



LONGEN
VAN
DE **STAD**

Longen van de Stad Eindhoven Projectplan pilot Stadhuisplein

ENS*
Clean air solutions

 **Air Liquide**
creative oxygen

TU/e Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

 **EINDHOVEN**

Longen van de Stad Eindhoven – *Pilot parkeergarage Stadhuisplein*

Projectplan

1. Inleiding	4
2. Betrokken partijen.....	5
2.1 Projectpartners	5
2.2 Sturingscommissie	5
3. Achtergrond van de Pilotstudy	6
3.1 Probleemstelling	6
3.1.1 Fijnstof en roet.....	6
3.1.2 Verkeer als bron van fijnstof en roet.....	6
3.1.3 Luchtkwaliteit in Eindhoven	6
3.2 Eliminatie van fijn- en ultrafijnstof	7
3.3 Longen van de stad Eindhoven: zuivering van stedelijke lucht vanuit parkeergarages.....	8
3.3.1 Fase 1: haalbaarheidsonderzoek Eindhoven	8
3.3.2 Fase 2: pilot project	9
3.4 Doelstelling van deze pilotstudie	10
3.5 Beoogd resultaat: Een bijdrage aan een gezonde en leefbare binnenstad	10
3.5.1 Zichtbaarheid.....	10
3.5.2 Potentieel vervolg	10
4. Uitvoering van de pilot	11
4.1 Projectonderdelen en planning.....	11
4.2 Begroting en bijdrage projectpartners	13
4.2.1 Bijdrage projectpartners vooraf aan pilot	13
4.2.2 Projectkosten.....	14
4.2.3 Financiële en in-kind bijdrage Projectpartners.....	14
4.3 Praktische opzet pilot	16
4.3.1 Locatiekeuze: Stadhuisplein	16
4.3.2 Implementatie luchtreiniging	17
4.3.3 Meetopstelling	19
4.3.4 Validatiepotentieel pilotlocatie	20
4.3.5 Klimaatimpact	21
4.3.6 Afvalstroom.....	22
4.4 Communicatie en informatievoorziening	22
4.4.1 Awareness & Exposure	22
4.4.2 Communicatieplan.....	23

5. Potentieel vervolg	25
Bijlage 1: Verklaring voor akkoord Projectplan deelnemende partijen.....	26
Bijlage 2: Verklaring Prof. Dr. Ir. Blocken t.a.v. validatiepotentieel pilotlocatie Stadhuisplein	27

1. Inleiding

Eindhoven is als Brainport een belangrijke economische motor voor Nederland en een vooruitstrevende stad op het gebied van duurzaamheid en milieu. Om de stad nog aantrekkelijk te maken en te houden voor wonen, werken en recreëren is 'Gezonde Verstedelijking' een belangrijk thema in de toekomstige stadsontwikkeling. De uitdaging ligt daarbij in het ontwikkelen van duurzame maatregelen ten behoeve van de leefbaarheid en de gezondheid van de inwoners.

ENS Technology BV richt zich op luchtreiniging en in het bijzonder op afvangst van fijnstof, waaronder roet. De ontwikkelde technologie wordt onder andere toegepast om de lucht in parkeergarages te reinigen. In een eerdere toepassing in Cuijk bleken er signalen van omwonenden te komen dat het reinigende effect niet beperkt bleef tot de garage en het bovengelegen overdekte winkelcentrum, maar ook een verbetering teweegbracht van de omgevingslucht.

Om die reden heeft ENS Technology BV het concept 'Longen van de Stad' ontwikkeld, waarin het doel is om door plaatsing van luchtreinigingssystemen in de bestaande infrastructuur van een stad de stadslucht te reinigen. Voor de stad Eindhoven is in het kader van Smart Energy Regions (SER) een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar de potentie van het verschoonen van de stadslucht door fijnstof-afvangunits van ENS Technology te implementeren in parkeergarages in de binnenstad van Eindhoven. Deze studie, uitgewerkt en wetenschappelijk gerapporteerd door de TU Eindhoven en aangemoedigd door de Gemeente Eindhoven, heeft aangetoond dat de potentiële verbetering van stadslucht groot is en verder reikt dan alleen in de directe omgeving van de parkeergarages.

