

Flora – Vegetatie voor een betere luchtkwaliteit

**“Meten is weten, Vegetatie voor een betere
luchtkwaliteit”**

Prijsvraag perceel 2: “Meten en modelleren aan groene oplossingen voor de stadsregionale luchtkwaliteit langs rijkswegen”

Een project van het consortium van Stadsregio Arnhem Nijmegen, KEMA, WUR, Alterra en Integralis PP BV in opdracht van het IPL



Ontwikkeldocument

Rapportnummer : DVS-2008-028

Status: eindconcept

Bedrijfsnaam: Stadsregio Arnhem Nijmegen

Datum: 6 juni 2008

Het innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) werkt in opdracht van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM aan innovatieve oplossingen die bijdragen aan verbetering van de luchtkwaliteit op en rond snelwegen. De focus ligt op snelwegen bij dichtbevolkte gebieden (zgn. "hot spots"). Daar zal bronbeleid pas op termijn toereikend zijn om de luchtkwaliteit wat betreft NO_2 en PM_{10} aan de normen te laten voldoen. IPL-maatregelen kunnen onderwijl bijdragen aan verbetering. De Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat voert het IPL uit. Met het beschikbare onderzoeksbudget identificeert, selecteert, stimuleert en beproeft het IPL kansrijke ideeën voor oplossingen. Deze worden tot en met 2008 onderzocht en beproefd. Zodra een maatregel haalbaar blijkt, wordt daarover een positief advies afgegeven. Het IPL werkt samen met kennis- en onderzoeksinstituten, andere departementen, provincies, gemeenten en marktpartijen.

Colofon

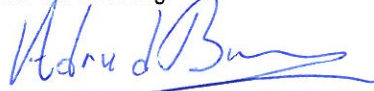
1. **Rapportnummer**
DVS-2008-028
2. **Serienummer**
Versie eindconcept
3. **Ontvanger catalogus nummer**
-
4. **Titel en ondertitel**
Flora – Vegetatie voor een betere luchtkwaliteit
(Meten is weten vegetatie voor een betere
luchtkwaliteit – Prijsvraag perceel 2)
5. **Datum rapport**
6 juni 2008
6. **Code uitvoerende organisatie**
7. **Schrijver(s)**
E.A. de Vries
V.H.M. Kuypers
8. **Nummer rapport uitvoerende organisatie**
9. **Naam en adres opdrachtnemer**
Consortium van Stadsregio Arnhem Nijmegen,
KEMA, WUR, Alterra en Integralis PP BV
Postbus 6578
6503 GB Nijmegen
10. **Projectnaam**
Meetproef beplanting en luchtkwaliteit A50
11. **Contractnummer**
DWW-3125
12. **Naam en adres opdrachtgever**
Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Innovatie Programma Luchtkwaliteit
Postbus 5044
2600 GA Delft
13. **Type rapport**
Ontwikkeldocument
14. **Code andere opdrachtgever**
-
15. **Opmerkingen**
16. **Trefwoorden**
IPL, vegetatie, luchtkwaliteit, fijn stof, O3, NOx,
modellering, verkeer

17. Referaat

In dit ontwikkeldocument wordt een beschrijving gegeven van een meetproef langs de A50 bij Heteren waar de effecten van een beplantingsstructuur op de luchtkwaliteit worden gemeten. Hierin worden de inrichting van het proefvak, de mogelijk optredende risico's, het uitvoeren van de metingen en de beschrijving van de modelering beschreven.

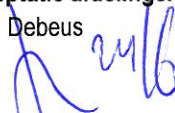
18. Acceptatie projectleider

A. van den Burg



20. Acceptatie afdelingshoofd IP

Ir. G. Debeus



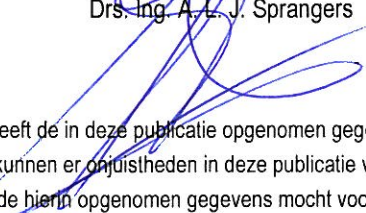
19. Acceptatie programmamanager IPL

Ir. C Kempenaar



21. Acceptatie directeur Infrastructuur

Drs. Ing. A.-L. J. Sprangers



De Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat heeft de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Het Rijk sluit iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

Inhoudsopgave

Flora – Vegetatie voor een betere luchtkwaliteit	0
Voorwoord	3
Samenvatting	4
1. Inleiding	5
1.1 Werken aan een betere luchtkwaliteit	5
1.2 Probleembeschrijving	5
1.3 Het idee	6
1.4 Doelstelling en Reikwijdte	6
1.5 Afbakening	6
1.6 Leeswijzer	6
2. Relatie vegetatie en luchtkwaliteit	7
2.1 Vegetatie en fijn stof	7
2.2 Vegetatie en stikstofdioxide	8
2.3 Structuurafhankelijkheid	8
2.4 Kennisleemte	9
3. Locatie en inrichting	10
3.1 Locatiekeuze	10
3.2 Grondwerk	12
3.3 Water- en elektriciteitsvoorziening, hekwerken, informatieborden e.d.	15
3.4 Vegetatie	16
4. Metingen	18
4.1 Meten aan de vegetatie	18
4.2 Meten aan het verkeer	18
4.3 Meten aan de concentratie	18
5. Modellerings	23
5.1 Optimalisatie van het CFD-model	23
5.2 Overwegingen voor een klassenindeling van de meetresultaten	23
5.3 Extra CFD-berekeningen voor het ontwerp van een vegetatie module	24
6. Beheersing van risico's	26
6.1 Risico-analyse	26
6.2 Aanleg en beheer van de vegetatie	27
6.3 Aanleg en beheer van de meetopstelling	27
6.4 Invloed van de meting op het verkeer	27
7. Begroting en planning	28
7.1 begroting	28
7.2 Planning	29
8. Conclusie	30
9. Aanbevelingen	31
9.1 Meten van fijn stof door het wege van de bladmassa	31
9.2 Verzameling van verkeersgegevens	31
Literatuur	32
Bijlage A Planning	33
Bijlage B Inrichtingsplan	34
Bijlage C Beplantingsplan	35
Bijlage D Beheerplan	36

Voorwoord

Het innovatie Programma Luchtkwaliteit (IPL) werkt aan een serie kosteneffectieve maatregelen om de luchtkwaliteit langs rijkswegen in Nederland te verbeteren. Onderdeel daarvan is het onderzoek naar de mogelijkheden die vegetatie langs snelwegen in dat spectrum te bieden heeft. Het gaat er om te bepalen hoe betekenisvol de bijdrage van beplanting kan zijn en hoe een aantoonbare bijdrage vervolgens in voorschriften kan worden verankerd.

De Stadsregio Arnhem Nijmegen werkt eveneens aan een programma om de luchtkwaliteit in de regio te verbeteren, mede in de context van klimaatverandering, toenemende verstedelijking, mobiliteit en versterking van het vestigingsklimaat. Het project FLORA is onderdeel van dit EUREKA programma, en omvat een divers onderzoek naar groene maatregelen ten behoeve van verbetering van de luchtkwaliteit verspreid over de regio.

IPL en de Stadsregio hebben een gezamenlijk belang langs de A50 bij Valburg. Dit drukke tracé heeft een grote invloed op de luchtkwaliteit in de stadsregio, maar is tevens de slagader voor de mobiliteit en de ruimtelijke ontwikkelingsmogelijkheden in de stadsregio. De verdere ontwikkeling van het rijks- en regionale wegennet wordt in toenemende bepaald door het perspectief om problemen met de luchtkwaliteit het hoofd te bieden.

Het consortium, dat dit meetproject onder leiding van de stadsregio Arnhem Nijmegen uitvoert, wordt gevormd door onderdelen van Wageningen Universiteit, KEMA en Integralis PP. Daarmee wordt ruimtelijke-, meteorologische-, model- en vegetatiekundige kennis samengebracht die door het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit kan worden getoetst. Het project is vanwege de aanpak en omvang van (inter)nationaal belang om de bijdrage van vegetatie op de luchtkwaliteit in de praktijk langs (rijks)wegen aan te tonen

Als blijkt dat vegetatie een significante bijdrage aan de verbetering van de luchtkwaliteit levert kan de opgedane kennis gebruikt worden bij de verdere ontwikkeling van regelgeving door het Ministerie van VROM.

Samenvatting

Op 19 maart 2008 jl. is het meetexperiment naar de werking van vegetaties langs snelwegen ten behoeve van een verbetering van de luchtkwaliteit langs de A50 bij Valburg officieel geopend. In de periode voorafgaand aan de opening is op een grote verscheidenheid aan inhoudelijke en procesmatige vragen een antwoord gezocht en zijn keuzes gemaakt. De complexiteit van het meten aan lucht en vegetatie, van de locatie, van de regelgeving en het betrekken van alle stakeholders hebben de uiteindelijke inrichtingskeuzes beïnvloed. Het ontwikkeldocument gaat terug tot aan het winnende idee voor de IPL prijsvraag en eindigt bij de opening. In drie maanden tijd is daarbij een meetlocatie geschikt gemaakt voor een meetexperiment dat in deze aard en omvang nog niet eerder in de wereld is uitgevoerd.

De kwaliteit en de betrouwbaarheid van de meetresultaten hebben centraal gestaan bij de locatiekeuze van het 300 meter lange en 10 meter brede proefvlak. Daarbij waren belangrijk :

- het open windveld en de expositie op het westen,
- de hoge verkeerdruk op dit deel van de A50 en daarmee hoge concentraties verontreinigingen,
- de veiligheid van het verkeer, van de meetapparatuur en de beplanting,
- de constante groeimogelijkheden, de beschikbaarheid en de optimale porositeit van de beplanting
- de beschikbaarheid van de gewenste meetinstrumenten

Dit alles in het licht van de mogelijkheid om met de meetresultaten een betrouwbare model validatie uit te voeren.

Gekozen is voor een risico benadering, dat wil zeggen uitsluiten wat uit te sluiten is en zorgvuldig omgaan met wat niet uit te sluiten is. Niet uit te sluiten is dat het weer tegen zit. Als de wind aanhoudend uit de verkeerde richting komt is daar weinig tegen te doen, evenmin als het de hele zomer regent. Door 24 uur te meten over een zo lang mogelijke periode is dit risico maximaal beperkt. De hoge concentraties in de lucht zijn gegarandeerd. Door het proefvlak niet op de Meilanden, maar juist ten zuiden daarvan in te richten, is het veiligheidsrisico voor het verkeer en de apparatuur beperkt. Consequentie daarvan is dat voor de beplanting en de meetmasten stevige verankering daarvan en een ophoging met een grondbanket noodzakelijk werd. Om de groeimogelijkheden van de beplanting niet te beperken stelde dat eisen aan de kwaliteit van het grondbanket en aan de vochttoevoer. Daarvoor is geselecteerd tussen beschikbare en betaalbare grond in de regio en daarbuiten. Ten aanzien van de beplanting is gekozen voor volwassen bomen, vanwege de optimale invang capaciteit en voor soorten die bewezen effectief zijn voor fijn stof (Grove den) en voor NOx (Linde). Om de gewenste porositeit te bereiken is onder de Lindes de wintergroene Laurierkers aangeplant, De Grove dennen zijn vertakt tot op de stamvoet, waardoor in dit deel van het proefvlak geen onderbegroeiing noodzakelijk is. Er worden veel metingen in het land verricht aan de luchtkwaliteit, maar niet altijd met de vereiste nauwkeurigheid voor standaardisering en modelbewerking. De beschikbaarheid van kwalitatief hoogwaardige meetapparatuur is beperkt en zeer kostbaar. Om in het gehele windveld – in drie raaian voor en achter de beplanting en in het open veld – is veel apparatuur nodig. De keuze werd hier uiteindelijk beperkt door de beschikbaarheid van de apparatuur. Het uitgangspunt is gehandhaafd dat wat gemeten wordt ook betrouwbaar, nauwkeurig en valideerbaar moet zijn. Om dit te bereiken is bijzondere aandacht besteed aan het ijken van de apparatuur en aan teststruns met modellen.

Geconstateerd kan worden dat er een groot draagvlak en aandacht in de pers voor dit meetexperiment is, zowel regionaal, nationaal als internationaal. Om dit draagvlak te behouden is in een communicatieplan vastgelegd hoe de informatie over het proces rond het meten en de meetresultaten intern en extern geregeld worden. De monitoring en het beheer van het proefvlak, de beplanting en de meetapparatuur zal de laatste onzekerheden weg moeten nemen over wat er nu precies gemeten is.

1. Inleiding

1.1 Werken aan een betere luchtkwaliteit

Het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit werkt in opdracht van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM aan innovatieve oplossingen die bijdragen aan verbetering van de luchtkwaliteit op en rond snelwegen. Met het beschikbare onderzoeksbudget identificeert, selecteert, stimuleert en beproeft het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit kansrijke ideeën voor oplossingen langs snelwegen. Kansen waar het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit tijd, energie en geld in steekt zijn onder andere het mogelijke gebruik van katalytische lagen, aangepaste schermen langs wegen en het mogelijk overkappen van snelwegen. Ook het gebruik van vegetatie wordt gezien als een kans. Het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit heeft marktpartijen via een prijsvraag, uitgenodigd ideeën en oplossingen aan te dragen voor vegetatie die een positief effect hebben op de luchtkwaliteit langs wegen (fijn stof en stikstofdioxide).

