

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

ECN
Tav de heer Dr. E.P. Weijers
Postbus 1
1755 ZG Petten

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum

9 juni 2015

Onze referentie

060.16181.01mo

Onderwerp

Schiphol onderzoek; ECN4166531/02.06.2015

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeed bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl.
Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

Geachte heer Weijers,

Onder verwijzing naar de opdracht voor metingen op de locatie Amsterdamse Bos in het kader van der opdracht ECN4166531/02.06.2015 en aanvullende metingen op de locatie Connexion door TNO, stuur ik u hierbij als bijlage de resultaten in een briefrapport R10822 "Ultrafijn stof rondom Schiphol – mei 2015". De bijbehorende datasets zijn al eerder toegestuurd per email.

Ter informatie is het briefrapport ook aan de hoofdopdrachtgever RIVM gestuurd. Ik hoop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Dr. M.P. Keuken

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75

TNO-rapport

TNO 2015 R10822

Ultrafijn stof rondom Schiphol – mei 2015

Datum	9 juni 2015
Auteur(s)	Menno Keuken Marcel Moerman Peter Tromp
Aantal pagina's	17 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtnummer	ECN4166531/02.06.2015
Projectnaam	Ultrafijn stof rondom Schiphol -2015
Projectnummer	060.16181.01.01

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2015 TNO

Inhoudsopgave

1	Introductie	4
2	Onderzoek	5
2.1	Metingen	5
2.2	Aanpak.....	6
3	De resultaten	7
3.1	Kwaliteitscontrole.....	7
3.2	Meteorologie	8
3.3	Synchronisatie lokale en meteorologische tijd	8
3.4	Amsterdamse Bos	9
3.5	Connexion.....	11
4	Conclusie.....	15

Bijlage(n)

A Totaal aantal deeltjes gemeten door TNO op 30 april 2015 rondom Schiphol

B Tijdserie van de totaal aantal deeltjes gemeten met de SMPS (29/04-20/05/2015)

1. Introductie

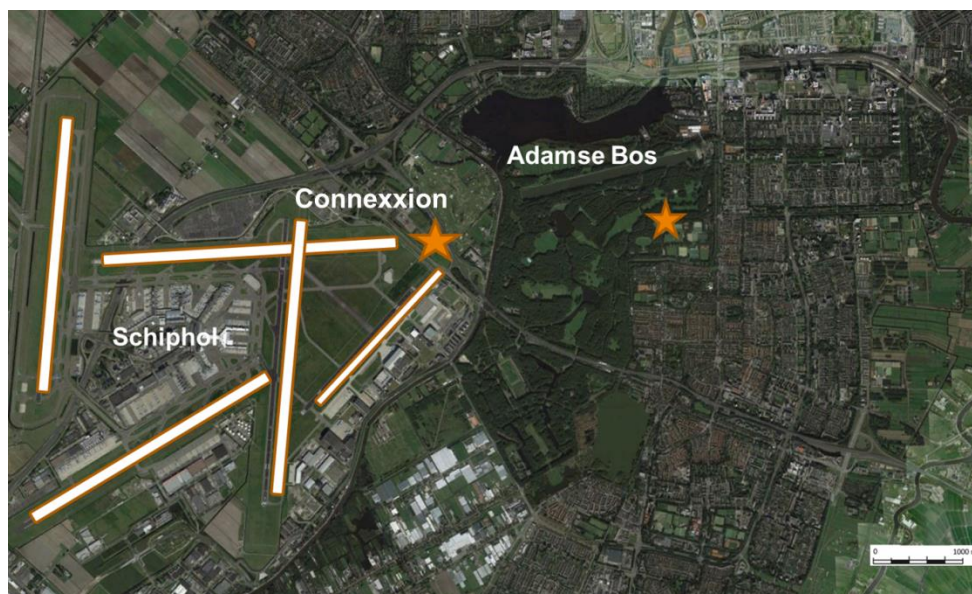
Naar aanleiding van onderzoek door TNO in 2014 heeft het Ministerie van I&M aan het RIVM gevraagd de ultrafijn stof niveaus rondom Schiphol in 2015 te onderzoeken. Als onderdeel van dit onderzoek heeft het RIVM aan het ECN opdracht gegeven om metingen uit te voeren. Vervolgens heeft het ECN aan TNO gevraagd de eerder uitgevoerde metingen op de locatie “Amsterdamse Bos” één maand te herhalen.

2. Onderzoek

2.1 Metingen

De metingen zijn uitgevoerd met een CPC (TSI 3775 met een 50% cut-off van 4 nm), een SMPS (TSI 3034 met een deeltjesgrootte bereik van 10-480 nm in combinatie met een CPC: TSI 3010) en een MAAP (Thermoscience 5012). De meetlocatie was het terrein van de Tennis en Hockey Club Hurley in het Amsterdamse Bos op dezelfde plek als tijdens het onderzoek in 2014. De resultaten zijn weergegeven als “pollutierozen” met uurgemiddelde concentraties bij verschillende windrichtingen in de meetperiode van 28 april t/m 28 mei 2015. Tevens zijn vijfminuten- en uurgemiddelde concentraties van de gemeten componenten in “Excel spreadsheets” naar het ECN gestuurd. Voorafgaand aan de meetcampagne zijn vergelijkende metingen uitgevoerd met andere instrumenten in het onderzoek van het RIVM, VITO (Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek) en het ECN.

Naast de metingen in het Amsterdamse Bos heeft TNO heeft op de locatie “Connexxion” SO₂ concentraties gemeten als mogelijke tracer van vliegtuig emissies. Daarnaast werd ultrafijn stof bemonsterd voor chemische analyse. Dit onderzoek is afgestemd met het ECN en het RIVM maar de kosten van dit onderzoek waren ten laste van TNO. De resultaten van deze metingen zijn in dit meetrapport gepresenteerd. De meetlocaties Amsterdamse Bos en Connexxion zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Meetlocaties Amsterdamse Bos en Connexxion tussen Schiphol en Amsterdam.