Dit document beschrijft de volgende stap in het project 'Longen van de Stad Eindhoven'. In dit projectplan worden de plannen ontvouwd voor een pilotproject waarin twee doelstellingen centraal staan:

1. Het publiekelijk aantonen van de potentie van het concept Longen van de stad door plaatsing van reinigingssystemen bij een parkeergarage in het centrum van Eindhoven, namelijk parkeergarage Stadhuisplein.
2. Het wetenschappelijk valideren van de resultaten van het voorgaande haalbaarheidsonderzoek. In en rondom de parkeergarage Stadhuisplein wordt een uitgebreid meetnetwerk geplaatst voor fijnstof- (waaronder roet) en windmetingen. De verzamelde gedetailleerde data dient als input voor een vergelijking met de resultaten uit de luchtstromingssimulatie op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD)

Indien de eerder gepubliceerde resultaten valide blijken te zijn, betekent dit dat de Longen van de Stad als concept een nieuwe en bewezen oplossing biedt voor de problematiek rondom luchtkwaliteit in steden. De wereldwijde primeur van het concept met aantoonbaar effect op grootschalige stedelijke schaal vindt daarmee plaats in Eindhoven en hierover zal gedurende en na de pilot uitvoering worden gecommuniceerd, zowel lokaal als in de (internationale) media.

In dit projectplan worden achtereenvolgens de betrokken partijen geïntroduceerd die het project als co-creatieve samenwerking tot uitvoering zullen brengen. Vervolgens worden de beweegredenen achter het concept en de resultaten van het vooronderzoek gepresenteerd. Tot slot wordt ingegaan op de praktische zaken van de pilot study, zoals locatie, uitvoering van de systeeminstallatie en de metingen, bijdragen van de projectpartners, begroting van de kosten, communicatie- en informatievoorziening en impact op het klimaat.

2. Betrokken partijen

2.1 Projectpartners

Onderstaand een overzicht van de partijen die direct betrokken zijn bij de planvorming en uitvoering van het Pilot Project. De rollen in het project lopen per partner uiteen in aard en intensiteit van deelname, zowel in uitvoerend als in financieel opzicht.

Partij	Contactpersonen	Functie
Gemeente Eindhoven	M.A. Schreurs	<i>Wethouder Innovatie en Design, Duurzaamheid en Cultuur</i>
	H. Verhoeven	<i>Sector Programma- en Gebiedsmanagement Programmaleider Milieu</i>
Technische Universiteit Eindhoven, • Research group Urban Physics and Wind Engineering	Prof. B. Blocken	<i>Hoogleraar</i>
	R. Vervoort	<i>Onderzoeker</i>
Air Liquide Group	D. Luijten	<i>Vice-President Industrial Merchant & Electronics - AL North West Europe</i>
	C. Krastel	<i>Project manager Act for Air – AL iLab</i>
ENS Technology BV / ENS Urban BV	L. van de Vorle	<i>Algemeen Directeur</i>
	Dr. R. Gijsbers	<i>Manager Projects & Engineering</i>

Vanuit ENS en Air Liquide zijn Roel Gijsbers en Carina Krastel verantwoordelijk voor projectleiding. Eerste aanspreekpunt voor het project is Roel Gijsbers (r.gijsbers@enstechnology.nl, 06-81804115).

2.2 Sturingscommissie

De Technische Universiteit Eindhoven is als onderzoeksinstituut betrokken bij deze pilot. Zij zijn verantwoordelijk voor een onafhankelijke en wetenschappelijke uitvoering van de validatiemetingen en vergelijking met de gesimuleerde gegevens. De expertise van de TU/e-onderzoekers ligt hoofdzakelijk bij de fysische aspecten van de gebouwde omgeving en kent een focus op luchtstromingssimulaties en verspreidingsmodellen.

Om in breder opzicht de kwaliteit van de pilotstudy te bewaken zijn experts betrokken op het gebied van luchtkwaliteit in relatie tot gezondheidseffecten en ten aanzien van luchtkwaliteitsmetingen. Deze experts vormen een sturingscommissie die fungeren als kwaliteitsauditors.

