uppmätta dygnsmedelvärden av PM_{10} (blåa och orange staplar) för varje mätstation i gatumiljö i Stockholms innerstad för hela mätperioden. Varje dygn som dammbundits under säsongen är markerat med orange. Staplarna med svart kontur visar dygnsnederbörden i Högdalen, vilken antas vara samma för hela innerstaden. Röd linje visar gränsvärdet för miljö kvalitetsnormen för PM_{10} , den gula linjen visar gränsvärdet för miljö kvalitetsmålet för PM_{10} .



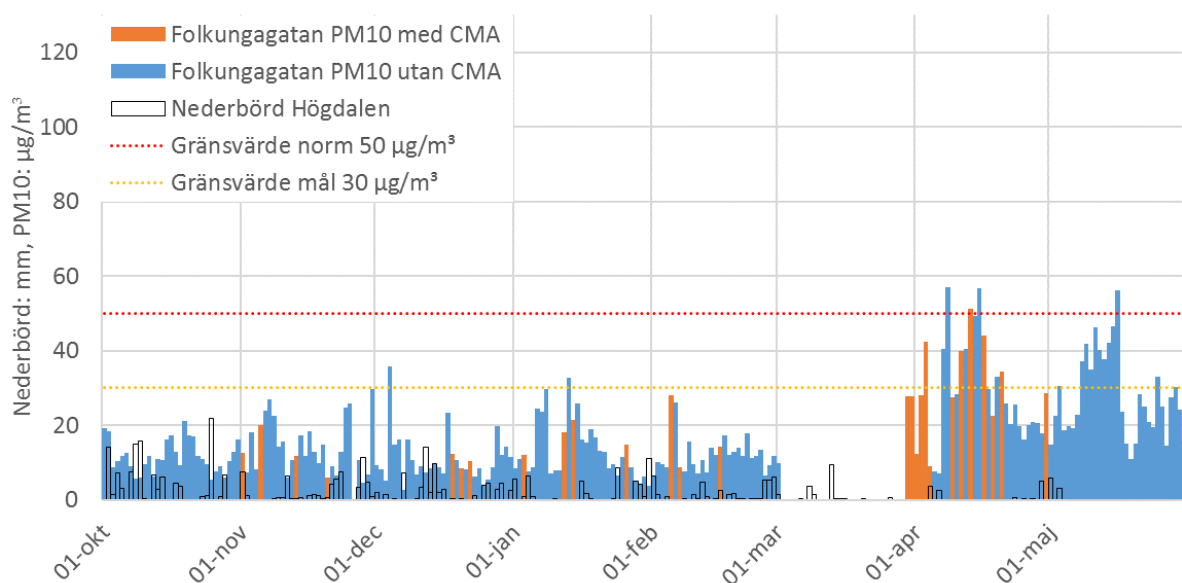
Figur 39. Dygnsmedelvärden av PM_{10} på Sveavägen 59 under säsongen okt 2017–maj 2018. Dammbindning med CMA är markerat orange. Svart kontur visar ackumulerad dygnsnederbörd. Prickade linjer visar gränsvärden för norm och mål.



Figur 40. Dygnsmedelvärden av PM_{10} på Hornsgatan under säsongen okt 2017–maj 2018. Dammbindning med CMA är markerat orange. Svart kontur visar ackumulerad dygnsnederbörd. Prickade linjer visar gränsvärden för norm och mål.



Figur 41. Dygnsmedelvärden av PM_{10} på S:t Eriksgatan under säsongen okt 2017–maj 2018. Dammbindning med CMA är markerat orange. Svart kontur visar ackumulerad dygnsmederbörd. Prickade linjer visar gränsvärden för norm och mål.



Figur 42. Dygnsmedelvärden av PM_{10} på Folkungagatan 53 (t.o.m. februari) och Folkungagatan 70 (fr.o.m. april) under säsongen okt 2017–maj 2018. Dammbindning med CMA är markerat orange. Svart kontur visar ackumulerad dygnsmederbörd. Prickade linjer visar gränsvärden för norm och mål.