2.2 Aanpak

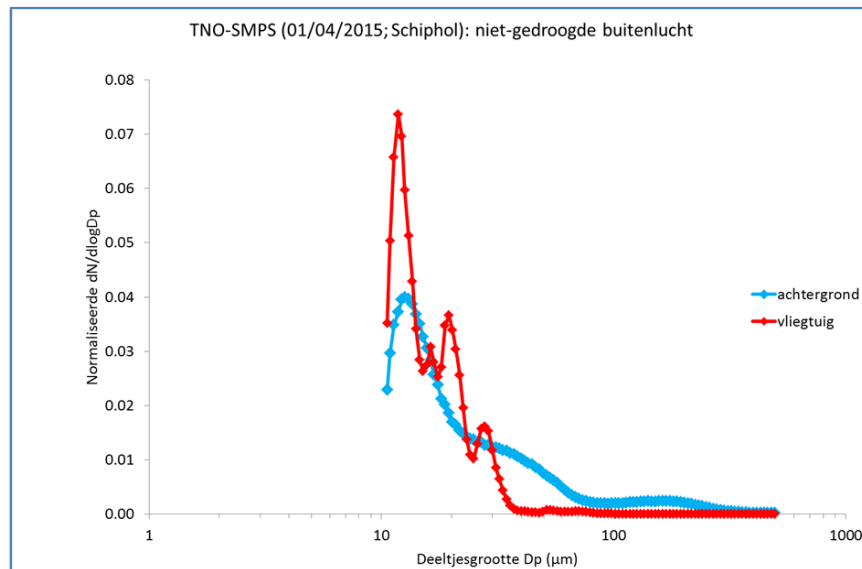
Het onderzoek werd uitgevoerd in drie stappen:

- *Stap 1 “kwaliteitscontrole”*: Op 1 april 2015 werden vergelijkende metingen met de SMPS en de CPC uitgevoerd ten zuidoosten van de Polderbaan. Een tweede vergelijking werd uitgevoerd op 30 april 2015 waarbij alleen de CPC is vergeleken met instrumenten van het ECN.
- *Stap 2 “meten”*: In het Amsterdamse Bos werd van 28 april t/m 28 mei 2015 gemeten. Voor vergelijking van de resultaten van het onderzoek in 2014 en 2015 is het van belang dat de weersomstandigheden en het vliegverkeer tijdens beide perioden vergelijkbaar zijn. Over het vliegverkeer is geen informatie beschikbaar bij TNO.
- *Stap 3 “rapportage”*: De vijfminuten- en uurgemiddelde data van de metingen van de CPC en de MAAP en alleen uurgemiddelde SMPS data werden opgestuurd naar het ECN voor verdere analyse. In het voorliggende briefrapport zijn de metingen in het Amsterdamse Bos en bij Connexion toegelicht en worden de meetresultaten als “pollutierozen” gepresenteerd. Het briefrapport wordt toegestuurd aan het ECN met kopie aan het RIVM.

3. De resultaten

3.1 Kwaliteitscontrole

Op 1 april zijn er van 10 tot 15 uur vergelijkende metingen uitgevoerd met o.a. een SMPS en twee CPCs van TNO. De resultaten lieten zien dat bij westelijke wind er geen vliegtuig emissies werden gemeten op de meetlocatie. Door visuele inspectie werd duidelijk dat nadat de wind naar het noordwesten was gedraaid er wel vliegtuigemissies naar de locatie werd gewaaid. Hierdoor stegen de gemiddelde concentraties van het totaal aantal deeltjes op de locatie met een factor 100. De genormaliseerde deeltjesgrootte verdeling voor beide windrichtingen zijn weergegeven in Figuur 2 als $(dN/d\log D_p)/(\text{totaal aantal deeltjes})$ tegen de deeltjesgrootte (D_p) in μm . Door de verdeling genormaliseerd weer te geven, kunnen de verdelingen voor beide windrichtingen in één figuur worden weergegeven.



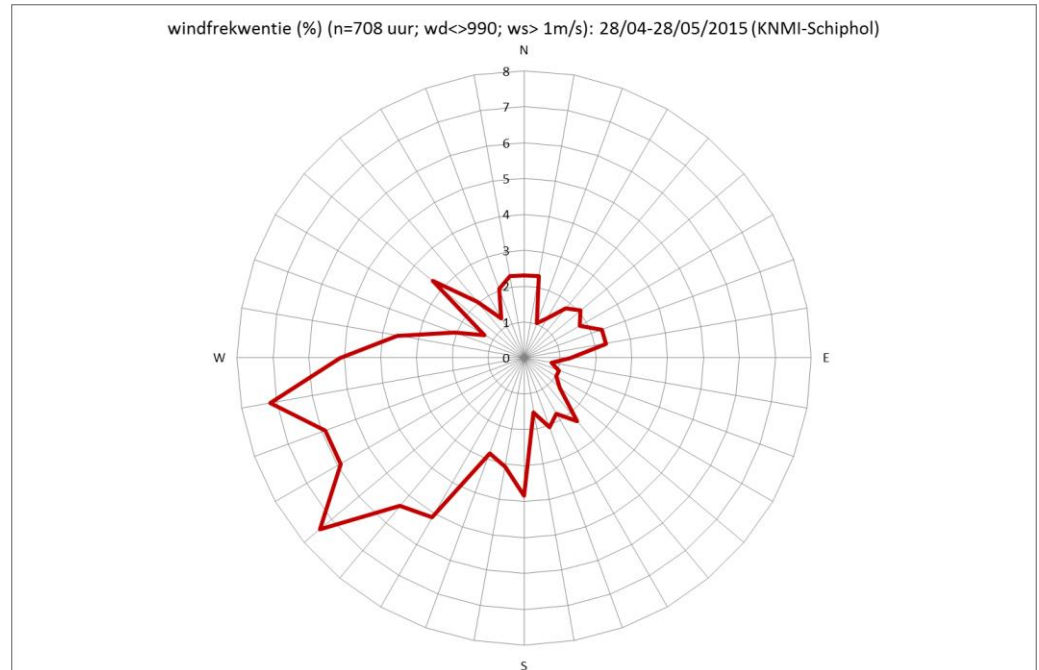
Figuur 2: Genormaliseerde $(dN/d\log D_p)/(\text{totaal aantal deeltjes})$ versus D_p .