In de Stadsregio Arnhem Nijmegen wonen ongeveer 725.000 inwoners. Ruim 300.000 daarvan wonen in de steden Arnhem en Nijmegen. In een regio waar zoveel mensen wonen en werken staan de leefomstandigheden onder druk. Een goede Bereikbaarheid is een voorwaarde voor een vitale en concurrerende regio, maar ook een schoon leefmilieu. FLORA is een van de deelprogramma's van EUREKA, hierbinnen wordt gezocht naar oplossingen voor hetzelfde probleem als waar het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit aan werkt. De aansluiting die vanuit het programma FLORA gemaakt kan worden met de prijsvraag van het innovatieprogramma luchtkwaliteit was voor de Stadsregio Arnhem Nijmegen aanleiding om mee te doen aan deze prijsvraag "Meten is weten, Vegetatie voor een betere luchtkwaliteit". De Stadsregio Arnhem Nijmegen leidt een consortium waarin ook KEMA, WUR, Alterra en Integralis PP zijn vertegenwoordigd. Gezamenlijk hebben zij het voorstel "Flora - Meten en modelleren aan Groene oplossingen voor de stadsregionale luchtkwaliteit langs rijkswegen" ingediend. Dit voorstel is uit drie inzendingen geselecteerd voor perceel 2.

1.2 Probleembeschrijving

Fijn stof is een deeltjesvormige verontreiniging die in te hoge concentraties de gezondheid kan bedreigen. Het fijn stof in de lucht varieert sterk in grootte, in chemische samenstelling en in concentratie. Fijn stof heeft een diameter van 10 µm of kleiner (< 0.01 millimeter) en kan daardoor door de mens worden ingeademd en opgenomen en gezondheidseffecten hebben. De ingeademde stofdeeltjes schaden de luchtwegen en longen. De kleinere deeltjes kunnen hart en bloedvaten schaden doordat deze worden opgenomen in het bloed en invloed hebben op het hartritme en vorming van plaques kunnen versterken. Met name ouderen, kinderen, COPD- patiënten en hartpatiënten zijn kwetsbaar. Fijn stof als gevolg van verbrandingsprocessen lijkt vooralsnog relevanter voor de gezondheidsklachten dan fijn stof met een natuurlijke oorsprong zoals zeezout en bodemstof. Naar schatting sterven in Nederland per jaar 2300 tot 3500 mensen eerder (enkele dagen tot enkele maanden) als gevolg van een kortdurende blootstelling aan fijn stof (Fischer, 2005). De gevolgen van langdurige blootstelling aan fijn stof zijn onzeker, maar schattingen wijzen op circa 18.000 mensen die tot 10 jaar eerder sterven (MNP, 2006). Daarnaast zorgt het ook voor een verminderde kwaliteit van leven van kwetsbare groepen door bijvoorbeeld meer ziekenhuisopnames en verhoging van medicijngebruik.

Stikstofdioxide is een gasvormige luchtverontreiniging die als indicator geldt voor een breed scala van luchtverontreinigende stikstofverbindingen. In hoge concentraties is het schadelijk voor de gezondheid, het verhoogt de gevoeligheid voor luchtweginfecties door aantasting van ons natuurlijk afweersysteem (Chauhan et al, 1998). In veel lagere concentraties kan het milieu aangetast worden, dat onder andere tot meer verzuring en vermisting leidt. Bovendien kan stikstofdioxide met andere gassen reageren waardoor het voor de mens schadelijke ozon ontstaat.

In 1996 is in Europees verband de Kaderrichtlijn luchtkwaliteit opgesteld en sinds 1999 worden daar dochterrichtlijnen onder gehangen met normen voor de luchtkwaliteit. Door de wijze van implementatie in de Nederlandse wetgeving zijn er ruimtelijke gevolgen. Bouwplannen liepen vertraging op doordat onvoldoende rekening werd gehouden met de luchtkwaliteit en in sommige gevallen leidde dit tot een volledige bouwstop. Door additionele maatregelen kunnen veel projecten alsnog doorgang vinden, maar hiervoor zijn vaak wel innovatieve oplossingen nodig.

1.3 Het idee

Het idee dat door het consortium onder leiding van de Stadsregio Arnhem Nijmegen is ingediend omvat het aanleggen van een beplantingsstrook langs een snelweg en het plaatsen van een vaste meetopstelling waar de luchtkwaliteit gemeten wordt. In de meetopstelling wordt gemeten aan een zone met én een zone zonder beplanting, waarbij het gedeelte met beplanting onderverdeeld kan worden in een deel met loofbomen en een deel met naaldbomen. De meetgegevens worden onder steeds vergelijkbare omstandigheden verzameld. Met een modelbewerking van de meetgegevens worden ook geoptimaliseerde situaties ten aanzien van de werking van beplantingen doorgerekend. Omdat luchtkwaliteit primair wordt beschouwd als een ruimtelijk in de tijd op te lossen probleem, wordt - door middel van een beplantingsfilm - ook de dynamische ontwikkeling van de beplanting in de tijd ingebracht, waarmee de effectiviteit van de beplanting in de toekomst ingeschat kan worden.

1.4 Doelstelling en Reikwijdte

Doel van dit voorstel is drieledig:

1. Bepalen hoe groot het effect van vegetatiestroken langs (rijks)wegen is op de concentraties van fijn stof, NO₂ en inerte stoffen.
2. Bepalen hoe groot de relatieve bijdrage is van extra verdunning en de verwijdering door de vegetatie.
3. Het verzamelen van data voor en het valideren van twee rekenmodellen:
 - a. een CFD-model (Computational Fluid Dynamics) voor een aanscherping van de detailbeschrijving van wat er gebeurt bij de vegetatiestrook.
 - b. een operationeel model dat het effect op jaargemiddelde concentraties en overschrijdingskansen van luchtkwaliteitsnormen conform het Meet- en Rekenvoorschrift bepaalt.

Als belangrijk neven doel kan het bepalen van het oplossend vermogen van vegetaties worden beschouwd voor problemen met de luchtkwaliteit langs rijkswegen in stedelijke regio's.

1.5 Afbakening

Er wordt gemeten in het aangelegde proefvak tussen het knooppunt Valburg en de verzorgingsplaats Meilanden langs de A50 met inrichting zoals beschreven in hoofdstuk 4. De meetresultaten zullen toepasbaar moeten zijn onder gelijkwaardige omstandigheden. Met de verzamelde dataset worden modelbewerkingen uitgevoerd. Afhankelijk van de resultaten zal bekeken worden of de eerste stappen gezet kunnen worden voor de ontwikkeling van een algemener toepasbaar screeningmodel. Totdat zo'n model er is zal zorgvuldig met de resultaten omgegaan dienen te worden door afwijkingen van de omstandigheden te benoemen en te onderkennen. Dit geldt o.a. voor de expositie, boomsoorten, structuur van het groen, type en aanbod van de verontreiniging en lokale bodem- en vochtsituaties.

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de werkingsprincipes en de relatie tussen vegetatie en luchtkwaliteit beschreven. In hoofdstuk 3 worden de locatiekeuze en de argumenten voor de keuze uiteengezet. Hoofdstuk 4 gaat in op de praktische keuzes die gebaseerd zijn op beproefde theoretische methodes van het meten aan lucht en vegetatie. Hoofdstuk 5 behandelt de modelbewerkingen, die in de loop van het experiment al in gang zijn, met een vooruitblik naar de bewerking van de resultaten. In hoofdstuk 6 wordt uiteengezet hoe met de risico's is omgegaan in deze fase en hoe de risico's tijdens de metingen zullen worden beheerst. Hoofdstuk 7 geeft inzicht in de planning en de begroting en in hoofdstuk 8 zijn de conclusies verwoord van het ontwikkelingsproces. Ten slotte wordt in hoofdstuk 9 in de vorm van aanbevelingen inzicht verstrekt in de vooralsnog onmogelijke te vervullen wensen om het onderzoek te verbreden en te verdiepen.

2. Relatie vegetatie en luchtkwaliteit

2.1 Vegetatie en fijn stof

Vegetatie kan fijn stof onderscheppen en vasthouden (interceptie). Dit vindt plaats op alle bovengrondse delen van de vegetatie. De grootste hoeveelheid fijn stof komt op het blad terecht. De mate van interceptie varieert per soort. Door de grotere omvang, onderscheppen bomen fijn stof beter dan bijvoorbeeld struik- en kruidachtige soorten. Interceptie vindt plaats op het moment dat het fijn stof contact maakt met de vegetatie. Een onregelmatige opbouw van de vegetatie zorgt voor meer turbulentie in de lucht, waardoor er meer contactmomenten kunnen ontstaan. Hierbij zijn vegetatie-eigenschappen, zoals de ruwheid van het oppervlak, essentieel. Fijn stof hecht zich beter aan een bladoppervlak dat plakkerig, ruw en harig is, zeker als het vochtig is (Pye, 1987). Daarnaast zorgt de elektrostatische lading die vegetatie kan hebben ook voor een groter interceptievermogen (Beckett, 2000b). De houtige delen van vegetaties dragen ook bij aan de interceptie, hierbij is de takstructuur van belang (Beckett, 1998). Een deel van het fijn stof komt niet meer los van het blad. Een ander deel kan als gevolg van hevige wind en regen loskomen. Dit deel komt weer in de lucht terecht of spoelt met het water weg of hecht zich aan andere oppervlakten. Gegevens over dit verwaaiingspercentage zijn beperkt bekend. Uit onderzoek blijkt dat het afwaaien vooral in het eerste uur na het afvangen plaatsvindt. Dit gebeurt vooral bij hogere windsnelheden. Het verwaaiingspercentage in het eerste uur is maximaal ongeveer 30%, daarna is het percentage kleiner dan 5% (Rosinski, 1964). In berekeningen worden hierom veilige marges ingebouwd. Bij afspoeling komt fijn stof niet terug in de lucht, maar in de bodem. De mate van afspoeling varieert per plantensoort. In bodems langs snelwegen is sprake van verhoogde concentraties van deze stoffen en strooizout. Verspreiding verder dan enkele meters van de weg is nooit aangetoond. De afbraak of fixatie van stoffen in de bovenste bodemlaag is onderdeel van een natuurlijk proces.

2.1.1 Afvangen en depositie

Interceptie van fijn stof bestaat uit drie processen; impactie, sedimentatie en diffusie. Bij impactie wordt onder invloed van de wind het fijn stof afgevangen doordat dit door zijn massastraagheid botst met de vegetatie. Fijn stof wordt hierbij door de wind als het ware de beplanting ingeblazen. Dit is het meest effectieve proces. Afhankelijk van de vorm van de beplanting en de soorten waaruit deze bestaat, wordt meer of minder fijn stof afgevangen. Ook kan sedimentatie plaatsvinden waarbij fijn stof onder invloed van de zwaartekracht neerslaat op de beplanting. Hierbij is de mate van bedekking van het gebied van belang. Modelmatig onderzoek in de West-Midlands (Groot-Brittannië) laat zien dat een bedekking van 25% vegetatie een concentratieverlaging van 10% kan opleveren (Steward, 2002). Tot slot is er Brownse-diffusie; de stofdeeltjes zijn zo klein dat ze zich bewegen als gassen, maar met een lagere snelheid dan gasmoleculen. Dit speelt alleen een rol bij ultra fijn stof. In tegenstelling tot fijn stof (PM10) kan ultra fijn stof (PM0.1) door planten via bijvoorbeeld de huidmondjes worden opgenomen (o.a. Beckett, 2000a).

2.1.2 Verdunnen

Naast afvangen en neerslaan speelt verdunning ook een rol. Beplanting beïnvloedt het stromingspatroon van de lucht - en daarmee de verspreiding van luchtvervuiling. De lucht wordt door de beplanting gedwongen om een andere weg te volgen. Vaak is dat over de beplanting heen, waardoor de vervuilde lucht in aanraking komt met schonere lucht uit een hogere laag. Deze luchtstromen vermengen zich waardoor de concentratie van de meest vervuilde luchtstroom verlaagd wordt. Dit gebeurt overigens bij ieder opgaand element (dus ook muren en geluidsschermen). Indien de vermenging niet optimaal is, kan ook een cumulatie achter het element plaatsvinden, doordat er een lijwervel ontstaat.

2.2 Vegetatie en stikstofdioxide

Naast fijn stof kunnen planten ook stikstofdioxide opnemen. Gasvormige luchtverontreinigende stoffen, zoals stikstofdioxide, kunnen grotendeels worden opgenomen door de huidmondjes op het blad. Daarnaast wordt een klein deel door de buitenste beschermlaag van het blad (cuticula) opgenomen (<5%). De hoeveelheid en grootte van de huidmondjes verschilt per (boom)soort. Brede, dunne bladeren hebben een grotere opname capaciteit dan bijvoorbeeld naalden (Hanson, 1991). Uit onderzoek blijkt dat in Chicago per hectare jaarlijks 12,4 kg stikstofdioxide wordt opgenomen (Nowak, 1994).