Ur figurerna 39–42 kan man se att hösten och vintern hade låga PM_{10} -halter, med enstaka dagar då halterna var högre. I allmänhet börjar höghaltsperioden i slutet av februari, början av mars, medan 2018 började den inte förrän i andra halvan av mars. Halterna ökade på alla mätplatser utom Folkungagatan som hade mätavbrott p.g.a. vägarbete. Sveavägen visade samma tendens men betydligt lägre halter vilket troligen beror på Sveavägens riktning i förhållande till vindriktningen. I maj 2018 var det betydligt fler överskridanden av gränsvärdet än vad som är normalt för maj. Det finns flera olika förklaringar till varför det blev så. April var kallare än vanligt, med många dagar under nollan vilket förhindrade den stora sandupptagningen och gatustädningen med vatten som brukar ske runt påsk varje år. Kraftiga regn är också effektiva på att minska vägdamm, men våren hade väldigt få kraftiga regn vilket kan bero på att mycket vägdamm fanns kvar på vägarna, och att dammbindning

inte utförs i maj. Dammbindning utförs inte efter sista april med anledning av den försämrade friktionen som kan uppstå i samband med applicering (se avsnitt 4.2 Friktion), samtidigt som fler motorcyklister är ute på vägarna, och är mer utsatta för halt väglag än bilister. Därför utförs endast dammbindning t.o.m. sista april.

Tabell 5 visar vid hur många tillfällen som dammbindningsmedlet CMA applicerats nattetid för mätgatorna i Stockholms innerstad, antal dygn som överskridit gränsvärdet $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per gata, hur många dagar som skulle ha överskridit gränsvärdet om inte CMA hade applicerats, hur många dygn som trots CMA-utlägg överskridit gränsvärdet, hur många dygn som överskred gränsvärdet utan att dammbindning applicerats ("missar"), antal dammbindningstillfällen som utfördes i onödan, då halterna var så låga att även utan dammbindning hade dygnshalterna underskridit $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sist ges totala antalet dagar som skulle överskridit gränsvärdet om dammbindning hade applicerats alla dagar med höga halter.

Antal dygn som hade överskridit gränsvärdet utan CMA beräknas genom att anta att dammbindning med CMA sänker dygnsmedelvärdet av PM_{10} med mellan 20 % till 40 % (Johansson m.fl., 2006, Gustafsson m.fl., 2010). Enligt beräkningen hade S:t Eriksgatan överskridit normen och troligen Hornsgatan också om det inte vore för dammbindningen. I maj överskreds gränsvärdet ovanligt många gånger eftersom sista dammbindningstillfället skedde sista april och den årliga grusupptagningen blev försenad. Andra dagar som missats beror till viss del på dammbindningsschemat.

Antal onödiga dammbindningar beräknades genom att alla dygn med utlagt CMA fick 40 % högre PM_{10} -halt. Om den beräknade dygnshalten trots ökningen ej överstiger $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ räknas det som en "onödig" dammbindning. För Sveavägens var två tredjedelar av CMA-utläggen "onödiga" enligt denna beräkning, medan endast 12 tillfällen var onödiga på S:t Eriksgatan.

Om dammbindning hade lagts ut på alla dagar med dygnshalter över $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hade upp till 10 fler dygn räddats från att överskrida gränsvärdet på Hornsgatan och S:t Eriksgatan.

Tabell 5. Antal utförda dammbindningstillfällen för innerstadsgator i Stockholm under vintersäsongen okt 2017 till maj 2018 och antalet utfall av olika antal dygn då effekten av CMA inte varit tillräcklig för att sänka dygnsmedelvärdet under gränsvärdet. Antal dygn där dammbindning utförts i onödan. Antal dygn som enligt beräkning klarade gränsvärdet tack vare CMA. Antal dygn med överskridanden som inte dammbundits ”missar”, OBS! maj dammbinds ej p.g.a. minskad friktion i samband med CMA-utlägg samt att dammbindning har mindre effekt ju torrare och varmare det är då även CMA kan torka upp.