De deeltjesgrootte verdelingen laten zien dat vliegtuigemissies worden gekenmerkt door een relatief groot aantal deeltjes kleiner dan 15 nm, een tweede piek van 15-25 nm en een derde piek van 25-35 nm. De onderste detectiegrens van de SMPS was 10 nm; dit betekent dat kleinere deeltjes niet gemeten worden maar de vorm van verdeling laat zien dat er waarschijnlijk nog een groot aantal kleinere deeltjes zijn. De resultaten van de SMPS zijn opgestuurd naar het ECN voor vergelijking met andere instrumenten.

Een belangrijk resultaat van de vergelijking op 1 april was de conclusie dat het drogen van buitenlucht tot aanzienlijke verliezen leidt van aantallen deeltjes in de droger. Er werd daarom besloten de resterende metingen in het onderzoek te doen zonder drogen van de buitenlucht. Vanwege het verloren gaan van de CPC data van TNO door een software storing werd een tweede vergelijkende meting door het ECN en TNO uitgevoerd op 30 april 2015. De resultaten zijn weergegeven in Bijlage 1 en opgestuurd naar het ECN voor verdere analyse.

3.2 Meteorologie

De windrichting en –snelheid tijdens de meetperiode is verkregen van het KNMI meetstation op Schiphol. Voor analyse van de meet data *in dit meetrapport* zijn alleen uren geselecteerd waarbij de uurgemiddelde windrichtingen ongelijk waren aan “990” (KNMI code voor een “te veranderlijke windrichting om een specifieke windrichting aan toe te kennen”) en de uurgemiddelde windsnelheden groter waren dan 1 m per seconde. Dit betekent dat circa 10% van de uren niet zijn meegenomen in de data analyse in dit meetrapport. De frequentie van het voorkomen van windrichtingen tijdens de meetperiode is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: De frequentie van windrichtingen op het KNMI station Schiphol bij een windsnelheid groter dan 1 m.s-1 en windrichtingen ongelijk aan “990” in de meetperiode 28 april t/m 28 mei 2015.

Fig. 3 illustreert dat de windrichtingen tijdens de meetperiode werden gedomineerd door zuidwestelijke en westelijk wind. Deze verdeling komt redelijk overeen met de verdeling in de meetperiode 2014 en de jaargemiddelde verdeling. De windrichtingen waarbij de locaties Connexion en het Amsterdamse Bos werden belast met emissies van Schiphol zijn 240 t/m 300° en Fig 3 laat zien dat deze windrichtingen circa 30% van de meetperiode voorkwamen.

3.3 Synchronisatie lokale en meteorologische tijd

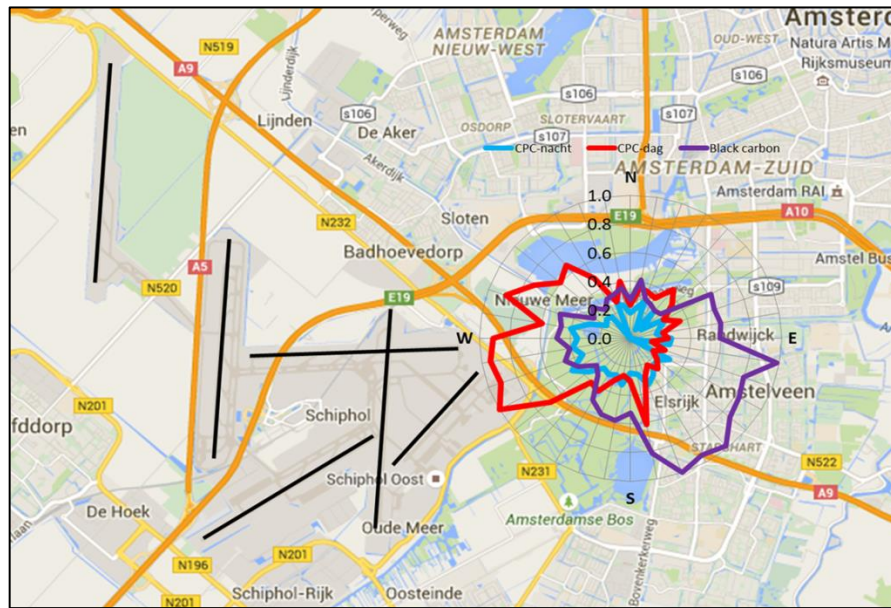
Luchtkwaliteitsmetingen door TNO worden standaard als wintertijd geklokt. Vervolgens worden de resultaten gesynchroniseerd met meteorologische metingen, die standaard als GMT worden geklokt. GMT loopt een uur achter met de wintertijd en twee uur met de zomertijd in Nederland. Gezien de meetperiode in mei zijn de meetresultaten van het Amsterdamse Bos eerst omgezet naar zomertijd en vervolgens gesynchroniseerd met de KNMI data van het meetpunt Schiphol. De meetresultaten van de luchtkwaliteitsmetingen in het Amsterdamse Bos zijn gerapporteerd in zomertijd.