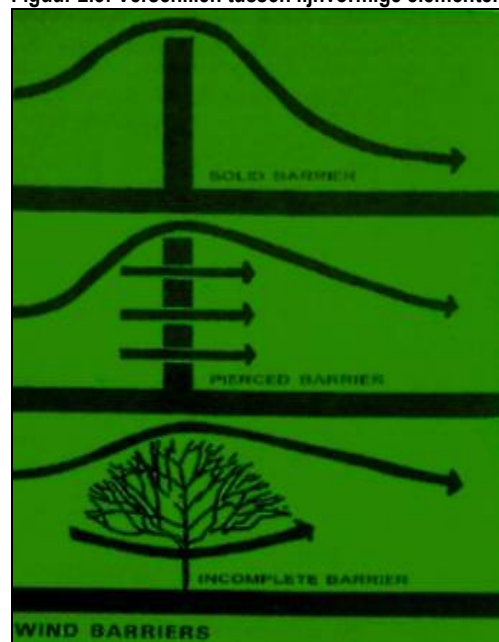
De openingstoestand van de huidmondjes is bepalend voor de grootte van de opname. Deze neemt lineair toe met de openingstoestand (Neubert, 1993). De openingstoestand is licht- en waterafhankelijk. De weerstand van het blad om stikstofdioxide op te nemen is klein. Eenmaal opgenomen door het blad ontstaan nitraat en nitriet. Dit wordt omgezet naar eiwitten en aminozuren (detoxicificatie). Afhankelijk van de snelheid van de omzetting door de plant, is stikstofdioxide meer of minder schadelijk voor de plant (kan leiden tot bijvoorbeeld groeireductie). Een ander punt is, dat de stikstofbemesting de concurrentieverhoudingen in ecosystemen kan veranderen en daarmee van invloed is op de biodiversiteit. Uit Japans onderzoek blijkt dat met name populier (*Populus nigra*) en Robinia (*Robinia pseudo-acacia*) goed bestand zijn tegen de opname van stikstofdioxide (Takahashi, 2005).

Planten en bomen nemen via de wortels ook stikstof op uit de grond. Er zijn aanwijzingen dat de opname van stikstof door de wortels wordt afgeremd door de stikstofdioxide-opname van bladeren (o.a. Pérez-Soba 1993). Dit zou betekenen dat de opnamecapaciteit van stikstofdioxide uit de lucht niet geremd wordt en daarmee de opname uit de lucht min of meer gegarandeerd is. Modelstudies wijzen erop dat ongeveer 10% van het stikstofdioxide die door de beplanting stroomt uit de lucht gefilterd kan worden (Wesseling, 2004).

2.3 Structuurafhankelijkheid

Naast dat een individuele boom, struik of zelfs grasspriet invloed heeft op het luchtzuiverende vermogen (fysiologische aspecten), heeft de verschijningsvorm ook invloed op de luchtkwaliteit (luchtstromingsaspecten). Dit speelt met name bij lijnvormige elementen (houtwallen, houtsingels, bomenrijen, enz.). Lijnvormige beplanting heeft verschillende verschijningsvormen en verschilt daardoor ook in structuur. In figuur 2 is het lijnvormige beplanting in drie categorieën ingedeeld.

Figuur 2.3: Verschillen tussen lijnvormige elementen (Steward, 2002)



- boven: gesloten lijnvormige beplanting (bijv. een geluidsscherm of een dichte haag)
- midden: poreus lijnvormige beplanting (bijv. half open haag, of bomenrij met ondergroei)
- onder: onvolledig lijnvormige beplanting (bijv. bomenrij zonder ondergroei)

Bovenaan in figuur 2 is een gesloten lijnvormig element weergegeven. Hierbij kan gedacht worden aan een geluidsscherm of een dichte haag. Het gesloten lijnvormige element werkt als een windscherm. De luchtstroom wordt door het element tegengehouden en gaat er overheen. Het contact met het element is minimaal. Alleen de buitenkant van het element oefent een afvangende functie uit, waardoor de afvangst minimaal is. Bij het poreuze lijnvormige element, bijvoorbeeld een half open haag (figuur 2, midden) gaat een deel van de luchtstroom door het element heen. Verontreiniging in deze luchtstroom wordt veel beter afgevangen dan bij een gesloten lijnvormig element het geval is, doordat er meer contact met het element gemaakt wordt. De afvangst wordt versterkt door de turbulentie in het lijnvormige element. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van onregelmatigheden zoals takken en twijgen, bladeren en de bladstructuur. Hoe warriger de structuur, hoe effectiever de afvangst. Om voldoende afvangst te genereren is een zekere mate van doorlaatbaarheid (porositeit) nodig, zodat de luchtstroom het lijnvormige element in kan. Ook gaat een deel van de luchtstroming over het lijnvormige element heen. Dit deel gedraagt zich zoals bij een gesloten lijnvormig element. De optimale porositeit is afhankelijk van de homogeniteit van de samenstelling van de lucht. Een beplanting als poreus lijnvormig element is in staat om circa 15% tot 20% van het stof die er doorheen gaat af te vangen (Wesseling et al, 2004). Een poreuze doorlaatbare lijnstructuur kan de concentratie van stikstofdioxide met maximaal 10% verlagen. Een onvolledig lijnvormig element (figuur 2, onder) splitst de luchtstroom in twee aparte stromen. Een deel stroomt over het lijnvormige element heen en een deel stroomt onder het lijnvormige element door. Het contact is meer dan bij een gesloten lijnvormig element, waardoor meer mogelijkheden zijn om stof af te vangen, maar minder dan bij een poreus lijnvormig element. De afvangst blijft relatief klein.

2.4 Kennisleemte

Uit een aantal praktijkmetingen en enkele theoretische studies blijkt, dat beplantingen een belangrijke verbetering van de luchtkwaliteit kan bewerkstelligen. Modelberekeningen met procesmodellen (Envimet) zijn nog onvoldoende toegerust om het effect van beplantingen te schatten. Meer operationele modellen zijn nog niet ontwikkeld; ze zijn echter wel noodzakelijk. Dit zijn de modellen, die een grote groep gebruikers ten dienste staan om het effect van beplanting op de luchtkwaliteit uit te rekenen. Zij ondersteunen daarmee de toepassing in de praktijk. Deze operationele modellen moeten voor uniformiteit van beoordeling van de effectiviteit van beplanting in relatie tot luchtkwaliteit zorgen en dienen te worden opgenomen in het "Meet en Reken voorschrift Luchtkwaliteit". Metingen aan beplantingen moeten gegevens genereren ten behoeve van de modelontwikkeling (IPL, 2006).

Vanwege het unieke karakter van deze meetproef in de praktijk én de waarde van de te genereren data stelt het consortium alles in het werk om de proef goed te laten verlopen. Dit betekent dat in de afstemming met meetexperimenten elders, in het bijzonder perceel 1 van de prijsvraag, en buitenlandse experts is voorzien. De internationale expertise is gebundeld door de Humboldt Universiteit Berlijn (Endlicher, 2007). Met name in Duitsland lopen op dit moment een aantal kleinschalige meetexperimenten aan vegetaties, waarvan de resultaten gelijktijdig zullen verschijnen. Het ligt in de bedoeling om via een internationale review groep die resultaten met elkaar te vergelijken.

3. Locatie en inrichting

3.1 Locatiekeuze

Vanuit de prijsvraag zijn er een aantal eisen gesteld aan de meetlocatie. De locatie moet bij voorkeur:

- een vrij stromingsveld van lucht hebben;
- vlak in het terrein liggen;
- voldoende verkeersaanbod hebben om duidelijk boven de lokale achtergrondconcentratie uit te komen;
- zoveel mogelijk vrij zijn van andere storende invloeden zoals nabijgelegen gebouwen;
- veilig te plaatsen zijn.

Boven op deze eisen zijn er vanuit het consortium aanvullende eisen gesteld. Het belangrijkste is dat de meetlocatie in de Stadsregio Arnhem Nijmegen moet liggen.

De A50 ten noorden van het viaduct spoorlijn Arnhem–Tiel tot en met parkeerterrein Meilanden voldoet (na ophoging van de berm) aan deze eisen. Gedurende de metingen zijn langs dit wegvak geen (weg)werkzaamheden gepland. De opzet en het gebruik van de locatie is in nauw overleg met Rijkswaterstaat Oost Nederland en het Wegendistrict Arnhem-Nijmegen uitgewerkt. De Stadsregio Arnhem Nijmegen heeft, onder meer in het kader van BBKAN, intensief contact met Rijkswaterstaat en het district. Er zijn twee locaties voor de meetopstelling parallel aan elkaar nader verkend, dit zijn:

- 1) de locatie ten zuiden van de parkeerplaats Meilanden,
- 2) de parkeerplaats Meilanden



Afbeelding 3.1: bovenaanzicht Rijksweg A50 en parkeerplaats Meilanden

3.1.1 De locatie ten zuiden van de parkeerplaats

Deze locatie is in principe geschikt. Een belangrijk voordeel van deze locatie is dat langs de hele locatie zich reeds een vangrail bevindt. Hierdoor zijn risico's vanuit verkeersveiligheid goed te beperken. Ook is de locatie relatief eenvoudig te beveiligen en is voldoende water op korte afstand beschikbaar. De afstand tot de elektriciteitsvoorziening is relatief lang, maar overkomelijk.

Grootste nadeel van de locatie ten zuiden van de parkeerplaats Meilanden is dat er een hoogteverschil tussen weg en schouwpad overbrugd moet worden. Dat hoogteverschil loopt van ruim twee meter op naar ruim vier meter. Als dit hoogteverschil met zand c.q. grond wordt overbrugd, moet hiervan ruim 10.000 m³ aangevoerd worden, wat hoge kosten met zich meebrengt. Aanvoer van zand is via het schouwpad of via parkeerplaats Meilanden mogelijk. Als alternatief is gekeken naar de mogelijkheid om gebruik te maken van stellages waar op de vegetatie aangebracht kan worden. Nadeel hiervan is dat dit zijn weerslag heeft op het wortelgestel van de beplanting. Dit hoogteverschil heeft ook invloed op de hoogte van de meetmasten achter de beplanting, maar dit levert geen extra problemen op. Een deel van de meetopstelling - de masten achter de vegetatie - zal op de grond van particuliere eigenaren geplaatst moeten worden. Als gevolg van de positie van de masten, de tuidraden van de masten, de shelters en de kabels en leidingen daartussen, is sprake van een vrij groot ruimtebeslag op de grond van de particuliere grondeigenaar.



Afbeelding 3.1.1.: locatie ten zuiden van parkeerplaats Meilanden (A50)

3.1.2 De parkeerplaats zelf

Belangrijkste voordeel van de parkeerplaats Meilanden is dat deze makkelijk bereikbaar is. Daar staat tegenover dat op de parkeerplaats Meilanden een (vrij diepe) bermsloot opgevuld moeten worden om de proefopstelling te realiseren. Aanvoer van het zand is via de A50 goed mogelijk. De masten met de meetapparatuur langs de weg zullen met een extra aan te brengen vangrail afgeschermd moeten worden. Een voordeel is dat de hele meetopstelling op de parkeerplaats geplaatst kan worden. De beveiliging van de meetopstelling tegen diefstal en vernieling op deze locatie is een grote opgave, maar niet onoverkomelijk. De afstand tot de elektriciteitsvoorziening is relatief kort, die tot het water relatief lang. Grootste nadeel is dat de parkeerplaats Meilanden niet mag worden afgesloten. Dat maakt de parkeerplaats als onderzoekslocatie eigenlijk al niet meer interessant omdat er teveel meetruis optreedt als gevolg van het gebruik van de parkeerplaats. Ook een gedeeltelijke afsluiting maakt de locatie nauwelijks geschikt. Tot slot is het ook een nadeel dat er extra vangrails geplaatst moeten worden

In beide gevallen kan het groene scherm volledig op de grond van Rijkswaterstaat gerealiseerd worden. Naar aanleiding van een aantal veldbezoeken en overleg met de betrokken diensten van Rijkswaterstaat, de gemeente en de grondeigenaren is gekozen om de pilot ten zuiden van de parkeerplaats Meilanden in te richten.

3.2 Grondwerk

Het directe gevolg van de locatiekeuze is dat er een grondlichaam moet worden aangebracht om de vegetatiestrook in het stromingsveld te positioneren. Daarvoor is in de directe omgeving van de stadsregio een inventarisatie uitgevoerd naar beschikbare en bruikbare grond.

3.2.1 Grond voor grondlichaam

De onderzoekslocatie dient over een lengte van minimaal 300 meter, met een bovenbreedte van circa 10 meter te worden opgehoogd. De hoogte van het grondlichaam dient min of meer gelijk te zijn met de hoogte van de weg. Omdat de A50 ter plaatse van de onderzoekslocatie geleidelijk stijgt als gevolg van het zuidelijker gelegen viaduct spoorlijn Arnhem – Tiel, zal het grondlichaam in hoogte oplopen van circa 2 tot ruim 4 meter. In totaal is circa 10.000 m³ grond nodig. Het grondlichaam dient uit twee lagen te bestaan. De bovenste laag (circa 1 meter dik, 200 meter lang, 10 meter breed, circa 2.000 m³) dient geschikt te zijn voor de loof- en naaldbomen. Voor naaldbomen kan volstaan worden met zand, voor loofbomen is teelaarde of een daarmee vergelijkbare zanderige grondsoort wenselijk. Voor het overige geldt alleen de eis dat de grond een voldoende stabiel grondlichaam moet opleveren.