Okt-17 – MAJ-18	SVEAVÄGEN	HORNSGATAN	FOLKUNGAGATAN*	S:T ERIKSGATAN
ANTAL UTFÖRDA DAMMBINDNINGAR MED CMA	31 st	34 st	34 st	29 st
ANTAL DYGN DÅ CMA LAGTS UT MEN ÄNDÅ ÖVERSKRIDIT GRÄNSVÄRDET	5	9	*1	9
ANTAL DYGN ÖVER 50 $\mu\text{G}/\text{M}^3$ SOM INTE DAMMBUNDITS ”MISSAR”	4 (varav 0 i maj)	21 (varav 8 i maj)	*2 (varav *1 i maj)	22 (varav 9 i maj)
ANTAL DYGN SOM BEDÖMS HA KLARAT GRÄNSVÄRDET TACK VARE CMA (20–40 % EFFEKT)	2–6	2–7	*2–4	4–8
ANTAL DYGN DÅ DAMMBINDNING UTFÖRTS I ”ONÖDAN” (20–40% EFFEKT)	20–24	18–22	*22–24	12–16
TOTALT ANTAL ÖVERSKRIDANDE OM CMA HADE LAGTS UT ALLA DAGAR MED HÖGA HALTER (20–40% EFFEKT)	6–7	11–20	*1	12–21

* Mätuppehåll på Folkungagatan 2–29 mars p.g.a. vägarbete.

Om resultaten jämförs med tidigare två säsonger (Tabell 6), framgår att antalet tillfällen då CMA ”missats” är betydligt högre, vilket sannolikt beror på överskridandena i maj, då CMA-insatserna avslutats för säsongen. Antalet tillfällen då CMA lagts ut men inte räcker för att nå gränsvärdet är på samma nivå som tidigare två säsonger, men då CMA-utläggen är färre blir andelen av utläggen som inte räcker till högre. Antalet ”onödiga” CMA-utlägg är färre än under de föregående två säsongerna, men andelen är betydligt lägre än föregående säsong och i samma nivå som under 2015–2016.

Tabell 6. Antal tillfällen och procent av totala antalet tillfällen för analyserna av dammbindning med CMA på Hornsgatan (40 % effekt av CMA).

	2015–2016	2016–2017	2017–2018
Antal dygn			
Totalt antal CMA-utläggningar	65	51	34
CMA räcker inte	6	8	9
Missad CMA	11	9	21
MKN klaras p.g.a. CMA	19	11	7
CMA "i onödan"	24	27	18
MKN skulle klarats om CMA lagts ut	9	8	11
Andel av CMA-utläggningarna (%)			
MKN klaras p.g.a. CMA	29 %	22 %	21 %
CMA räcker inte	9 %	16 %	26 %
CMA "i onödan"	37 %	53 %	53 %

7. Diskussion

PM₁₀-halterna var under vintersäsongen 2017–2018 i genomsnitt högre på Hornsgatan och lägre på Sveavägen än föregående säsong. På Folkungagatan kunde medelvärde ej beräknas på grund av flytt av station och tillhörande dataförlust. Mätningar på S:t Eriksgatan gjordes för första gången. Gränsvärdet för PM₁₀ klaras sannolikt på alla fyra gator, men för Hornsgatan och S:t Eriksgatan krävs endast 5 respektive 4 överskridanden under hösten 2018, för att normen ska överskridas, vilket är det sämsta resultatet sedan åtgärderna mot vägdamms startades i stor skala. Förhållandena på till exempel Hornsgatan, där trafiken, dubbdäcksandel och hastigheten fortsätter minska i kombination med att vintern hade långa perioder med fuktig vägbana borde varit generellt gynnsamma för färre antal överskridanden av gränsvärdet. Trots detta har alltså halterna och antal överskridanden ökat. Enligt tidigare studier medför långa fuktiga perioder under vintern en risk att dammförrådet byggs upp till större mängder vilket då gatorna torkar upp kan medföra höga emissioner av vägdamms. Detta inträffade i mitten på mars och trots intensiv dammbindning skedde ett förhållandevis stort antal överskridanden. Sista april avslutades dammbindningen. En andra topp i PM₁₀-halterna och flera överskridanden i maj kan relateras till ovanligt torra gator, att dammängderna på vägytan fortfarande var relativt stora och ingen dammbindning användes.