3.4 Amsterdamse Bos

In het Amsterdamse Bos werd gemeten met een MAAP (“roet concentraties”), een CPC (“ultrafijn concentraties”) en een SMPS (“deeltjesgrootte verdeling”). Tijdens de metingen op 11 mei (14-19 uur), 15 mei (15-19 uur) en 24 mei (14-18 uur) werd gebarbecued op de meetlocatie. Deze uren zijn niet meegenomen in de data analyse. De opgeschoonde datasets zijn opgestuurd naar het ECN voor verdere analyse. De resultaten zijn als volgt samengevat:

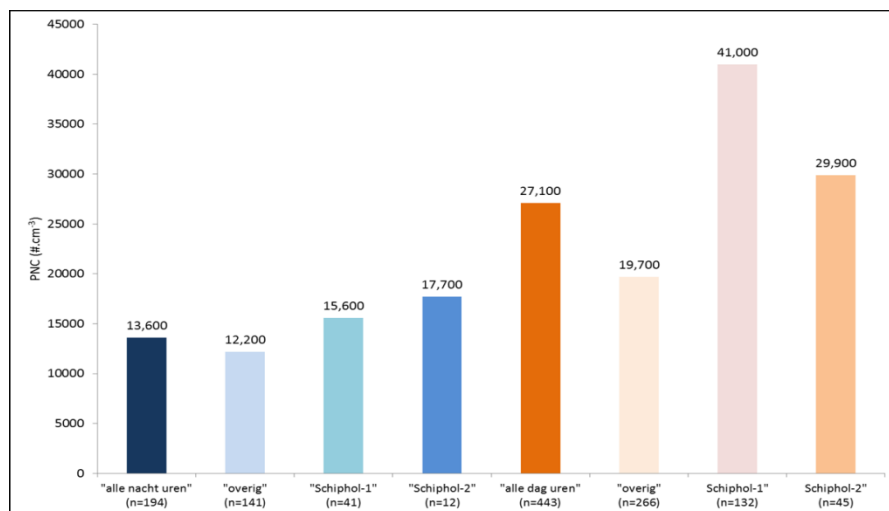
- *MAAP*; In totaal werden er gedurende 673 uren de roet concentraties gemeten, waarvan 637 uur met een windsnelheid groter dan 1 m per seconde en een windrichting niet gelijk aan “990”. De periode gemiddelde black carbon concentratie was $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- *CPC*; In totaal werden er gedurende 673 uren de deeltjes aantallen concentraties gemeten. Net als voor de MAAP werden er hiervan 637 uur geanalyseerd. De periode gemiddelde ultrafijn concentratie was 23.000 deeltjes per cm^3 .
- *SMPS*; In totaal werden er voor 442 uren de deeltjesgrootteverdeling bepaald, waarvan 417 uur met een windsnelheid groter dan 1 m per seconde en een windrichting niet gelijk aan “990”. De som van de concentraties van de deeltjes in verschillende grootte klassen is een maat voor het totaal aantal deeltjes, zoals ook gemeten door de CPC. Vanwege de scan van elke drie minuten en de hogere detectiegrens van de deeltjesgrootte (10 nm voor de SMPS en 4 nm voor de CPC) zijn de totale aantal deeltjes concentraties zoals gemeten met een SMPS systematisch lager dan gemeten met een CPC maar wel vergelijkbaar. Echter, na 18 mei 06:00 uur werden door de SMPS extreem hoge concentraties ultrafijne deeltjes gedetecteerd maar niet door de CPC. Bij inspectie bleek de koeling van de SMPS-detector niet meer functioneerde en het was niet mogelijk (op de korte termijn van de meetcampagne) een alternatief instrument in te zetten. In Bijlage 2 is de tijdserie van de SMPS metingen gepresenteerd waarin het verloop van de ultrafijn concentraties wordt geïllustreerd. Het totaal van 417 uur met adequate SMPS metingen is afdoende voor het opstellen van deeltjesgrootteverdelingen op de locatie Amsterdamse Bos.

Genormaliseerde “pollutierozen” van black carbon en ultrafijn (uitgesplitst naar dag en nachturen volgens de vliegintensiteit op Schiphol: 06-23 uur (“dag uren”) en 23-06 (“nacht uren”)) werden opgesteld door de gemiddelde concentraties per windrichting te berekenen en vervolgens te delen door de maximale waarde. Voor normalisatie van de *nachtelijke* uren werden deze gedeeld door de maximale gemiddelde uurlijkse *dag* waarde. In Figuur 4 zijn de pollutierozen met als centrum de locatie Amsterdamse Bos weergegeven.



Figuur 4: Genormaliseerde pollutierozen van ultrafijn concentraties: dag (rood) en nacht (blauw) en van black carbon concentraties (paars).

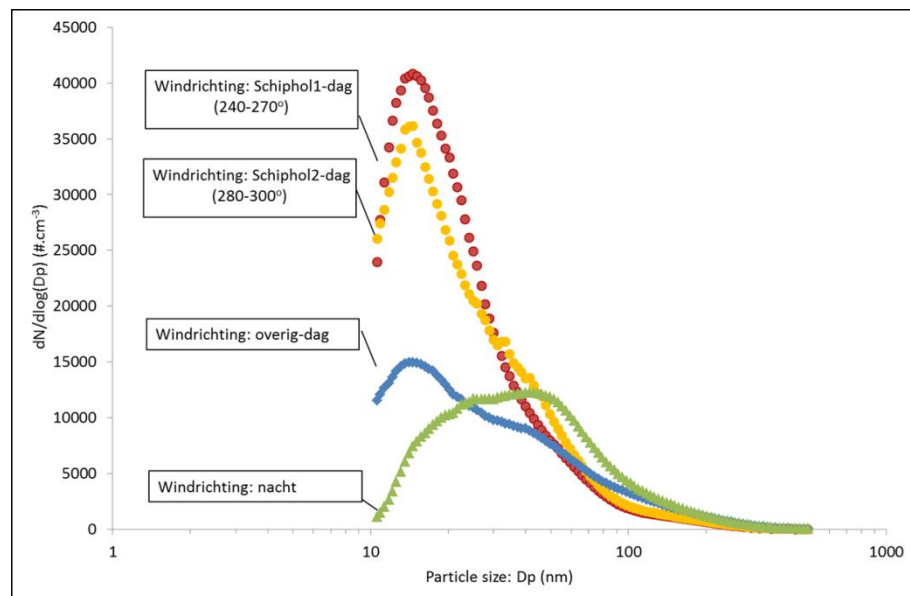
Figuur 4 illustreert dat black carbon vooral werd verhoogd bij zuidoostelijke en oostelijke windrichtingen vanwege aanvoer van lucht met een hoge regionale achtergrond (Ruhrgebied) maar niet of nauwelijks bij windrichtingen vanaf Schiphol. De ultrafijn concentraties werden vooral verhoogd bij windrichtingen vanaf Schiphol en met name tussen zes uur 's ochtends en elf uur 's avonds ("dag uren") met verhoogde vliegintensiteit op Schiphol. De hoogste concentraties worden gemeten in de windsector 240-270° waarschijnlijk door emissies van de Kaagbaan/ Aalsmeerbaan (240-250°), taxiën en pieren (260°) en de Buitenveldertbaan (270°). Dit beeld komt overeen met de resultaten van de meetcampagne in 2014. Het belangrijkste verschil met het onderzoek in 2014 waren de verhoogde concentraties bij noordwestelijk wind (280-300°) waarschijnlijk door emissies van de Polderbaan. (N.B.: De Polderbaan was tijdens de meetperiode in 2014 minder in gebruik vanwege onderhoud en de internationale top in Den Haag.) De ultrafijn concentraties voor dag en nachturen zijn gegroepeerd voor bovenbeschreven verschillende windrichtingen en weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: De gemiddelde aantal deeltjes (#/cm³) voor nachtelijke (23-06 u) en dagelijkse (06-23 u) uren in verschillende windrichtingen: 240-270o ("Schiphol 1"), 280-300o ("Schiphol 2") en kleiner dan 240o en groter dan 300o ("overig"); tevens is het aantal uren (n) per groep windrichtingen weergegeven.