Voor het grondlichaam, met uitzondering van de bovenlaag, is zand (voor cunet) geschikt. Zand is echter duur tenzij het zand, over een jaar, in een project in de omgeving gebruikt kan worden. Daarnaast wordt verwacht dat het zand wel tegen een (zeer) beperkte waarde kan worden afgezet. Grond (klei) afkomstig van een project in de omgeving is in alle opzichten (financieel) aantrekkelijker zeker als deze grond op de ernaast gelegen landbouwpercelen verwerkt kan worden. Daarom wordt voor de volgende insteek gekozen. Tot twee weken voor de realisatie van het grondlichaam wordt gezocht naar grond dat aan de volgende voorwaarden voldoet:

- minimaal 8.000 m³;
- planning ontgraving(ssnelheid) en realisatie grondlichaam moeten grotendeels samenvallen;
- milieuhygiënisch schone grond;
- grond levert voldoende stabiel grondlichaam op;
- prijstechnisch aantrekkelijk (m³-prijs, transportafstand etc.)

Stadsregio zet de vraag naar grond dat aan deze eisen voldoet uit bij haar contacten en voert overleg met agrariër. Als blijkt dat er geen grond beschikbaar is, is de terugvaloptie ophogen met zand.

Stappen:

- verkennen afzetmogelijkheden zand;
- tot deadline zoeken naar circa 8.000 m³ grond dat aan bovengenoemde voorwaarden voldoet;
- circa 1.000 m³ zand gebruiken voor bovenlaag perceel naaldbomen;
- zoeken naar circa 1.000 m³ "teelaarde" voor bovenlaag perceel loofbomen;
- bespreken met aangrenzende agrariër verwerken circa 10.000 m³ over zijn percelen

3.2.2 Aanvoer grond voor grondlichaam

Gelet op de omvang van de aan- en afvoerbewegingen, het gewicht van de vrachtwagens en de te treffen maatregelen (o.a. lengte platenbaan), is een aanvoer van de grond via de A50 – parkeerplaats Meilanden de beste optie. Andere, verworpen, opties zijn: aanvoer via Woutersdijk – percelen agrariër of via Zeegstraat – onderhoudspad langs A50. Deze opties worden als terugvaloptie beschouwd. Het Wegendistrict Arnhem Nijmegen stemt met de aanvoer via de A50 – parkeerplaats Meilanden in. Gekozen wordt voor de volgende insteek. Vanaf de onderzoekslocatie tot de parkeerplaats, langs het talud A50 wordt een platenbaan aangebracht. De vrachtwagens voegen uit richting parkeerplaats. Borden langs de in-/uitvoeger informeren het wegverkeer. De vrachtwagen steekt vervolgens achteruit in en rijdt achteruit over de platenbaan naar de plek waar de grond verwerkt wordt. Gebruikers van de parkeerplaats worden met pylonen en afzethekken gestuurd zodat geen onveilige situaties ontstaan. Een veegwagen wordt ingezet om grondresten op de afvoerroute direct te verwijderen. Een en ander in frequent en goed overleg met de weginspecteur. De situatie ter

plaatse wordt voor de start van de werkzaamheden op foto's vastgelegd zodat eventuele schade aan banden, bestrating e.d. herkend en hersteld kan worden.



Afbeelding 3.2.2: Rijksweg A50, aanvoer grond voor het grondlichaam

Stadsregio en aannemer onderhouden contact met het Wegendistrict / weginspecteur. Voor de overige maatregelen zorgt de aannemer.

Stappen:

- met Wegendistrict / weginspecteur gedetailleerde uitvoering van werkzaamheden doornemen;
- aanbrengen vereiste borden, pylonen, afzethekken en platenbaan;
- met foto's vastleggen situatie voor start werkzaamheden;
- inzetten veegwagen.

3.2.3 Opbouw grondlichaam, groen en plaatsing meetmasten

Voor de start van de werkzaamheden wordt een KLIK-melding uitgevoerd. Omdat de ondergrond niet wordt bewerkt, hoeven verder geen maatregelen getroffen te worden. Daarnaast wordt de stabiliteit van de ondergrond visueel gecheckt. Er wordt rekening gehouden dat de ondergrond zeer plaatselijk niet voldoende stabiel zou kunnen zijn. Dit risico is beperkt en kan "in het werk" goed opgelost worden. Het risico dat plaatselijke instabiliteit van de ondergrond voor schade aan het talud van de A50 of kabels en leidingen in de ondergrond kan zorgen, is gering. In verband met de Keur van het Waterschap Rivierenland, dient een talud van het grondlichaam minimaal één meter van de insteek van de B-watergang te liggen.

De werkzaamheden starten met het aanvoeren van de rijplaten. Een deel van de platenbaan, tussen parkeerplaats en de onderzoekslocatie wordt gelegd. Vervolgens wordt de grond vanaf parkeerplaats Meilanden naar achter ingereden en verwerkt. De platenbaan wordt telkens over het grondlichaam naar achter verlengd. Hiervoor wordt een kraan en een shovel ingezet. Het grondlichaam wordt op deze wijze tot aan de bovenlaag gerealiseerd. Vervolgens wordt in omgekeerde volgorde (van achter richting parkeerplaats) de bovenlaag aangebracht. Gelijktijdig worden, in twee parallel verlopende werkgangen, de bovenlaag verder aangevuld en de bomen en struiken geplant en de meetmasten tussen vegetatie en vangrail geplaatst. In logistiek opzicht moet dit net mogelijk zijn. Een en ander wordt door de aannemer in een gedetailleerde (logistieke) planning uitgewerkt.

Het grondlichaam (incl. bovenlaag) wordt iets lager aangebracht dan de berm van de A50 en ligt vervolgens “op een oor”. Op deze manier kan bij een extreme zomerse bui het water vanaf de A50, over het grondlichaam aflopen. De frequentie dat dit kan voorkomen is zo beperkt dat de kans dat het groen hierdoor schade ondervindt minimaal wordt geacht. In die situaties is echter een veilige situatie voor het verkeer op de A50 wel uiterst belangrijk. Voor de afvoer van hemelwater in alle andere gevallen wordt een droge greppel aangebracht direct langs de berm van de A50, parallel langs de A50 die in beide richtingen afloopt. Voor een goede waterhuishouding wordt daarnaast, tussen bovenlaag en de rest van het grondlichaam (haaks) drainagestrengen aangebracht.

De bomen worden met een kraan in het plantvak geplaatst. De struiken deels machinaal, deels met de hand. De kruidenlaag onder de bomen/struiken wordt ingepland en het talud van het grondlichaam zonder beplanting wordt ingezaaid met gras. Het groen wordt geplant volgens het beplantingsplan, waarbij Integralis PP zorgt voor een praktische uitvoeringswijze voor de machinist die de bomen/struiken moet planten. In overleg met de aannemer wordt bepaald hoe de bomen verankerd zullen worden – dit zal op vergelijkbare wijze als de verankering van de meetmasten geschieden, waarbij uiteraard de boombasten niet beschadigd mogen raken. De overige masten (en shelters) worden via de Woutersdijk, over de percelen van de agrariër naar de gewenste locatie gebracht en opgebouwd. De stadsregio bespreekt dit met de agrariër en checkt samen met de aannemer en agrariër de aanvoerroute over de landbouwpercelen (en brengt zo nodig aanpassingen aan).



Afbeelding 3.2.3: De naaldbomen worden met kraan in het plantvak geplaatst

Stappen:

- uitvoeren KLIK-melding;
- visuele check stabiliteit ondergrond onderhoudspad;
- opstellen gedetailleerde (logistieke) planning (grond, groen, masten);
- overleg met agrariër over aanvoer masten (en shelters) over zijn grond;
- check aanvoerroute over grond agrariër (desgewenst maatregelen treffen);
- aanvoer rijplaten, aanleggen deel platenbaan tussen parkeerplaats en locatie;
- ophoging (excl. bovenlaag) van voor naar achter uitvoeren, telkens platenbaan verlengen;
- in twee werkgangen van achter naar voren bovenlaag (droge greppel), groen, masten en drainage aanbrengen en telkens deel platenbaan verwijderen;
- vanaf Woutersdijk masten (en shelters) aanvoeren en plaatsen.

3.3 Water- en elektriciteitsvoorziening, hekwerken, informatieborden e.d.

Voor de watervoorziening wordt een meter uit de B-watrgang een bron geslagen. Daarop worden pomp en waterverdeelsysteem aangesloten. Direct nadat de beplanting is aangebracht wordt het waterdruppelsysteem ingericht. Het waterdruppelsysteem wordt bovengronds aangelegd. Onder de loofbomen komen parallel in de lengterichting 16 slangen (2 groepen van 5 en één van 6) en in het plantvak van de naaldbomen 15 slangen (2 groepen van 5). Elke slang is voorzien van gaatjes die zich op een regelmatige afstand van ongeveer 40 cm bevinden. Het watergeefstelsel kan de loof- en naaldbomen onafhankelijk van elkaar bedienen. Het moment van watergeven en de hoeveelheid wordt bepaald door regelmatige controle.

Vanuit de huidige NUON-kast op het parkeerterrein wordt de elektriciteitsvoorziening aangelegd. De stadsregio vraagt hiervoor bij NUON een tijdelijke extra aansluiting aan. Naast de huidige NUON-voorziening wordt een tijdelijke bouwkast geplaatst voor de tijdelijke aansluiting. Vanuit deze bouwkast lopen de voedingskabels naar de watervoorziening en naar de shelters. De aannemer verzorgt de voedingskabels vanaf de bouwkast naar de shelters. De voedingskabels van de shelters naar de meetmasten wordt aangelegd door de Wageningen Universiteit.

Aan de oostkant van de A50 worden twee bouwborde geplaatst om het verkeer te informeren. De bouwborde dienen op een afstand van 235 meter van de onderzoekslocatie geplaatst te worden om de metingen niet te beïnvloeden. Daarnaast worden op het parkeerterrein twee borden geplaatst met nadere informatie over het onderzoek.



Figuur 3.3: informatiebord met nadere informatie over het onderzoek

Aan beide uiteinden van de onderzoekslocatie wordt een deugdelijk hekwerk aangebracht, haaks op de A50 tot de B-watrgang.

Stappen:

- slaan van een bron, aanleggen watersysteem;
- aanvragen elektriciteitsaansluiting bij NUON;
- plaatsen kast en leggen van voedingskabels;
- plaatsen van bouwborde en informatieborden.

3.4 Vegetatie

Van belang is het vaststellen van de criteria waaraan beplanting en ontwerp minimaal moeten voldoen om de effecten op de luchtkwaliteit te kunnen meten en beoordelen. Op basis van het ontwerp- idee zijn twee schetsontwerpen voor de locatie gemaakt zodat de uitvoerbaarheid van een meetdoelstelling op de betreffende locaties beoordeeld kon worden. Vervolgens is het sortiment en beschikbaarheid bepaald. Uitgangspunt voor de keuze vormt op de eerste plaats, dat de plantensoorten een zo groot mogelijke opnamecapaciteit hebben ongeacht de heersende opvattingen op het gebied van landschappelijke inpassing. De soorten zijn geselecteerd met behulp van een soortenlijst (Hiemstra, 2008), waarvan zoveel als mogelijk bekend is over de opname- en invang capaciteit. Hierbij is intensief overleg gevoerd met Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO), onderdeel van Wageningen UR. Op basis hiervan is de lijst beperkt tot boomsoorten die het meest interessant zijn voor het invangen van fijn stof en opnemen van NOx. Daarna is een rondgang langs kwekers gemaakt om na te gaan welke soorten in de juiste hoeveelheden en met het juiste formaat (bomen ongeveer 7-10m hoogte en struiken 3m hoogte) op korte termijn beschikbaar zijn. De bomen moeten van zeer goede kwaliteit zijn zodat ze direct na de aanleg en gedurende de meetproef optimaal de gewenste stoffen kunnen opnemen. Dit betekent dat de bomen en struiken regelmatig verplant moeten zijn geweest op de kwekerij teneinde te kunnen beschikken over een dicht vertakt wortelstelsel. Daarnaast speelt ook het technische beheer van de beplanting een zeer grote rol. Hiermee worden tevens risico's zoals inboeten tijdens het experiment voorkomen.

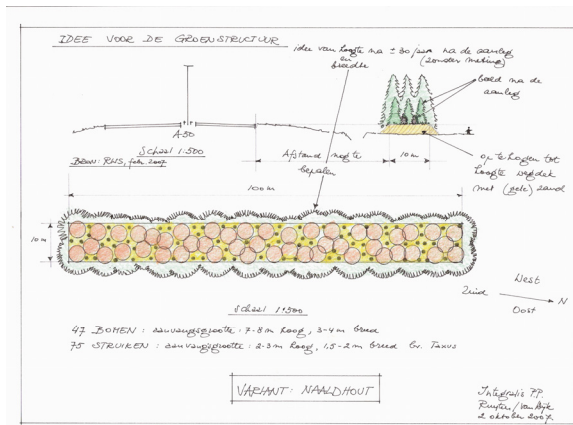


Figuur 3.4.1: Pinus Sylvestris

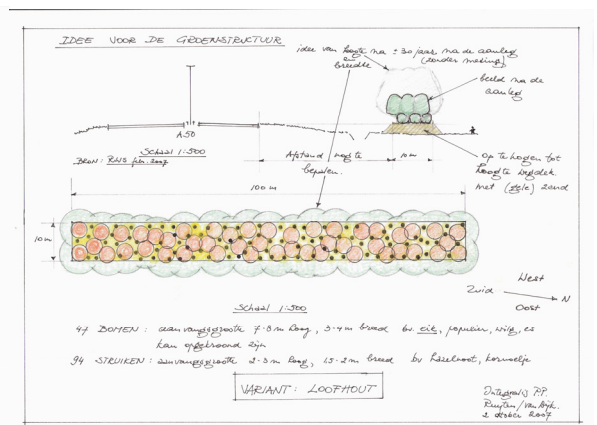


Figuur 3.4.2: Tilia Tomentosa (linden)

Bij de naaldbomen is gekozen voor tot op de grond toe geveerde Pinus sylvestris (20 jaar, 7m hoog, 3m breed, 7 maal verplant op de kwekerij) waardoor geen struikbeplanting als ondergroei noodzakelijk is. Bij de loofbomen is gekozen voor linden (Tilia tomentosa 'Brabant'; 20 jaar, 9m hoog, 3m breed, 4 maal verplant) met als ondergroei laurierkers (Prunus laurocerasus 'Caucasika'; 10 jaar, 2-3m hoog, 1m breed). Als bodembedekker (Rubus) is gekozen voor bramen, als kleine plant geplant.