Att dammängderna på vägytan tenderar att vara förhållandevis höga ända in i maj är ett mönster som kan ses de senaste tre säsongerna. Orsaken är oklar men kan vara relaterad till hur dammbindning och städning genomförts under säsongerna. Mycket och sen dammbindning kan medföra att dammet sent på säsongen har svårare att lämna vägytan genom städning och avrinning och är tillgängligt för uppvirvling längre. Om mycket damm finns kvar finns alltså risk för mycket uppvirvling även in i maj och juni. Det går inte att dra några säkra slutsatser om effekten av att den tidigare använda vakuumsugen inte använts denna säsong, men det förefaller sannolikt att den skulle kunna bidra till såväl en dämpad första uppvirvlingstopp i mars och minskad uppvirvling i maj, efter dammbindningen upphört.

Även dammängderna vid första mätningen i oktober ser ut att öka på flera provtagna ytor, vilket lägger grunden för höga dammängder under vintern. Före 2014 var det normala att dammängderna var låga och ungefär desamma vid början och slutet på vintersäsongen, men sedan 2015 finns en ökande tendens. Då vi inte har tillgång till data om hur gatorna sköts utanför uppföljningsperioden är det svårt att spekulera i orsakerna till detta.

Folkungagatans beläggning har efter två säsonger fortsatt höga dammängder på vägytan, medan partikelhalterna är generellt låga (även om den på övriga gator värsta perioden saknar data). Effekten av att beläggningen är ny lär ha mattats, men effekten av grov makrotextur, som ansamlar damm effektivt är en fortsatt rimlig förklaring till de höga dammängderna på gatan. Om vägytans textur kan antas fungera som en sänka (fälla) för damm kan möjligen detta bidra till de lägre PM₁₀-halterna på gatan, förutom att den slitstarka porfyren bör ge lägre direkt bidrag från slitage.

För första säsongen har dammförrådet mätts även vid kantstenen där ansamlingen av damm är stor. Denna dammdepå visar, liksom övriga ytor, ett säsongsbundet mönster med höga dammängder under vintern och lägre mängder under höst och sen vår. På samtliga gator utom Folkungagatan är dammängderna vid kantstenen mer än dubbelt så höga som mellan hjulspår. På Folkungagatan är dock dammängderna vid kantstenen mycket lika de mellan och i hjulspår, vilket möjligen beror på att ytan närmast kanten är ämnad för busstrafik, som kan antas bidra med uppvirvling av damm samtidigt som ytan sällan blockeras av parkerade fordon. På Sveavägen är skillnaden störst mellan ytorna vilket sannolikt beror på att gatan kantas av parkeringsplatser, som är skyddade från uppvirvling och sannolikt också är svårare att komma åt att städa.

Den organiska andelen av vägdammet går från runt 10–15 % på hösten ner till cirka 5 % under senvinter och vår. Denna andel har hittills inte vidare utretts, men med ett ökat intresse för däck som källa till mikroplaster, kan skäl föreligga att i fortsatta studier noggrannare undersöka den organiska

andelens beståndsdelar. VTI ansvarar 2018–2020 för ett regeringsuppdrag med syfte att öka kunskapen om mikroplaster från vägtrafiken.

Variationerna i jonmängderna på vägytan visar en tydlig koppling till utläggning av CMA och vägsalt, men är även tydligt kopplade till nederbörd. Under torra perioder med tillförsel av salt, stiger halterna, medan de sjunker under perioder med mycket nederbörd. Sopsaltningen på Sveavägen ser inte ut att ha höjt saltmängderna ytterligare på gatan annat än vid ett tillfälle i början på mars, då såväl natrium som klorid är flera gånger högre på vägytan utan att någon skillnad i saltning från övriga gator föreligger. Mättillfället föregås av flera täta plogningsinsatser, vilket sannolikt innebär att även cykelbanor behövt plogas, med viss omfördelning av befintligt salt som följd.

Friktionsmätningarna visar eventuellt att Folkungagatans nya beläggning är mer poleringsbenägen än övriga gator i studien, men att friktionen återställs snabbt då dubbdäcken börjar användas. Under dammbindningssäsongen förekommer flera tillfällen då torrfraktionen är lägre än våtfraktionen, vilket bedöms bero på ansamlad CMA och damm på vägytan. Inga nivåer under 0,5 har dock noterats vid mätningarna.