De verhoogde concentraties bij windrichtingen 240-270° (Schiphol-1) ten opzichte van overige windrichtingen in mei 2015 kwamen redelijk overeen met de verhoging in maart-mei 2014: 42.000/14.100 (2014) en 41.000/19.700 (2015) deeltjes per cm³. De relatief lage bijdrage bij windrichtingen 280-300° (Schiphol-2) van 29.900 in vergelijking tot de windrichtingen 240-270° (Schiphol-1) van 41.000 deeltjes per cm³ wordt toegeschreven aan de grotere afstand van de Polderbaan tot het meetpunt Amsterdamse Bos dan de Kaagbaan, Aalsmeerbaan en de Buitenveldertbaan.

De resultaten van de SMPS werden gebruikt om de deeltjesgrootteverdelingen vast te stellen voor drie groepen windrichtingen tijdens dag uren: 240-270° (Schiphol-1; n=78), 280-300° (Schiphol-2; n=19) en kleiner dan 240° en groter dan 300° (overig; n=191) en voor alle windrichtingen tijdens nachtelijke uren (n=129). Deze vier verdelingen zijn weergegeven in Figuur 6.



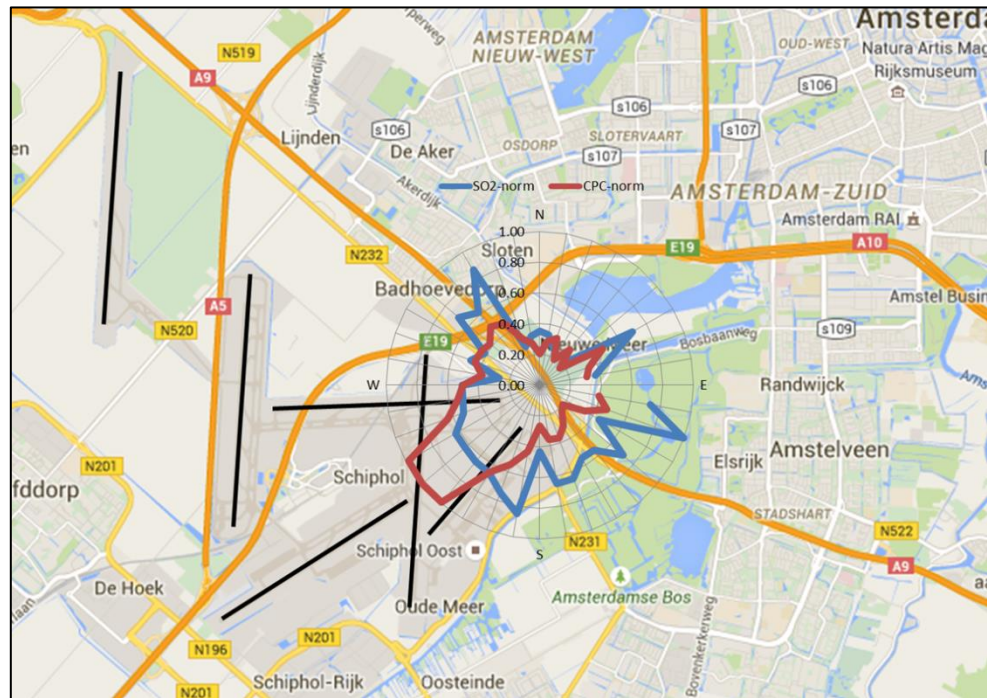
Figuur 6: Deeltjesgrootte verdeling 's nachts en bij verschillende windrichtingen overdag.

Figuur 6 illustreert dat het belangrijkste verschil in deeltjesgrootteverdeling overdag (bij overige windrichtingen) en 's nachts vooral de lagere bijdrage was van deeltjes tussen de 10-30 nm. De verhoogde concentraties overdag ("overig-dag") worden toegeschreven aan verkeersemissies. Wanneer de meetlocatie werd belast met windrichtingen van Schiphol ("Schiphol1-dag" en "Schiphol2-dag") dan stijgen vooral de concentraties van deeltjes tussen 10 en 30 nm.

(N.B. Figuur 6 illustreert dat er waarschijnlijk ook hoge concentraties zijn van deeltjes kleiner dan 10 nm maar vanwege een cut-off van 10 nm van de detector van de SMPS werden deze deeltjes niet gemeten.) Deze resultaten komen goed overeen met de resultaten van de meetcampagne in 2014.