Figuur 3.4.3: variant naaldbomen



Figuur 3.4.4: variant loofbomen

Overeenkomstig het oorspronkelijke idee wordt de beplanting over twee plantvakken verdeeld, één met naaldbomen en één met loofbomen. Ieder vak is 100 m lang en 10 m breed. De aanvangsgrootte, het soort, de plantafstand, de aantallen en de definitieve locatie van het plantmateriaal worden vastgelegd in het beplantingsplan. Het beplantingsplan ligt aan de basis van de beplantingsfilm (Ruyten, 2006). De plantafstand van huidige opstelling van de bomen en struiken is nu zodanig gekozen aan de hand van een simulatie (het eerste plaatje van de film), dat de porositeit van de beplanting tussen de 30 en 40% ligt. Met behulp van de beplantingsfilm en de gemeten opname capaciteit van fijn stof en stikstof moet aan het einde van de proef een reële inschatting gemaakt kunnen worden van de opnamecapaciteit van fijn stof en strikstof gedurende de eerste 30 jaar na de aanleg bij het optimale percentage porositeit. Er wordt uitgegaan van de vrije uitgroei van de bomen en struiken.

KADER: WAT IS een BEPLANTINGSFILM

De aanleg van een beplanting en de groeiontwikkeling daarna wordt gesimuleerd volgens een beplantingsfilm. De film biedt, gebaseerd op lokaal gemeten waarden van de omvang, groeisnelheid en levensduur van vrij uitgroeiende elementen zoals in beplantingsstroken, inzicht in de kwaliteit van de landschappelijke inpassing en berekent de aanleg- en onderhoudskosten over een langere periode. Met behulp van metingen aan de fijnstofopname en de porositeit van de beplanting kan de film ook de toename van de opnamecapaciteit van fijnstof en de mate van porositeit van de beplanting berekenen in de tijd. Door de nauwkeurige voorspelling van de vrije uitgroei van een beplanting kan het onderhoud daarmee nauwkeuriger worden bepaald. Uit berekeningen blijkt, dat binnen afzienbare termijn er een moment ontstaat waarop de duurdere aanlegkosten van een gewenst startbeeld van groter plantmateriaal zonder dunningen worden terugverdiend ten opzichte van de traditionele of gebruikelijke beplantingsmethode van kleinere planten met dunningen (Ruyten, 2006). Onderhoudskosten op een beplanting, die optimaal luchtverontreiniging uit de lucht opvangt kunnen hierdoor beperkt worden. Op de website www.integralis.com zijn enkele voorbeelden van een beplantingsfilm te zien.

4. Metingen

4.1 Meten aan de vegetatie

Voor de modellering wordt de Leaf Area Density (= hoeveelheid vierkante meter blad per kubieke meter lucht. Dit wordt afgekort met LAD) van zowel de naald- als de loofbomen vastgesteld. Dit gebeurt door een aantal representatieve heesters/bomen in de beplantingsstrook uit elkaar te halen en in takken en blad/naalden van verschillende hoogteniveaus te verdelen. Uit elke selectie wordt een aantal takken en bladeren/naalden op oppervlak en volume geanalyseerd en gewogen. De totaalgewichten van de takken en bladeren/naalden per kubieke meter kunnen zo worden omgerekend in oppervlak en volume per m³. De op die manier bepaalde porositeit kan worden afgezet tegen de doorstroming. Deze kan worden vergeleken met gegevens van het Envimet-model. De bepaalde porositeit wordt vergeleken met gegevens van optische metingen. Door middel van optische metingen zal de ontwikkeling van LAD in de tijd worden gevolgd. De innovatie is het meten aan de vegetatie zelf. In eerdere experimenten is vrijwel uitsluitend aan de lucht gemeten.

4.2 Meten aan het verkeer

Er is behoefte aan gegevens over verkeersintensiteit en verkeerssnelheid als uurgemiddelde. Daarnaast is onderscheid nodig tussen personenauto's, lichte bestelwagens, vrachtwagens en bussen. Dit om een vergelijking te maken tussen geschatte emissie uit voertuigdichtheid en emissiefactoren, en gemeten emissie op basis van de massabalans methode. Aanvullend zou verdeling in diesels, benzine en gas aanbeveling verdienen. De verkeersdichtheid dient per rijstrook te worden bepaald. Het consortium staat alleen handmatige telling per rijstrook ter beschikking, waarbij onderscheid wordt gemaakt in voertuigcategorieën. Momenteel worden de mogelijkheden nog onderzocht om gedetailleerder informatie over de variatie in het verkeer bij het onderzoek te betrekken.



Afbeelding 4.2: verkeersdrukte op het hoofwegennet veroorzaakt luchtvervuiling

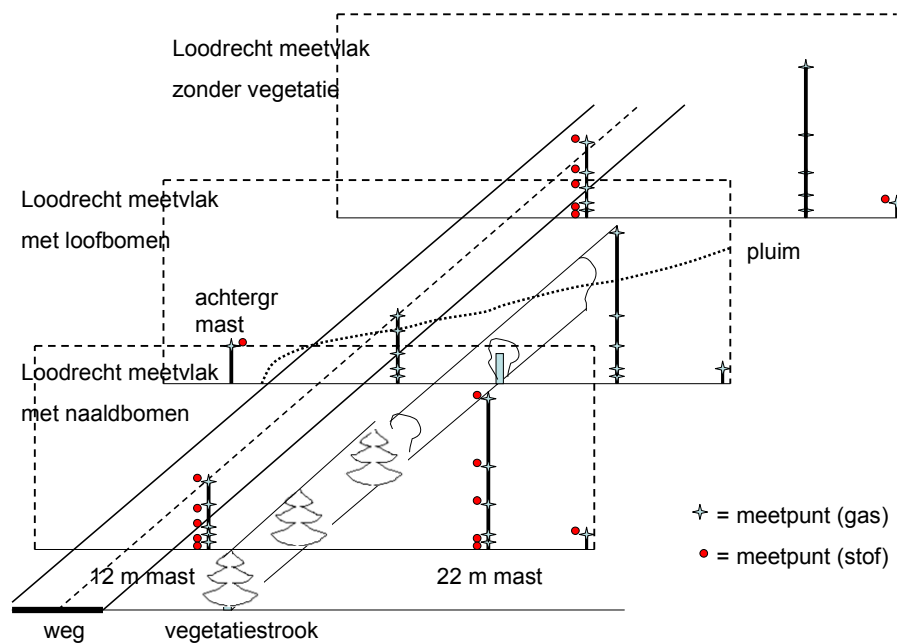
4.3 Meten aan de concentratie

4.3.1 Meetstrategie

De metingen aan de concentraties fijn stof, O₃, CO₂ en NO₂ vinden plaats op zes masten benedenwinds van de weg (aan de oostzijde): twee masten op het traject zonder beplanting en vier masten op het traject met beplantingsstrook. Op deze zes masten (twee dicht langs de weg, voor de beplantingsstrook en één op de plaats zonder beplanting en twee masten op 10 meter achter de beplantingsstrook en één op dezelfde afstand van de weg de achter de strook zonder beplanting) wordt op vijf hoogten gasvormige verontreiniging gemeten om een verticaal profiel van concentraties te verkrijgen. Dit is innovatief aan de meetstrategie.

Voor toetsing van de modellen op grotere afstanden worden meetpunten op één hoogte ingericht op een afstand van 80-120 meter achter de vegetatie en parallel daaraan in het vrije veld.

De metingen worden continu uitgevoerd in de periode van 1 april 2008 tot 1 november 2008. Uit kostenoverwegingen vinden slechts stofmetingen plaats op de twee masten dicht langs de weg en op één mast op 10 meter van de weg (achter de vegetatie). Door gebrek aan apparatuur kan ook slechts voor en achter één type vegetatie tegelijk worden gemeten. Er wordt elke twee weken gewisseld van naaldbomen naar loofbomen en terug. Dit betekent voor de gasmetingen dat slechts de monsterinlaat van de monitoren van de ene set continu doorgezogen monsterleidingen naar de andere set continu doorgezogen monsterleidingen moet worden overgezet. Voor de aerosolmetingen dienen alle meetinstrumenten van de ene serie masten naar de andere serie masten achter de vegetatie te worden overgebracht. De metingen aan dezelfde kant van de weg in het vrije veld gaan als referentie continu door.



Figuur 4.3.1: Overzicht van de meetopzet langs de A 50 bij Heteren.

Dit betekent dat er gelijktijdig 11 gasmetingen en 11 aerosolmetingen voor en achter de vegetatie worden uitgevoerd en 11 gasmetingen en 5 aerosolmetingen in het vrije veld. In totaal 22 gelijktijdige gasmetingen en 16 gelijktijdige aerosolmetingen aan de oostzijde van de weg.

De masten dicht langs de weg moeten de initiële menging van fijn stof en NO₂ boven de weg in beeld brengen, het stuwend effect van de vegetatie kwantificeren en de hoogte van de emissie van de weg bepalen. Daartoe meet het hoogste meetpunt de achtergrondconcentratie, wat neerkomt op een minimale meethoogte van omstreeks 10 meter voor het hoogste meetpunt. Omdat de spreiding van de emissies van de weg toeneemt met bij grotere afstand tot de weg en omdat de vegetatie voor extra "lift" zorgt, moet de mast achter de vegetatie hoog zijn, even hoog als een vergelijkbare mast op de referentieplek. Hiervoor zijn masten met een hoogte van 20-25 m beschikbaar. De modellen en het Meet- en Rekenvoorschrift Luchtkwaliteit vergen ook nog metingen op grotere afstanden tot de weg. Hiervoor worden lage masten (1,5 – 2 m) en metingen op één hoogte toegepast. Emissies van de weg kunnen alleen worden geschat als de achtergrondconcentratie bekend is. Deze zal op één hoogte op een mast van 4 meter worden gemeten aan de westzijde van de weg. Ook deze achtergrondmetingen voor de concentraties fijn stof, O₃, CO₂ en NO₂ zullen continu plaatsvinden. Een overzicht van de opzet vindt u in figuur 4.3.1.

De meteorologie en de concentraties in de lucht worden als uurgemiddelden gemeten om modeltoetsing en extrapolatie naar jaargemiddelden mogelijk te maken. De metingen worden uitgevoerd op tijdstippen die relevant zijn voor de fysiologie van de vegetatie, hierbij wordt uitgegaan van:

- een lage stofwisseling in het voorjaar voor de naaldbomen;
- nog niet uitgelopen loofbomen;
- een sterke stofwisseling in de tweede helft van voorjaar;
- en vroege zomer en lage stofwisseling in combinatie met verouderde bladeren in de herfst.

Dit zijn in totaal drie meetperioden per vegetatietype. Door elke twee weken metingen bij vegetatietype te wisselen en de hele meetperiode continu te meten, worden voldoende data verkregen om de verschillen in functioneren van de vegetatie in beeld te krijgen.

4.3.2 Meetopstelling voor luchtkwaliteit

De metingen worden uitgevoerd voor de componenten PM10, PM2,5, CO₂, NO/NO₂ en O₃. Er is een hoge achtergrondconcentratie van CO₂. Het is de vraag of de lokale bijdrage van het verkeer aan de CO₂-concentratie voldoende is om deze als een indicator voor de verspreiding van gasvormige verontreiniging te gebruiken. Hiervoor zou additioneel CO meten een oplossing kunnen zijn. O₃ wordt gemeten vanwege de snelle reactie met NO. NO en NO₂ reageren verschillend met de vegetatie.

De meetapparatuur voor gasvormige componenten bevatten automatische monitoren met meetpunt-omschakelaar en een dataopslagsysteem benedenwinds en bovenwinds. De aanzuiging geschiedt via verwarmde leidingen met teflon ingangsfilters om vervuiling van de leidingen en daarmee verliezen tegen te gaan. De leidingen worden continu doorgezogen ter verversing van de monsters.

Aërosol wordt op alle hoogten aan drie masten en op het achtergrondpunt apart gemeten omdat deze stofvormige verontreiniging niet zonder belangrijke verliezen is te transporteren. Hiervoor worden optische meetinstrumenten gebruikt (merk: DustTrak en Grimm). Nadeel van het gebruik van optische instrumenten is de onzekerheid over de omzetting van het optische signaal naar massaconcentratie.

Kalibreren gebeurt door zeer regelmatig een meetcampagne te houden, waarin naast de optische meters massabepaling volgens EU-voorschrift plaatsvindt. Hiertoe worden dertien meetinstrumenten ingezet. Deze meetinstrumenten zijn voorzien van voorafschieding voor bepaling van afwisselend de PM10-fractie en de PM2,5-fractie. Een groot deel van de instrumenten is voorzien van debietregeling met aparte pompen binnen 2% nauwkeurigheid, zodat aan de EU-voorschriften voor meting wordt voldaan (NEN-EN 12341 en NEN-EN 14907).