Den kriteriebaserade utvärderingen av insatserna med CMA visar att det ur optimeringssynpunkt är svårt att förbättra en schemabunden strategi utan prognosstyrning. På två av tre utvärderade gator med full datatäckning missas mellan 4 och 22 av dagarna med överskridanden, samtidigt som CMA läggs ut i onödan på 12–20 dagar. Upp till hälften av dammbindningarna görs alltså då de egentligen inte behövs för att uppnå normvärdet. En bättre precision i åtgärderna skulle kunna optimera insatserna. Även om metoden är tämligen grov talar den för ett behov av mer prognosstyrd dammbindning.

Säsongens meteorologi, och den resulterande fördelningen av fuktiga vägbanor, understryker också vikten av att undvika uppbyggnad av dammförrådet under långa fuktiga perioder för att minska tillgängligt dammförråd som kan virvla upp. Dammbindningen i mars räckte inte fullt ut för att dämpa halterna vilket ledde till ett antal överskridanden. För att undvika de höga PM₁₀-halterna i början på våren bör alltså åtgärder för att förhindra uppbyggnaden av vägdammsförrådet på hösten och vintern vara gynnsamma. Det är dock svårt att med dagens teknik, under vinterförhållanden, hålla vägen fri från damm. Dock kan insatser göras på hösten då dammförrådet tilltar snabbt och så tidigt som möjligt vid upptorkningen på våren, insatser med effektiva städmaskiner bidrar till att minska uppvirvlingen. Möjligen kan moderna högtryckstvättande städmaskiner vara effektiva. Studier i Trondheim har påvisat en positiv effekt på dammförrådet av denna typ av maskiner (Järtskog m.fl., 2017). Problem är dock låg arbetshastighet och risk för frysning av vatten som används vid låga temperaturer. Att minska källorna ytterligare är antagligen en effektivare lösning, vilket omfattar såväl minskad dubbdäcksanvändning som minskad användning av sand/kross på såväl körbanor, som på gång- och cykelbanor.

Som nämnts så klaras miljö kvalitetsnormen sannolikt för PM₁₀ även denna säsong, men resultaten är sämre än tidigare säsonger sedan åtgärderna började utföras i stor omfattning och potentialen att klara normen även med färre och mer välriktade insatser bedöms som fortsatt stor. Den största källan till PM₁₀-halterna i Stockholm är dock användningen av dubbdäck trots dubbdäcksförbud på tre gator. Att åtgärda själva källan vore den mest effektiva åtgärden för att sänka PM₁₀-halterna. Utöver de åtgärder som utvärderas i denna studie borde staden även titta på att öka efterlevnaden av dubbdäcksförbuden samt att studera om nya beläggningar kan minska PM₁₀-halterna på gatorna i staden. De åtgärder som utvärderas i denna studie är de kortsiktiga åtgärder som staden (Trafikkontoret) kan använda.

8. Slutsatser

Från föreliggande studie kan följande slutsatser dras:

- Miljökvalitetsnormen för PM₁₀ klarades under 2018, vilket är femte året i rad i Stockholm. Mycket tack vare dammbindningsåtgärderna i kombination med minskad dubbdäcksanvändning under de senaste åren. Dock ligger såväl Hornsgatan som S:t Eriksgatan nära tillåtet antal överskridanden (30 respektive 31 dagar).
- PM₁₀ -halterna på Hornsgatan var tydligt högre (2,4 µg/m³) under januari till maj 2018 jämfört med motsvarande period 2016 till 2017. Både trafiken, dubbdäcksanvändningen och hastigheten minskade något från säsongen innan. Vädret var ogynnsamt med mycket torra körbanor under senare delen, men det kan förmodligen inte förklara hela ökningen. Det större dammförrådet är sannolikt en bidragande orsak.
- Sveavägen uppvisade däremot motsatsen med lägre halter under november 2017 till maj 2018 jämfört med motsvarande period 2016 till 2017. Under perioden med högst PM₁₀-halter under våren så var det ovanligt mycket ostliga vindar vilket gjorde att den västra sidan på Sveavägen där mätstationen står inte var den som belastades mest.
- Flera dygn över miljökvalitetsnormen mättes under maj 2018, dvs. efter att dammbindningen som åtgärd mot höga PM₁₀-halter har avslutats.
- En ny mätstation har installerats på S:t Eriksgatan 83 som ersätter den på Norrlandsgatan. Både PM₁₀ -halterna och vägdammförrådet var höga på S:t Eriksgatan. S:t Eriksgatan är nära miljökvalitetsnormens gränsvärde, men bedöms ändå klara detta under 2018.
- Den genomsnittliga halten av vägsalt (NaCl) var 1,7 µg/m³ av PM₁₀-halten, vilket motsvarade 6 %. Detta var i stort sett samma nivå som föregående säsong.
- Vid enbart 1 tillfälle (dygn) av 26 dygn med kemisk analys på Hornsgatan hade PM₁₀-halten underskridit 50 µg/m³ om natriumklorid hade subtraherats från den totala halten (i enlighet med EU 2008/50/EG). Mängden salt i luften samvarierar ganska väl med mängden salt på körbanorna.
- Gatorna var i genomsnitt fuktigare under vintern jämfört med föregående säsonger. Däremot var det ovanligt torrt under maj, men även i andra halvan av april.
- Vägdammsmängderna fortsätter den ökande tendens som pågått sedan säsongen 2014–2015. Generellt verkar de lägsta damnmängderna på hösten och våren ha ökat, så att hela den säsongsmässiga variationen ökar. En fuktig höst och vinter gynnade uppbyggnaden av dammförrådet. När gatorna torkade upp i mitten på mars har dammbindningen inte räckt till för att undvika överskridanden.
- Vägdammsprover har för första säsongen kunnat tas ända in till kantstenen. Dessa prover visar på betydligt högre värden än i körfälten. Hornsgatan och S:t Eriksgatan har betydligt högre damnmängder än Folkungagatan och Sveavägen. Proverna uppvisar en liknande säsongsvariation som i körfälten.
- Folkungatan fortsätter ha lägst halter och minst antal dygn som överskrider gränsvärdet för PM₁₀.
- Andelen DL180 som är mindre än 10 µm varierar mellan 15–25 % mellan hjulspår. Vid kantstenen är variationen större, 5–35 g/m². Högst andel uppmäts i kantstensproverna i början på mars.
- Den organiska andelen av vägdamm varierar mellan cirka 5–15 % med generellt högst andel i början av säsongen. Det ökande intresset för mikroplast och däckslitaget bidrag till detta

motiverar en noggrannare analys av den organiska andelen i eventuella fortsatta provtagningar.

- Mätningarna av mängden salter på vägytan avspeglar användningen av CMA och NaCl och visar även en tydlig relation till nederbördstillfällena.
- Inga alarmerande låga friktionsnivåer som kan kopplas till CMA-utlägg uppmättes vid mättillfällena. Dock är det tydligt att skillnaden mellan våt- och torrfriktion är mindre och torrfriktionen ibland lägre än våtfriktionen vid mättillfällena på våren då mycket CMA finns på vägytan.
- Antal dammbindningar under säsongen uppgick till totalt 29–34 stycken. En urvalsmetod baserad på olika kriterier för PM₁₀-halter och åtgärder visar att utav dessa så var 12–22 dammbindningstillfällena utförda i onödan (antagen effekt av CMA 40 % minskning av dygnsmedelvärde för PM₁₀ dagen efter utlägg), alltså där halterna även utan CMA hade klarat gränsvärdet. Utöver detta lades CMA inte ut 4–22 dagar då gränsvärdet överskreds dagen efter. Flera av dessa inträffade i maj, då dammbindningen avslutats för säsongen av trafiksäkerhetsskäl. Vid 6–8 dammbindningstillfällena beräknas gränsvärdet ha klarats tack vare dammbindningen (40 % effekt). Dessa resultat är sämre än föregående år och visar på att potential finns att förbättra strategin för åtgärderna.