3.5 Connexion

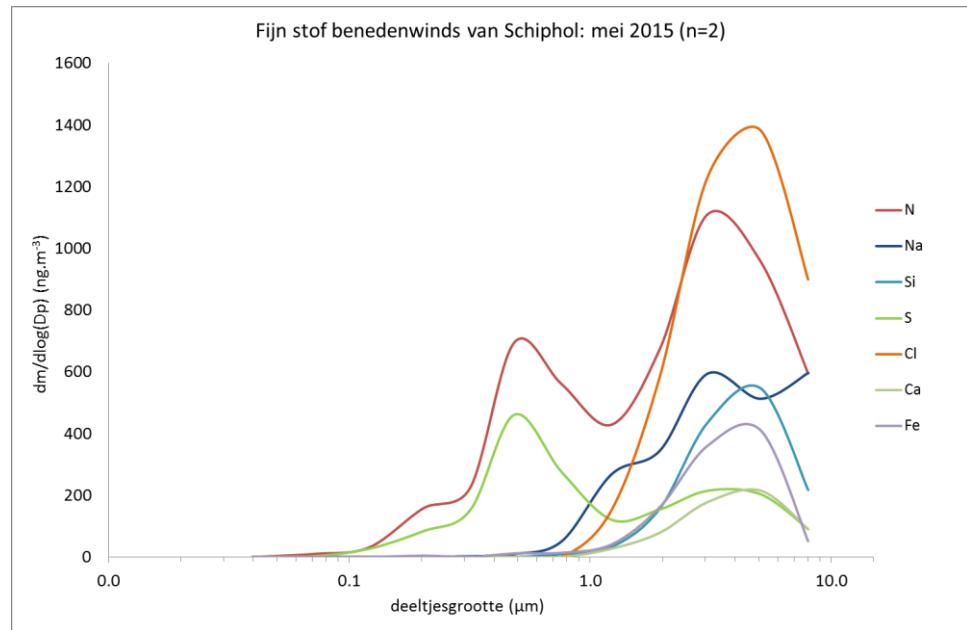
Vanwege het relatief hoge zwavelgehalte van kerosine (400 ppm) is zwaveldioxide (SO₂) vermoedelijk een tracer van vliegtuigemissies. Deze veronderstelling werd getoetst op de locatie Connexion. SO₂ werd gemeten door TNO en ultrafijn met een CPC door het ECN in mei 2015. In totaal werden er gedurende 551 uren de SO₂ en ultrafijn concentraties gemeten, waarvan 525 uur met een windsnelheid groter dan 1 m per seconde en een windrichting niet gelijk aan "990". De periode gemiddelde SO₂ en ultrafijn concentratie waren respectievelijk 2.3 µg·m⁻³ en 22.800 deeltjes per cm³. De SO₂ en ultrafijn concentraties op de locatie Connexion zijn weergegeven als een pollutie roos in Figuur 7.



Figuur 7: Genormaliseerde pollutierozen voor SO₂ (blauw) en ultrafijn (rood) bij locatie Connexion in mei 2015.

Figuur 7 illustreert dat de correlatie is tussen uurgemiddelde SO₂ en ultrafijn concentraties beperkt is (Pearson $R^2 = 0.37$). Hoewel SO₂ is verhoogd in windrichtingen vanaf Schiphol is duidelijk dat ultrafijn stof een betere tracer is voor vliegtuigverkeer dan SO₂. Verder duiden de relatief hoge SO₂ concentraties bij windrichtingen parallel aan de A9 in noordwestelijke en zuidoostelijke richting en bij een windrichting loodrecht op de A9, dat SO₂ ondanks het lage zwavelgehalte in diesel nog steeds een redelijke indicator is voor wegverkeer emissies. Tenslotte is het opmerkelijk dat emissies van ultrafijn stof door de Polderbaan (zoals gemeten op de locatie in het Amsterdamse Bos) *niet* zichtbaar zijn in de metingen op de locatie Connexion. Een nadere analyse is gewenst maar valt buiten het bereik van dit meetrapport.

Op grond van emissiemetingen aan vliegtuigmotoren wordt verondersteld dat een belangrijk deel van de ultrafijne deeltjes in de uitlaatgassen van vliegtuigen naast koolstof en organische verbindingen uit zwavelzuur bestaat. Dit is onderzocht door bemonstering van buitenlucht in verschillende deeltjesgrootte met een "impactor" (Dekati Low pressure Impactor) in 13 grootte klassen van 30 nm tot 10 µm. Het monsterdebiet van de impactor was 30 l per minuut. De impactor werd zodanig aangestuurd dat alleen buitenlucht werd verzameld indien de ultrafijn concentraties groter waren dan 50.000 deeltjes per cm³. Op deze manier zijn twee monsters verzameld van elk circa 85 m³ buitenlucht. De gemiddelde ultrafijn concentraties waren 65.900 (monster 1) en 59.600 (monster 2) deeltjes per cm³ en de gemiddelde massa concentraties 16 (monster 1) en 13 (monster 2) µg per m³. Door verschilwegingen voor en na monsternamen zijn de massa concentraties van de verschillende (ultra)fijn stof fracties bepaald en met een elektronen microscoop werd de element samenstelling van de twee monsters geanalyseerd. De gemiddelde resultaten van de chemische analyse is weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8: De elementsamenstelling van stikstof (N), natrium (Na), silicium (Si), zwavel (S), chloride (Cl), calcium (Ca) en ijzer (Fe) in ng/m^3 van verschillende deeltjesgrootte fracties van fijn stof verzameld benedenwinds van Schiphol (mei 2015).

Figuur 8 illustreert dat bijvoorbeeld het chloride (Cl), natrium (Na) en calcium (Ca) gehalte vooral hoog is in fijn stof deeltjes met een diameter tussen 1 en 10 micrometer: dit duidt op zeezout deeltjes. Ook het ijzer (Fe) en silicium (Si) gehalte is hoog in deze deeltjes: dit duidt op verwaaiend bodemstof. Verder laat Figuur 8 zien dat het stikstof (N) en zwavel (S) gehalte vooral hoog is in deeltjes tussen 0.1 en 1 micrometer: dit duidt op secundaire fijn stof deeltjes (ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat). Deze resultaten komen overeen met de verwachte samenstelling van fijn stof in Nederland en geeft daarom vertrouwen in de analyse van de verzamelde fijn stof monsters. Figuur 8 illustreert dat het massa aandeel van ultrafijn stof ("deeltjes kleiner dan $0.1 \mu\text{m}$ ") in fijn stof gering is. De chemische analyse van de drie verzamelde ultrafijn stof fracties zijn daarom apart gepresenteerd in Tabel 1.