De andere instrumenten worden aangesloten met centrale aanzuiging door een pomp per mast met debietregeling via capillairen. Deze belangrijke vereenvoudiging heeft als nadeel dat van het normvoorschrift wordt afgeweken en de nauwkeurigheid van de metingen afneemt. Het projectbudget laat uitvoering volgens EU-norm van alle stofmetingen niet toe. Parallel lopende automatische stofmassameting is als optie in hoofdstuk 9 (aanbevelingen) opgenomen.

4.3.3 Meetopzet meteorologische metingen

De metingen van gassen en aërosolen dienen als toetsingsmateriaal voor modellen. Omdat de gemeten concentraties sterk afhankelijk zullen zijn van het weer (stroming en turbulentie), moeten de meteorologische omstandigheden goed worden vastgelegd. Alleen dan is modeltoetsing en extrapolatie van de resultaten naar jaargemiddelden mogelijk. Daarvoor zijn de volgende metingen nodig:

- Meting om de componenten van de energiebalans te kunnen bepalen zoals inkomende en uitgaande straling, vochtflux en voelbare warmteflux met twee temperatuurmeters en geventileerde psychrometers en de bodenwarmtestroom;
- Meting van het windsnelheidsprofiel. Dit vindt plaats met vijf cupanemometers per mast, op de twee masten dicht bij de weg voor de emissieschatting en één mast achter de vegetatie voor bepaling van de invloed van de vegetatie op de stroming;
- Meting van de windrichting. Dit vindt plaats met één windrichtingsmeter en drie sonische anemometers ter karakterisering van de turbulentie-intensiteit met en zonder vegetatie en voor de bepaling van belangrijke rekenparameters in de modellen. De sonische anemometers hebben naast het voordeel van drie dimensionale windsnelheid en windrichtingmeting een lage detectiegrens voor de windsnelheid, die bij de anemometers is begrenst tot metingen hoger dan 0,3-0,5 m s⁻¹ voor sonische anemometers 0.02 m s⁻¹;
- Meting van de bladnathedsperiode. De bladnathed heeft grote invloed op het hechtend vermogen van de vegetatie voor verontreiniging. Dit wordt gemeten met een optische bladnathedmeter (Heusinkveld, 2008).
- Regenmeter, vanwege de invloed van regen op de aërosolconcentraties (vooral resuspensie en uitwassing) en de afvangst onder die omstandigheden door de vegetatie;
- Andere belangrijke parameters voor de modellering - zoals verhouding tussen directe en indirecte straling of bewolgingsgraad - kunnen worden betrokken van het nabijgelegen meetveld Haarweg te Wageningen, dat onder het beheer van één van de consortiumleden valt.

4.3.4 Interpretatie van de metingen

Het meten op verschillende hoogtes levert concentratieverschillen op, zowel vòòr als achter de beplanting – en in de strook zonder beplanting. De metingen zijn direct gerelateerd aan het tijdstip (de filedruk of de doorstroming) waarop gemeten wordt onder dezelfde meteorologische condities. Met het geheel aan metingen kan een massabalans worden opgesteld voor de verschillende vegetatiestructuren. Voor fijn stof en inerte gassen geldt:

- Uit de metingen in de mast langs de weg kan de emissie van het verkeer worden geschat door integratie van het product van windsnelheid en concentratie met de hoogte (de massabalans-methode). Vergelijking van de emissie van de weg met de verkeersintensiteit, verkeersamenstelling en de bijbehorende emissiefactoren levert inzicht op in hoeverre de emissiefactoren reëel zijn. Voorwaarde voor deze vergelijking is dat gegevens over de verkeersintensiteit en samenstelling voor het project beschikbaar komen (zie H9 Aanbevelingen).
- Vergelijking van de windprofielen langs de masten geeft aan hoe sterk de invloed van de vegetatie op de windsnelheid is en levert belangrijk vergelijkingsmateriaal op voor de modellen.
- De concentratieprofielen langs de weg geven aan tot hoe hoog de turbulente menging van verontreiniging door het verkeer zich uitstrekt in afhankelijkheid van de rijsnelheden en het percentage vrachtverkeer. Dit is een belangrijk invoergegeven voor de modellering.
- De massabalans voor beide masten langs de weg geeft aan of de emissie inderdaad homogeen is. Verwacht wordt dat verschillen alleen voortkomen uit spreiding in meetresultaten, waarmee meteen de nauwkeurigheid van de massabalans wordt vastgelegd.
- Het vergelijken van de massabalans van twee hoge masten op afstand van de weg kan laten zien of de vegetatie tot een daadwerkelijke verbetering van de luchtkwaliteit leidt. Daarnaast geven de verschillen in concentratie achter de vegetatie de gecombineerde invloed van depositie en extra inmenging van relatief schone lucht als gevolg van de vegetatie aan. Daarmee kunnen de invloed van de stroming en de invloed van

depositie op de concentratie worden gescheiden. Deze vergelijking kan nog worden verbeterd, door een inert gas mee te meten. In hoofdstuk 9 Aanbevelingen wordt voorgesteld hiervoor CO te kiezen.

Voor NO_x is de situatie complexer dan voor deeltjes. De invloed van de vegetatie op de NO_2 -concentratie is moeilijk te voorspellen. Minder menging vóór de vegetatie zou de NO_2 -concentratie kunnen verlagen door minder inmenging van O_3 . (95% van de NO_x -emissies bestaat uit NO, maar dit percentage stijgt door invoering van katalysatoren voor diesels.) Achter de vegetatie is er meer inmenging van achtergrondlucht en kan de vorming van NO_2 uit de reactie van NO met O_3 sneller gaan. Daarnaast vangt de vegetatie NO_2 af. Hoe de totale balans zal uitpakken voor de uiteindelijke NO_2 -concentratie en mogelijke normoverschrijdingen is nog niet te zeggen.

4.3.5 Beperkingen bij de interpretatie

De keuze voor het aanbrengen van beplanting op perceel 2 biedt voordelen en nadelen. Voordeel is dat een optimale vegetatiestructuur gekozen kan worden met vrijheid van keuze van soorten om maximaal effect te bereiken. Nadeel zijn de kosten van aanleg en onderhoud. Op grond daarvan is een beperking in de lengte van de vegetatiestroken aangebracht van 100 meter. Deze naar verhouding grote lengte maakt dat met de hoge masten dicht achter de vegetatie over een grote windrichtingsector kan worden gemeten (110°)¹. De opgegeven sector geldt voor neutrale atmosferische condities. De sector is stabiliteitsafhankelijk en groter voor meer stabiel weer en kleiner voor onstabiel weer. Voor de verder weg gelegen kleine meetmasten is die sector beduidend kleiner en afhankelijk van de nog niet vastgestelde afstand tot de weg. Deze beperkingen zijn samen met het grote aantal te onderscheiden meetsituaties de belangrijkste reden om continu te meten. Gelet op het frequent voorkomen van zuidwestenwind wordt verwacht toch voldoende metingen binnen de grenzen van de meetsector te verzamelen.

¹ Voor deze schatting zijn de lengte van 100 meter van de groenstrook gebruikt, een geschatte afstand van de 20 meter mast tot de rand van de eerste rijstrook van 25,75 meter en een waarde van de standaard deviatie van de windrichting onder neutrale condities van $7,5^\circ$. Rekenend met 2 sigma (= 15°) vernauwing van de sector aan beide zijden (totaal 30°) komt de meetsector onder die omstandigheden op 110° . Voor een punt op 100 m afstand is dat 30° .

5. Modelling

5.1 Optimalisatie van het CFD-model

Gedurende de meetperiode komen steeds meer data voor modelvalidatie beschikbaar. De data worden vergeleken met berekeningen van het CFD-model (Envimet) en waar nodig zullen bijstellingen van dit model worden uitgevoerd om een geoptimaliseerde versie te verkrijgen. De grote hoeveelheid data die beschikbaar komt, maakt het mogelijk een aantal situaties voor zowel de weersomstandigheden als de gewasomstandigheden en verkeerssituatie te onderscheiden en te toetsen. Deze klassen worden op basis van theoretische verschillen en de praktijkgegevens in overleg tussen WUR, Kema en VITO gekozen. Het geoptimaliseerde CFD-model wordt uitgangspunt voor het ontwerp van een vegetatiemodule voor het operationeel model.

Voor de vegetatiemodule in het operationeel model wordt een aantal extra berekeningen uitgevoerd die in principe los staan van de CFD-berekeningen voor de meetomstandigheden. Er wordt een aantal extra variabelen gebruikt in aanvulling op het betreffende klassenschema (zie hierna) om een goede aansluiting te krijgen op de indeling, die reeds voor het operationeel model in gebruik is. Daarnaast moet de range in vegetatieparameters groter zijn dan op de meetplaats aanwezig is, dit voor gebruikers van het operationele model. Voor een operationeel model moeten gewashoogte, breedte van de strook, afstand tot de weg, LAD en dergelijke kunnen worden gevarieerd. Het CFD-model moet de toetsingswaarden en verbanden leveren. Het zal duidelijk zijn dat het precieze aantal berekeningen en de precieze omstandigheden later nader afgestemd moeten worden.

Variëren van geometrie en porositeit van de beplantingsstrook heeft prioriteit boven de berekeningen met meer windsnelheden en deze hebben weer prioriteit boven het gebruik van meer verschillende stabiliteiten van de atmosfeer. De parameterisering van het operationele model gebeurt op basis van:

- CFD-berekeningen uit de gevoeligheidsanalyse,
- CFD-berekeningen uit de validatie aan de metingen,
- Aanvullende CFD-berekeningen.

5.2 Overwegingen voor een klassenindeling van de meetresultaten

Een eerste indeling van de meetresultaten kan geschieden naar de windrichting over de weg. Bij nagenoeg loodrechte aanstroming hebben we een optimale situatie voor de metingen. Bij aanstroming in de lengterichting van de weg heeft de beplantingsstrook weinig invloed, zeker als deze kort is zoals op de meetplaats (totale lengte 200 m). De tussenliggende windrichtingen kunnen problemen geven, omdat de wind de meetpunten gedeeltelijk langs en gedeeltelijk over de beplantingsstrook bereikt. Vooral deze situatie zal bij de interpretatie veel aandacht vergen. Daarmee komen we globaal op een indeling in drie windrichtingsklassen (0-30o; 30-45o en 45-90o). De windsnelheid heeft een relatie met de atmosferische stabiliteit. Door de windsnelheidsklassen handig te kiezen kan de combinatie van het aantal stabiliteitsklassen en windsnelheidsklasse beperkt blijven. We kunnen aansluiten bij de internationaal gebruikelijke classificatie van Pasquill (zie Tabel 1).

Surface Wind speed	Daytime Incoming solar radiation			Nighttime Cloud cover	
	strong	moderate	slight	>50%	<50%
m s-1					
< 2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Tabel 1 Classificatie van atmosferische stabiliteit volgens Pasquill.

Voor de interpretatie van meetresultaten kan deze klassenindeling worden vereenvoudigd door A + B = onstabiel te nemen (rode vakken); C + D = neutraal (zwarte vakken) en E + F = stabiel (blauwe vakken). Het kan verstandig zijn om de windsnelheden binnen de stabiliteitsklassen een niet te grote range te laten bestrijken, omdat we verwachten dat juist de windsnelheid en de daardoor veroorzaakte extra turbulentie over de vegetatie van belang zijn voor het onderzoek. Windsnelheden kleiner dan 1 m s⁻¹ leveren voor (Gauss-)modellen vaak problemen op, zodat het zinvol lijkt een klasse u < 1.0 m s⁻¹ toe te voegen. Hiermee komen we tot de volgende klassenindeling;

Atmosferische stabiliteit	Onstabiel	Neutraal	Stabiel
U < 1 m s ⁻¹	A1		F1
1 < U < 2.5 m s ⁻¹	A-B2.5		E-F2.5
2.5 < U < 5 m s ⁻¹	B5	C-D	E5
U > 5 m s ⁻¹		D > 5	

Tabel 2 Aangepaste classificatie voor de wegmetingen

De indeling volgens Tabel 2 in combinatie met de windrichtingklassen levert 3 * 8 = 24 klassen op. Dit geeft aan waarom continu moet worden gemeten om voldoende waarnemingen in elke klasse te verkrijgen. Ten slotte kan het nog noodzakelijk blijken om ook het verkeer nog in twee klassen onder te brengen, namelijk stagnerend en doorgaand, omdat de rijsnelheid van belang zal zijn voor de initiële menging boven de weg.