9. FoU-behov

Analyserna av dammbindningsinsatsernas effektivitet, visar att ett tydligt behov är att göra dessa mer prognosstyrda, snarare än att fortsätta med schemalagd dammbindning. Dammbindning borde, liksom vinterdrift, kunna vara prognosstyrd. Kriterier för dammbindnings- och eventuellt städbehovsprognos behöver tas fram. Då entreprenörernas kontraktsformer oftast tas upp som problem, kan även dessas utformning behöva ses över för att bättre passa uppgiften.

För att analysen av åtgärdernas effekt ska bli bättre behövs noggrannare aktivitetsdata, vilket bör vara möjligt genom tillgång till GPS-data för varje fordon.

Eftersom uppvirvlingen av damm på våren är avhängig dammförrådets uppbyggnad under den fuktiga hösten och vintern, kvarstår ett behov att bättre förstå uppbyggnaden av dammförrådet i början på säsongen och hur och om driftåtgärder kan användas för att minska dammuppbyggnaden. Den tidigare använda städtekniken, torr vakuumsugning, är inte effektiv på fuktiga gator, varför annan teknik kan behöva testas för denna åtgärd.

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

Sambanden mellan vägdammsförråd, vägsplitage, vägbanestatus, meteorologi och andra faktorer som påverkar PM₁₀ -halterna är komplexa. Ett bra verktyg för att öka förståelsen av dessa samband är Nortrip-modellen som utvecklats under flera år och validerats mot mätningar på ett flertal platser inklusive Hornsgatan. Modellen kan även utnyttjas för att analysera hur en förändrad dammbindningsstrategi eller andra driftåtgärder skulle påverka PM₁₀-halterna.

Referenser

- Eneroth, K. 2018. Luften i Stockholm. Årsrapport 2017. SLB-rapport 3:2018.
- Gustafsson, M., Bennet, C., Blomqvist, G., Johansson, C., Norman, M. & Sjövall, B. 2011. Utvärdering av städmaskiners förmåga att minska PM10-halter. *VTI Rapport 707*.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Elmgren, M., Johansson, C., Järlnskog, I., Lundberg, J., Norman, M. & Silvergren, S., 2018, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2016-2017, *VTI rapport 970*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C. & Norman, M., 2014, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2012–2013, VTI, Linköping
- 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, Linköping
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Johansson, C., Norman, M. & Silvergren, S., 2016, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2014-2015, Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Janhäll, S., Järlnskog, I., Johansson, C., Lundberg, J., Norman, M. & Silvergren, S., 2017, Driftåtgärder mot PM10 i Stockholm : utvärdering av vintersäsongen 2015-2016, Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Johansson, C. & Norman, M., 2012, Driftåtgärder mot PM10 på Hornsgatan och Sveavägen i Stockholm - utvärdering av vintersäsongen 2011-2012, VTI,
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Jonsson, P. & Ferm, M., 2010, Effekter av dammbindning av belagda vägar, *Report*, VTI,
- Johansson, C., Norman, M. & Burman, L. 2011. Vad dubbdäcksförbudet på Hornsgatan har betytt för luftkvaliteten, SLB rapport 2:2011.
- Johansson, C., Norman, M., Omstedt, G. & Swietlicki, E., 2004, Partiklar i stadsmiljö – källor, halter och olika åtgärders effekt på halterna mätt som PM10, SLB analys, Stockholm
- Johansson, C., Norman, M. & Westerlund, K.-G., 2005, Försök med dammbindning längs E4-Vallstanäs och i Norrmalm i Stockholms innerstad, SLB 10:2005, SLB analys, Stockholm
- Johansson, C., Norman, M. & Westerlund, K.-G., 2006, Försök med dammbindning längs E4 och i Stockholms innerstad 2006, SLB 6:2006, SLB analys, Stockholm
- Järlnskog, 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 953*, Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping
- Norman, M. 2016. Utvärdering av dubbdäcksförbud på Kungsgatan och Fleminggatan. Effekten på luftkvaliteten, emissionerna till luften samt trafiken och dubbdäcksanvändningen. SLB-rapport 8:2016.
- Åström, H., 2001, Validering av VTI PFT version 3, VTI notat 50-2001, Linköping

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

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

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

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

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

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

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