Tabel 1: Elementsamenstelling (koolstof: C; zuurstof: O; stikstof: N; zwavel: S) van acht groottefracties van fijn stof in het bereik van 30 tot 950 nm verzameld benedenwinds van Schiphol (mei 2015): drie ultrafijn fracties: 28, 55 en 93 nm en vijf submicron fracties: 157, 263, 383, 613 en 945 nm.

D50 (μm)	C	O	N	S
	(%)			
0.028	78	14	7	2
0.055	76	16	4	3
0.093	59	26	9	5
0.157	63	22	8	6
0.263	40	33	15	10
0.383	44	33	13	7
0.613	20	46	13	4
0.945	24	45	9	2

Tabel 1 laat zien dat ultrafijne deeltjes vooral uit koolstof (C) en zuurstof (O) bestaan. Dit duidt op elementair koolstof en organische koolstof verbindingen (“roet deeltjes”). Voor de rest bestaan de deeltjes vooral uit stikstof en zwavel en dit duidt op secundaire deeltjes (ammoniumsulfaat). Vermoedelijk wordt uitgestoten zwavelzuur in vliegtuigemissies snel gebonden aan ammoniak in de buitenlucht en wordt ammoniumsulfaat gevormd. Nader onderzoek zoals bijvoorbeeld door boven- en benedenwindse metingen van Schiphol is gewenst om deze hypothese te onderzoeken. Onderzoek naar de chemische samenstelling van ultrafijn stof is van belang voor eventuele gezondheidsrisico's van blootstelling aan vliegtuigemissies. In deeltjes groter dan ultrafijn daalt het aandeel koolstof en stijgt het aandeel aan stikstof en zwavel (en overige elementen zoals ijzer, calcium e.d., deze laatste elementen zijn niet weergegeven in Tabel 1 maar wel in Figuur 8).

4. Conclusie

In dit briefrapport zijn de resultaten gepresenteerd van metingen door TNO op de locaties Amsterdamse Bos en Connexxion in mei 2015. Deze resultaten worden door het RIVM en ECN verder geanalyseerd samen met andere metingen op andere locaties rondom Schiphol. Hierover wordt separaat door het RIVM aan het Ministerie I&M gerapporteerd.

Als onderdeel van het briefrapport zijn de metingen in het Amsterdamse Bos vergeleken met het onderzoek van TNO in mei 2014:

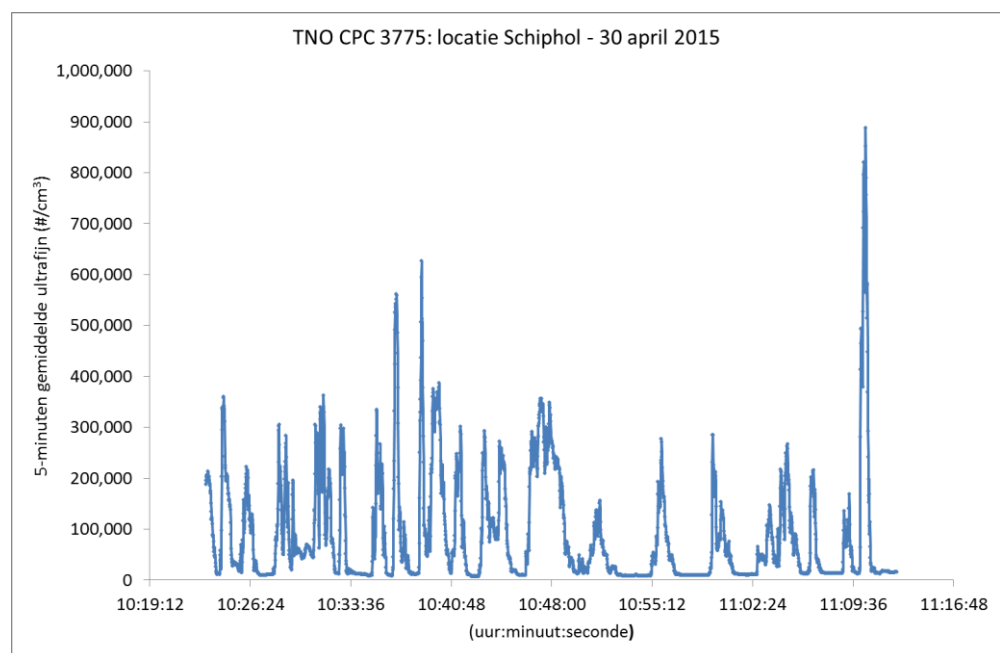
- *CPC*; De resultaten van de totale concentraties van ultrafijn stof groter dan 4 nm bevestigen de conclusie in 2014 dat Schiphol een belangrijke bron is van ultrafijn stof: tijdens uren met windrichtingen vanaf Schiphol waren de ultrafijn concentraties een factor 2 (windrichtingen: 240-270°) en 50% (windrichtingen: 280-300°) verhoogd in vergelijking tot andere windrichtingen. Opmerkelijk zijn de verhoogde ultrafijn concentraties bij windrichtingen vanaf de Polderbaan (280-300°) in 2015 in vergelijking tot 2014. Het ontbreken van deze bijdrage in 2014 werd waarschijnlijk veroorzaakt door onderhoud en een internationale top in Den Haag waardoor er minder gebruikt werd gemaakt van de Polderbaan in de meetperiode van 2014. Door analyse van de vliegintensiteit op Schiphol in beide meetperiodes kan deze veronderstelling worden getoetst.
- *MAAP*; De concentraties van de massa van roetdeeltjes zijn niet verhoogd bij windrichtingen vanaf Schiphol. Dit bevestigt de conclusie uit het onderzoek in 2014 dat de massa van uitgestoten roet door vliegverkeer beperkt is.
- *SMPS*; Tevens werd bevestigd dat de deeltjesgrootte van Schiphol-gerelateerd ultrafijn stof wordt gedomineerd door deeltjes tussen de 10 en 20 nm. Waarschijnlijk zijn er ook veel kleinere deeltjes dan 10 nm maar de ondergrens van de detector van de SMPS was 10 nm.