5.3 Extra CFD-berekeningen voor het ontwerp van een vegetatie module

De genoemde indeling van de meetresultaten in klassen voor de vergelijking van meet- en CFD-modelresultaten hoeft niet samen te vallen met de CFD-berekeningen die nodig zijn voor de vegetatiemodule in het operationeel model. Voor de aanvullende CFD-berekeningen wordt als startidee voorgesteld om een meer gedetailleerde invulling van klassen en randvoorwaarden op te stellen. Dit is pas mogelijk als er een flink aantal meetwaarden beschikbaar zijn, zodat er inzicht is in wat belangrijk is en wat niet. Aan de volgende condities moet voldaan worden:

- Afstand tot de weg en hoogte van de vegetatiestrook worden gevarieerd;
- Eenzijdig en tweezijdige "bestroking" met vegetatie langs de snelweg;
- Rekenen met een vegetatiestrook met maximale LAD-waarde (vegetatie werkt dan als een scherm);
- Een vegetatiestrook met maximale waarde om de NO₂ te absorberen;
- Een vegetatiestrook met maximale waarde om de PM10 weg te nemen (plakfactor);
- Zowel voor naald- als voor loofbomen;
- Onder winterse condities en zomerse condities (Voor PM10 alleen voor loofbomen onderscheid maken tussen zomer en winter, voor NO₂ juist opname voor naaldbomen in zomer en winter onderscheiden)

Voor deze twee laatste situaties kunnen best fictieve vegetaties genomen worden: het gaat immers om de extreme situaties ten behoeve van de modelvorming. Behalve de geometrie en vegetatie-eigenschappen moeten ook de

afstanden van de rekenpunten tot de weg en de meteorologische omstandigheden worden gevarieerd. Het gaat om de volgende voorwaarden:

- vergelijken van modeluitkomsten en metingen in zo duidelijk mogelijk verschillende omstandigheden, over een afstandstraject van -100 (voor de vegetatie) tot +250 m achter de vegetatie;
- windsnelheid: 1,5 3,5 en 8 m/s;
- windrichting: loodrecht en onder een hoek van 45 graden aanstroming (bij voorkeur 30 en 60 graden);
- primair neutrale omstandigheden, bij voorkeur ook eenmaal stabiele en eenmaal instabiele condities bij lage windsnelheid.

5.3.1 *Bewerking van de extra data in ENVIMET*

In overleg met VITO (de modelbouwer van ENVIMET) is overeengekomen dat een beperkt aantal veel voorkomende situaties worden beschouwd. Alle voorkomende situaties beschouwen zou leiden tot een grote hoeveelheid data en daar aan gekoppeld een zeer groot aantal modelruns, die binnen de gestelde termijn niet zouden kunnen worden verwerkt. Het overeengekomen basispakket moet voldoende inzicht geven in het interceptie vermogen van vergelijkbare beplantingstroken onder vergelijkbare ruimtelijke condities. Met behulp van ontwikkelingsstadia uit de beplantingsfilm wordt inzicht verkregen in de interceptie capaciteit in de tijd. Modellen, die tot nu toe werden toegepast voor het meten aan de luchtkwaliteit hielden nog geen rekening met de groeifactor van beplantingen.

6. Beheersing van risico's

6.1 Risico-analyse

De meerwaarde van een risicoanalyse ligt in het zo groot mogelijk maken van de kans van slagen van een project, binnen de gestelde randvoorwaarden. Doel is om op een gestructureerde wijze, zoveel mogelijk potentiële bedreigingen in kaart te brengen zodat adequaat gereageerd kan worden. Om de risico's te beperken zijn onder andere een beplantingsplan, uitvoeringsplan, plaatsingsplan en beheerplan opgesteld. In onderstaande tabel zijn de grootste risico's benoemd en de mogelijke gevolgen en beheersmaatregelen weergegeven

Onderdeel	Risico	Gevolgen	Mogelijke maatregel
Onvoldoende geschikt plantmateriaal	Gemiddeld	uitstel	Er is gekozen voor kwalitatief zeer goed plantmateriaal
Problemen met kwaliteit van de beplanting	Gemiddeld	Extra controle en onderhoud noodzakelijk	Voorzorgmaatregelen ten behoeve van de groeiplaatsomstandigheden zijn genomen. Wekelijks wordt de kwaliteit van de bomen gecontroleerd en bij warm weer dagelijks
Omwaaien plantmateriaal	Gemiddeld	Verkeersproblemen, extra kosten en minder meetgegevens	Bomen worden ondergronds vastgezet, en zijn bovengronds met boompalen verankerd
Kwaliteit zandbed	Bepert	Verzakken van de beplantingstructuur	Met een ervaren aannemer is gezocht naar kwalitatief goede grond voor het zandbed. De aanleg gebeurt door een gerenommeerde aannemer
Vergunningen/toestemming	Laag	later kunnen starten	De belangrijkste vergunningtrajecten zijn doorlopen, voor de overige worden geen problemen verwacht
Diefstal meetapparatuur	Gemiddeld	minder meetgegevens, extra kosten	Daar waar mogelijk wordt de apparatuur afgeschermd of vastgezet. Shelters en stroomtoevoer zijn van sloten voorzien
Schade/uitvallen meetapparatuur	Bepert	minder meetgegevens, extra kosten	Wekelijks controle van de meetapparatuur in het veld en controle op afstand door dataloggers per telefoon uit te lezen
Gebrek aan meetapparatuur	Gemiddeld	minder meetgegevens, extra kosten	Extra aanschaffen/huren meetapparatuur
Stroomtoevoer	Laag	Tijdelijk geen stroom	Is aangevraagd, maar nog niet gereed, met een generator kan dit tijdelijk opgelost worden
Geen automatische verkeerstelling mogelijk	Gemiddeld	Extra inzet, extra kosten	Handmatige telling per rijstrook
Inrichten meetlocatie	Laag	Tijdelijke minder veilige verkeerssituatie	Afzetten als wegwerkzaamheden
Meteorologische omstandigheden	Groot	Beperte mogelijkheden modellering	Door het continu meten is dit risico zeer goed te ondervangen
Onvoorziene risico's	Gemiddeld	afhankelijk van het probleem	Naast de geplande controles, heeft de grondeigenaar van naastgelegen perceel toegezegd toezicht te houden op de fysieke omstandigheden. Andere (meet)problemen zullen specifieke aandacht van het consortium eisen om dit op te lossen.

6.2 Aanleg en beheer van de vegetatie

Op basis van het beplantingsplan en de lokale situatie is een uitvoeringsplan voor de aanleg opgezet. Onderdeel van dit uitvoeringsplan zijn onder andere een risico-inschatting van – en de mogelijkheden voor - de bescherming van de beplanting tegen storm en vandalisme. Aandacht is er onder andere voor het noodzakelijke materieel, logistiek, vitaliteit van de structuur/beplanting. Het bouw- en planrijp maken en aanplanten en verankeren van de proefstrook maakt ook onderdeel uit van dit uitvoeringsplan. Belangrijkste zorg is in deze periode dat de verkeersafhandeling zo min mogelijk hinder ondervindt van de werkzaamheden aan en in het talud. Tevens wordt een bevoeiing- of watersysteem aangebracht dat zorgt voor een optimale groei van de beplanting. Logistiek nader overeen te komen met de aannemer die dit verzorgt. Om permanent over een optimaal functionerende beplanting te kunnen beschikken, vindt er intensief overleg plaats tussen de boomkwekers van het geleverde plantmateriaal, de aannemer en Integralis PP.

Als de uitvoering gereed is wordt een integraal beheerplan (ook het beheer van de meetopstelling wordt meegenomen) opgesteld dat ons in staat stelt de groei te monitoren en zo nodig bij te kunnen sturen. Wekelijkse controle en het bijhouden van een logboek zijn belangrijk om steeds adequaat te reageren op onverwachte gebeurtenissen, zoals sterke droogte of optreden van ziekten.

6.3 Aanleg en beheer van de meetopstelling

Om de betekenis van de meetgegevens te interpreteren zijn, naast de exacte inmeting van de vegetatie, metingen aan de luchtstroming, de concentratie, de bronnen van verontreiniging en de verkeerintensiteit van belang.

In het plaatsingsplan en de logistiek voor het opbouwen van de meetapparatuur wordt de energietoevoer geregeld en wordt de bescherming van de apparatuur geregeld. Onderdeel van het plaatsingsplan is een risico-inschatting. Zo nodig wordt de locatie beveiligd. Gedacht wordt aan hekwerken om de beplantingsstrook af te schermen. Verder is – gelet op koperdiefstal- de bekabeling een punt van aandacht. Opbouw van de meetapparatuur kan pas plaatsvinden nadat de beplanting is aangebracht. Ook hier geldt dat vooral gelet moet worden op de verkeersafhandeling. Aangesloten wordt bij de regels voor veiligheid bij werken langs de weg (DVS-website). Gesteld kan worden dat het niet direct noodzakelijk is om bij de opening van de meetlocatie op 19 maart 2008 de volledige meetopstelling al in het veld te hebben. De daadwerkelijke metingen zullen volgens plan op 1 april 2008 starten. In het integrale beheerplan is naast aandacht voor beplanting ook aandacht zijn voor het beheer van de meetopstelling gedurende het meetseizoen. Een kleine kernploeg zal op weekbasis onderhoud uitvoeren aan de vegetatie, de monsterverzameling en de beveiliging, vegetatie en meetapparatuur controleren.

Er is besloten om de data van de meetapparatuur online te controleren (inbelverbinding met de dataloggers), zodat meteen ingegrepen kan worden als er uitval is.

6.4 Invloed van de meting op het verkeer

Er is bij het opzetten van een dergelijk experiment ook een zeker risico dat het verkeer wordt afgeleid door de activiteiten langs de weg. De grootste afleiding zal tijdens de aanleg ontstaan. Door het plaatsen van bouwborden worden weggebruikers geattendeerd op de werkzaamheden langs de weg. Dit risico is behandeld als bij “gewone” wegwerkzaamheden en zal afdoende moeten zijn. Alle activiteiten vinden bovendien waar mogelijk plaats achter de vangrail. Overwogen is om met behulp van de signalering boven de weg voor de rechter rijstrook een adviessnelheid in te stellen gedurende de aanleg van het experiment, dit is voor zover bekend niet noodzakelijk gebleken. Tijdens de opening en de directe uitzending op Radio 1 in het filiaal en op BNR Nieuwsradio bleken de weggebruikers wel afgeleid te zijn, maar zonder die extra attentie zal tijdens het meetexperiment weinig invloed uitgaan van de beplanting op het wegverkeer.

7. Begroting en planning

7.1 begroting

0. Totaal	€	855.180
1. Algemeen		
Algemene uren	€	50.714
Communicatie	€	15.000
2. Planvorming		
Bepantingsplan	€	6.000
Ontwerp	€	3.000
Vergunningen (leges)	€	372
3. Voorbereiding meetopstelling		
Ontwikkel ontwerpfas	€	14.919
Uitvoeringsfase preparatie	€	45.438
Meetapparatuur (kopen/huren)	€	33.852
4. Aanleg & onderhoud		
Aanschaf beplanting	€	137.900
Aanbrengen grondlichaam	€	125.000
Beplanting aanbrengen	€	57.222
Watervoorziening	€	27.286
Energievoorziening	€	12.000
5. Meten & modelleren		
Meten - uitvoeringskosten	€	74.537
Meten – afschrijving/onderhoud	€	31.350
Modelvorming	€	76.400
6. Onderhoud		
Onderhoudswerkzaamheden	€	36.235

7. Verwijderen meetlocatie		
opruiwerkzaamheden	€	60.099
8. Rapportage		
Interpretatie en verslaglegging	€	47.856

Als belangrijkste afwijking ten opzichte van de ramingen ten behoeve van de prijsvraag is de post grondwerk toegevoegd, immers de locatiekeuze gaf daar aanleiding toe.

7.2 Planning

In januari 2008 is gestart met het klaarmaken en ijken van de meetopstelling in het laboratorium. Met het aanbrengen van de beplanting – ijs en weder dienende – wordt in maart 2008 aangevangen. De voorbereidende grondwerkzaamheden zijn daarvoor in februari 2008 afgerond. Vanaf 1 april 2008 worden de meetmasten opgesteld. Na plaatsing kan worden aangevangen met de metingen – wederom ijs en weder dienende -.

Gedurende de metingen vanaf april 2008 tot eind 2008 worden de verzamelde gegevens maandelijks beschouwd en wordt de vegetatieontwikkeling beoordeeld en zonodig bijgestuurd.

Vanaf eind oktober 2008 zijn de meetgegevens beschikbaar voor verwerking in de modelsituatie en wordt een aanvang gemaakt met de rapportage. Voor het eind van 2008 is de eindrapportage beschikbaar ter bespreking met IPL.

Voor een gedetailleerde planning zie bijlage A.

8. Conclusie

Het is geen sinecure gebleken om dit meetexperiment van de grond te krijgen. Zonder de steun en de inzet van veel mensen, zowel binnen het consortium als van betrokken stakeholders daarbuiten, was de aanleg van de proefstrook niet realiseerbaar geweest binnen een termijn van drie maanden. Hulde aan alle betrokkenen, zonder verdere namen te noemen.

Tijdens de voorbereidingen zijn op verschillende niveaus onderhandelingen gevoerd om het beste resultaat te bereiken. Het consortium is van mening dat de start van de meetcampagne onder een goed gesternte en onder de best denkbare omstandigheden plaats kan vinden.

Bij het inrichten van de meetlocatie is geen concessie gedaan aan de uitgangspunten voor een veilige, betrouwbare en valideerbare meetopstelling. Dit heeft wel tot extra financiële consequenties geleid waarvoor een oplossing is gezocht.

Bij de keuze voor de beplanting is er bewust voor gekozen om een beperkt aantal soorten in te zetten, zodat over die soorten tijdens en na het meten ondubbelzinnige uitspraken kunnen worden gedaan. De beperking daarvan is dat er over andere boomsoorten geen data verzameld wordt.

Bij de keuze voor het meetsysteem is uitgegaan van de toepasbaarheid in de meet- en regelgeving en de eisen die modelvalidatie aan de meetresultaten stelt. De beperking is dat niet alle gewenste apparatuur betaalbaar en beschikbaar is.

Door de modelbewerkers vroegtijdig bij de ontwikkeling van de locatie te betrekken is de bruikbaarheid van de metingen voor de modelering toegenomen. De beperking is dat het consortium aan de ambitie om al te werken aan een screeningsmodel om de toepasbaarheid te vergroten, niet volledig kan toekomen.

Als grootste onzekerheid voor het slagen van het experiment zijn de weersomstandigheden. Gezien de lange periode van beschikbaarheid van het proefvak en het voornemen van het consortium om gedurende lange periode te meten, is de verwachting dat het onderzoek bruikbare datasets en modelruns op zal leveren.

9. Aanbevelingen

Bij de opzet van het meetplan zijn op grond van beschikbaarheid van apparatuur en budgettaire overwegingen een aantal keuzen gedaan. De kwaliteit van het project kan worden verhoogd door extra inspanningen te leveren. Dit betreft de verzameling van verkeersgegevens en aanvullende metingen.

9.1 Meten van fijn stof door het wegen van de bladmassa

In aanvulling op de uitgebreide metingen in twee percelen langs de A50 in 2008, waar de meetmethode primair gericht is op het meten aan luchtstromingen, waarmee verdunning en afname van concentraties achter een groenstructuur aangetoond moet worden, wordt voorgesteld om de effectiviteit en het potentieel van groenelementen voor het wegvangen van luchtverontreinigingcomponenten ook te bepalen door te meten aan het bladmateriaal zelf. Het is immers ook van belang om te weten wat het vermogen per plantensoort is om fijn stof en stikstofoxiden weg te vangen, teneinde de meest effectieve en efficiënte beplantingen aan te kunnen ontwerpen. De toegevoegde waarde hiervan is dat – behalve het netto rendement in concentratieverschillen tussen de bron en achter de vegetatie – ook in de “sink” het netto rendement in kilo’s wordt vastgesteld.

Voor wat betreft het meten van fijn stof en stikstofoxiden in de lucht zijn er standaard meetmethoden ontwikkeld conform Europese richtlijnen. In het verleden zijn er verschillende meetmethoden gebruikt voor het meten direct aan de plant, die meestal gebaseerd waren op microscopische bladwaarneming, spectrometrie of gaschromatografie. Er is echter niet één duidelijk beschreven en statistisch verantwoorde standaard methode beschikbaar. Dit onderzoek zou twee doelen moeten dienen. Eerst zou de bepaling van een verantwoorde methode plaats moeten vinden om daarna te kunnen bepalen hoeveel fijn stof en stikstofoxiden planten in staat zijn in te vangen. Hiermee kan vervolgens de verschillen tussen diverse veel gebruikte soorten weergegeven worden teneinde een (voor luchtkwaliteit) optimale samenstelling te ontwikkelen.

9.2 Verzameling van verkeersgegevens

Doordat het project uitgaat van schatting van de emissie van het verkeer met behulp van een massabalans en de situatie met en zonder vegetatie wordt vergeleken, is de verzameling van verkeersgegevens niet strikt noodzakelijk. Daar moeten echter twee kanttekeningen bij worden geplaatst;

- a. De bepaling van de emissie via de massabalans geeft een unieke mogelijkheid om de werkelijke emissies te vergelijken met de emissie, zoals die via het gebruik van emissiefactoren wordt berekend in modellen als VLW model en CAR model. Er wordt met name verwacht dat de emissiefactoren voor fileverkeer zeer onzeker zijn.
- b. Uit modellering en metingen aan de A50 in de jaren tachtig door de WUR is gebleken dat de menging van verontreiniging boven de weg in belangrijke mate wordt bepaald door de hoeveelheid en de snelheid van de vrachtwagens binnen het verkeersaanbod.

Verzameling van verkeersgegevens maakt een controle op de emissiefactoren onder praktijkomstandigheden mogelijk en zal de interpretatie van de gegevens en de modellering sterk kunnen verbeteren. Daarbij kan het beste worden aangesloten bij de voertuig en brandstofcategorieën, die in het CAR model worden onderscheiden.

Dit zijn personenvoertuigen, middelzware vrachtwagens, zware vrachtwagens, bussen, onderscheiden naar de brandstoffen benzine, diesel, lpg.

Daarnaast is de snelheid van het verkeer per rijstrook van belang. Omdat de verkeersmix per rijstrook verschillend is en ook verschillen tussen de spits veel beroepsverkeer, daluren en weekenden zullen optreden, zou de aantals- en snelheid registratie bij voorkeur gekoppeld moeten worden aan de brandstofregistratie via het kentekenregister.

Literatuur

- Beckett, K.P., P.H. Freer-Smith & G. Taylor, 1998. *Urban woodlands: Their role in reducing the effects of particulate pollution*. Environmental Pollution 99: 347-360.
- Beckett, K.P., P.H. Freer-Smith & G. Taylor, 2000a. *Effective tree species for local air-quality management*. Journal of Arboriculture 26: 12-19.
- Beckett, K.P., P.H. Freer-Smith & G. Taylor, 2000b. *The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites*. Arboricultural Journal 24: 209-230.
- CEN/NEN, 1998. *Luchtkwaliteit - Bepaling van de PM10-fractie van zwevend stof – Referentie-methode en veldonderzoek om de referentiegelijkaardigheid aan te tonen van meetmethoden*. NEN-EN 12341.
- CEN/NEN, 2005. *Ambient Air Quality – Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM2,5 mass fraction of suspended particulate matter. Meetmethoden*. NEN-EN 14907.
- Chauhan, A.J, Krishna, M.T, Holgate, S.T. 1998. Exposure to nitrogen dioxide (NO2) and respiratory disease risk. Rev. Environ. Health 13:73-90
- Endlicher, W. et al. 2007. *Tagungsband zum workshop über den wissenschaftlichen erkenntnisstand über das Feinstaubfilterungspotenzial (qualitativ und quantitativ) von Pflanzen*. Humboldt Universität, Berlijn. Berliner Geographische arbeiten 109. 173 pp.
- Fischer, P.H. et al, 2005. *Air pollution and daily mortality in the Netherlands over the period 1992 - 2002*. RIVM, Bilthoven. Rapportnummer 630400002
- Hanson, P.J. et al, 1991. *Dry deposition of reactive nitrogen compounds: a review of leaf, canopy and non-foliar measurements*. Atmospheric Environment 25A: 1615-1634.
- Heusinkveld, B.G. et al., 2008. *A new remote optical wetness sensor and its applications*. Agricultural and Forest Meteorology 148: 580 – 591
- Hiemstra J.A. et al., 2008. *Bomen, Een verademing voor de stad*. In opdracht van PPH & VHG
- Kuypers, V.H.M. & E.A. de Vries, 2007. *Groen voor Lucht, Van theorie naar praktijk, toepassingen om lucht te zuiveren*, Alterra, Wageningen.
- MNP, 2005. *Milieubalans 2005*. Milieu en Natuur Planbureau, Bilthoven. Uitgever: Sdu-uitgevers
- Neubert, A. et al, 1993. *Uptake of NO NO2 and O3 by sunflower (Helianthus annuus L) and tobacco (Nicotiana tabacum L) – dependence on stomatal conductivity*. Atmospheric environment 27A: 2137-2145.
- Nowak, D.J., 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. In: McPherson, E.G., Nowak, D.J., Rowntree, R.A. (eds.). *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. General Technical Report NE 186.
- Pérez-Soba, M. et al, 1993. *Nitrogen uptake by needles of scotch pine (Pinus sylvestris L) when exposed to gaseous ammonia and ammonium fertilizer in the soil*. Plant and Soil 153: 231-242.
- Pye, K., 1987. *Aeolian dust and dust deposits*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Rosinski, J. & C.T. Nagamoto, (1964). *Particle deposition on and reentrainment from coniferous trees. Part I: Experiments with trees*. Kolloid-Zeitschrift und Zeitschrift für Polymere, Band 204 - Heft 1/2. 111-119.
- Ruyten, F. 2006. *De integrale beplantingsmethode. Naar een dynamische benadering voor het ontwerpen van beplantingen*. Venray.
- Steward, et al. 2002. *Trees and sustainable urban air quality*. Brochure, Lancaster University and Centre for Ecology and Hydrology, Lancaster, UK.
- Takahashi M. et al, 2005. *Differential assimilation of nitrogen dioxide by 70 taxa of roadside trees at an urban pollution level*. Chemosphere 61: 633-639.
- Wesseling, J.P., et al., 2004. *Effecten van groenelementen op NO2 en PM10 concentraties in de buitenlucht*. TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie, Apeldoorn. R2004/383.
- Innovatieprogramma Luchtkwaliteit, 2006. *Kennisdocument vegetatie - luchtkwaliteit ten behoeve van het uitvoeren van een pilotproject langs rijkswegen*. Delft. DWW2006-094/IPL06.00019



Bijlage A

Planning

Bijlage B

Inrichtingsplan



Bijlage C

Beplantingsplan



Bijlage D

Beheerplan

Beheerplan beplanting en meetapparatuur

Beheerplan beplanting

Het beheer tijdens de meetperiode bestaat uit:

- Regelmatig (de eerste op 11 juni 2008) en wanneer nodig vindt er overleg plaats tussen de producenten van het plantmateriaal, de aannemer en Integralis PP.
- Het water geven wordt gecontroleerd door de aannemer. De hoeveelheden water, de tijdstippen waarop water wordt gegeven wordt door de aannemer in een logboek bijgehouden.
- Integralis PP bezoekt regelmatig het project en brengt het consortium op de hoogte van de stand van zaken.
- Er worden controles uitgevoerd niet alleen op de 'frisheid' van de planten maar ook op mogelijke ziekten of andere aantastingen.
- Er worden tijdens de meetproef geen snoei- of maaiwerkzaamheden in de plantvakken uitgevoerd.
- Mochten er onverhoopt bomen of struiken uitvallen dan wordt overwogen deze planten zo snel mogelijk te vervangen teneinde de porositeit van de beplanting in stand te houden.

Beheerplan meetapparatuur

Technisch beheer

Een eerste controle op het functioneren van de meetapparatuur wordt uitgevoerd door dagelijks de data via telemetrie van de dataloggers binnen te halen op de werkplekken binnen de WUR. Voor de ozonmonitoren van VITO lukt dit niet, omdat die via een eigen datalogger werken. VITO oefent op dezelfde wijze via telemetrie controle uit.

Wekelijks wordt de apparatuur in het veld bezocht. Daarbij wordt visuele controle uitgevoerd en worden de ingangsfilters van de monsterleidingen vervangen. De pompdebieten worden gecontroleerd en ook de verwarming van de leidingen wordt gecontroleerd. Op de werkplek worden profielen van de data geplot om te zien of afwijkingen van verwachte profielen optreden. Als dit het geval is, wordt het betreffende instrument in het veld gecontroleerd en eventueel vervangen. Bij de wekelijkse rondgang worden ook de stagen en tuiraden van de masten gecontroleerd, zowel met het oog op de verkeersveiligheid, maar ook in verband met de klimveiligheid voor medewerkers.

Ijking van de meetapparatuur voor de luchtkwaliteit vindt op vier tijdstippen plaats door het aanbieden van ijk-gassen ter plaatse. Bij de start van de metingen, in juli, in september en aan het eind van het project. Voor ozon gaat dit niet, omdat deze ijking via gasfasetitratie dient te worden uitgevoerd. Er wordt tussen monitoren van VITO en van de WUR gewisseld. Bij iedere wisseling zal ijking door VITO respectievelijk WUR plaatsvinden. Voor de meteorologische meetapparatuur volstaat ijking bij de start en aan het einde van het project.

Voor de Dustraks is een speciale behuizing ontworpen om deze in de buitenlucht te kunnen gebruiken. Vergelijking door plaatsing op 1 hoogte naast elkaar dient één maal per maand te geschieden om systematische verschillen tussen de instrumenten te achterhalen. Vertaling van het "optische massa" signaal naar een echt massa signaal vindt plaats door vergelijking met de meetresultaten van de EU-stofmonitoren. Er wordt overwogen een gedeelte van de tijd drie TEOM's bij te plaatsen voor een meer continue vergelijking in de tijd.

Na gemiddeld twee weken meten voor en achter de naaldbomen wordt de meetapparatuur van de 10 en 20 m masten overgezet naar de masten voor en achter de loofbomen. De aanzuigleidingen van zowel naald- als loofbomen worden continue verwarmd en doorgezogen om geen problemen bij de omzetting te ondervinden (ophoping van condens bijvoorbeeld). De verwarming van de leidingen, die op dat moment niet worden gebruikt voor metingen, worden uitgezet op het moment van de meetcampagnes. Dit om het net niet over te belasten.

De pompen voor de meetcampagnes worden in gesloten aanhangers ondergebracht, die voorzien zijn van geforceerde ventilatie voor de koeling. De aanhangers worden voorzien van disselsloten tegen diefstal. De meetkoppen en aanzuigleidingen worden voor de campagne neergelegd en na afloop weer meegenomen.

De uitschuifbare masten op de meetwagens lijken het meest kwetsbaar tijdens hevige storm. Bij extreem weer zullen de masten worden ingeschoven. Omdat de luchtconcentraties tijdens hoge lichtsnelheden zeer gering zullen zijn, gaan hier geen bruikbare data mee verloren.