De resultaten van het onderzoek op de locatie Connexxion zijn als volgt:

- *SO₂*; De resultaten van de zwaveldioxide concentraties laten zien dat SO₂ geen gevoelige indicator is van vliegtuigemissies ondanks het gehalte van 400 ppm zwavel in kerosine. Weliswaar zijn de SO₂ concentraties verhoogd bij windrichtingen vanaf Schiphol maar bij windrichtingen belast door emissies van wegverkeer zijn SO₂ concentraties ook verhoogd. Ultrafijne deeltjes lijken de meest gevoelige indicator voor vliegtuigemissies.
- *Elementanalyse*; Chemische analyse van (ultra)fijn stof verzameld benedenwinds van Schiphol bij ultrafijn concentraties groter dan 50.000 deeltjes per cm³ laten zien dat de samenstelling van ultrafijn stof van vliegtuigen werd gedomineerd door koolstof en zuurstof. Dit duidt op elementair koolstof samen met organische verbindingen. Daarnaast is er stikstof en zwavel gemeten wat duidt op secundaire deeltjes (ammoniumsulfaat). Vermoedelijk wordt uitgestoten zwavelzuur in vliegtuigemissies geneutraliseerd door ammoniak in de buitenlucht. Nader onderzoek wordt aanbevolen door boven- en benedenwinds metingen van Schiphol (en op Schiphol zelf) in combinatie met chemische analyse vanwege het mogelijk belang voor gezondheidsrisico's van blootstelling aan Schiphol-gerelateerd ultrafijn stof.

Bijlage A: Totaal aantal deeltjes gemeten door TNO op 30 april 2015 rondom Schiphol

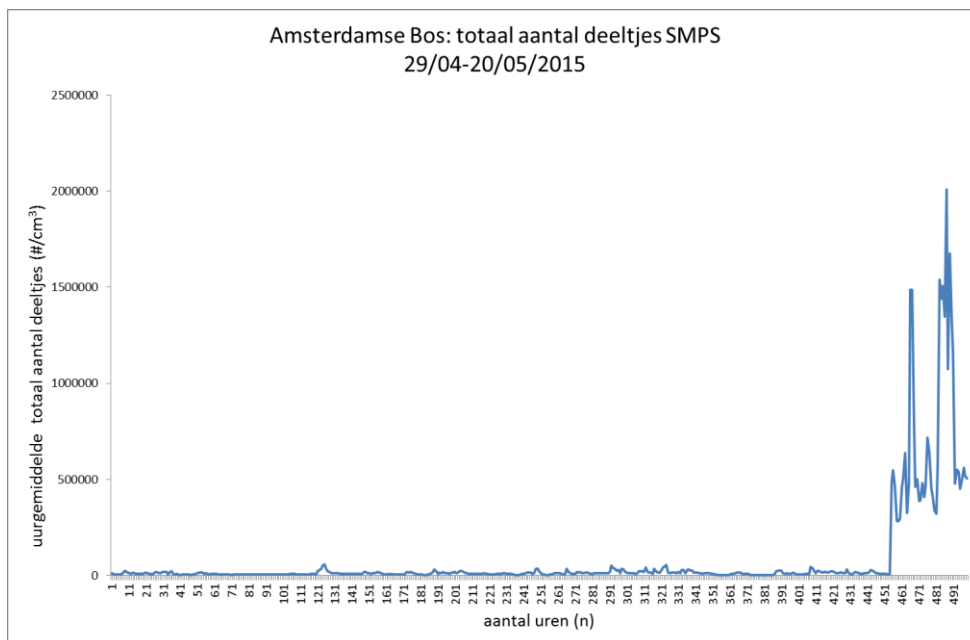
Op 30 april 2015 zijn CPC instrumenten van het ECN en TNO met elkaar vergeleken. Door TNO werd een CPC (TSI 3775) toegepast waarmee het totaal aantal deeltjes in niet-gedroogde lucht is gemeten. De resultaten van vijfminuten gemiddelde concentraties zijn weergegeven in Figuur A-1. De gemiddelde concentratie was 89.500 deeltjes per cm³ met minimale ("10-percentiel") en maximale ("90-percentiel") waarden van respectievelijk 47.000 en 121.000 deeltjes per cm³. Voor meer details over de locatie en vergelijking met de metingen door het ECN wordt verwezen naar het ECN.



Figuur A-1: Totaal aantal deeltjes (#/cm³) gemeten door TNO op 30 april 2015 op en rondom Schiphol.

Bijlage B: Tijdsree van de totaal aantal deeltjes gemeten met de SMPS (29/04-20/05/2015)

Vanaf 29 april werd op de locatie Amsterdamse Bos met een SMPS de deeltjesgrootteverdeling van (ultra)fijn stof gemeten. De som van de concentraties van de deeltjes in verschillende grootte klassen is een maat voor het totaal aantal deeltjes, zoals ook gemeten door de CPC. De tijdsree van de totaal aantal deeltjes zoals gemeten door de SMPS is weergegeven in Figuur B-1. Dit illustreert dat na 18 mei 06:00 uur, de SMPS extreem hoge concentraties meet terwijl deze concentraties niet door de CPC werden gemeten. Bij inspectie bleek de koeling van de detector niet meer functioneerde en het was niet mogelijk (op de korte termijn van de meetcampagne) een alternatief instrument in te zetten.



Figuur B-1: Totaal aantal deeltjes gemeten met de SMPS op de meetlocatie Amsterdamse Bos in mei 2015.