Instituten / Instanties	Contactpersonen	Expertise / input
IRAS / Universiteit Utrecht	Dr. G. Hoek	Luchtkwaliteit i.r.t. gezondheid
Universiteit Maastricht	Prof. Dr. T. de Kok	Toxicogenomics
GRIMM Aerosol Technology		Hoogwaardige optische meetapparatuur (PM)

3. Achtergrond van de Pilotstudy

De pilot study is de tweede fase in de realisatie van het concept Longen van de Stad, zoals ontwikkeld door ENS Technology BV / ENS Urban BV. In dit hoofdstuk wordt uiteengezet welke problematiek de aanleiding is geweest voor de ontwikkeling van het concept. Daarnaast wordt een korte samenvatting gegeven van de eerste fase van het project: de haalbaarheidsstudie. Tot slot wordt ingegaan op de doelstellingen en beoogde resultaten van de pilot study.

3.1 Probleemstelling

3.1.1 Fijnstof en roet

Fijn- en ultrafijnstof (Particulate Matter; PM) bestaat uit deeltjes in de orde grootte van een miljoenste meter (PM10, PM2.5, PM1 en PM0.1), die voornamelijk ontstaan als gevolg van menselijke activiteit en zijn 'opgelost' in de lucht. Naarmate fijnstofdeeltjes kleiner zijn zullen ze dieper kunnen penetreren in de longen en eventueel worden opgenomen in de bloedbaan, waardoor ernstigere gezondheidseffecten zullen optreden. Kortstondige maar ook langdurige blootstelling aan fijnstof heeft een negatief effect op de gezondheid: Met name long-, hart- en vaatziekten worden veel beschreven, maar in toenemende mate is er ook bewijs voor aandoeningen van het zenuwstelsel.

Roet of zwarte koolstof (Black Carbon; BC) bestaat uit restdeeltjes van de (onvolledige) verbranding van koolstofhoudende brandstoffen (bijvoorbeeld benzine of diesel) en is een goede indicator voor verkeers-gerelateerde luchtverontreiniging¹. Roet is één van de meest schadelijke componenten van fijnstof afkomstig uit verkeersemisies, mede door aan roet vastgehechte stoffen zoals (zware) metalen en PAK's. Roetdeeltjes hebben een gemiddelde grootte van 0,3 µm, waardoor ze diep doordringen in de longen en in de bloedbaan kunnen worden opgenomen. Blootstelling leidt op korte termijn tot irritatie van de ademhalingswegen en ogen, maar ook tot een verhoogd risico op astma en hart- en vaatziekten. Lange termijn effecten zijn chronische luchtwegaandoeningen en verhoogde risico's op kanker en vroegtijdige sterfte.

3.1.2 Verkeer als bron van fijnstof en roet

De emissie van fijnstof, roet en gasvormige luchtverontreinigende stoffen door voertuigen veroorzaakt een hoge mate van luchtverontreiniging op, en in de directe nabijheid van, wegen en snelwegen. Uitlaatemisies als gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen leveren een aanzienlijke bijdrage aan de verkeers-gerelateerde luchtverontreiniging. Het grootste deel van de luchtverontreiniging door voertuigen komt echter voort uit niet-uitlaatemisies als gevolg van rem-, banden- en wegslijtage². Om de luchtverontreiniging door het verkeer te verminderen zijn sinds 1992 Europese limietwaarden ingesteld voor de toegestane uitlaatemisies door nieuw-verkochte voertuigen (vanaf september 2015 geldt de Euro 6-norm). Voor niet-uitlaatemissie is geen regelgeving, maar deze kan in beperkte mate lokaal worden gestuurd door beperking van de (maximum)snelheid en het opheffen van verkeersobstructies. Om desgewenst te voldoen aan de WHO richtlijnen in de lucht op en rond wegen en in de stedelijke omgeving zijn de huidige maatregelen echter niet toereikend.

3.1.3 Luchtkwaliteit in Eindhoven

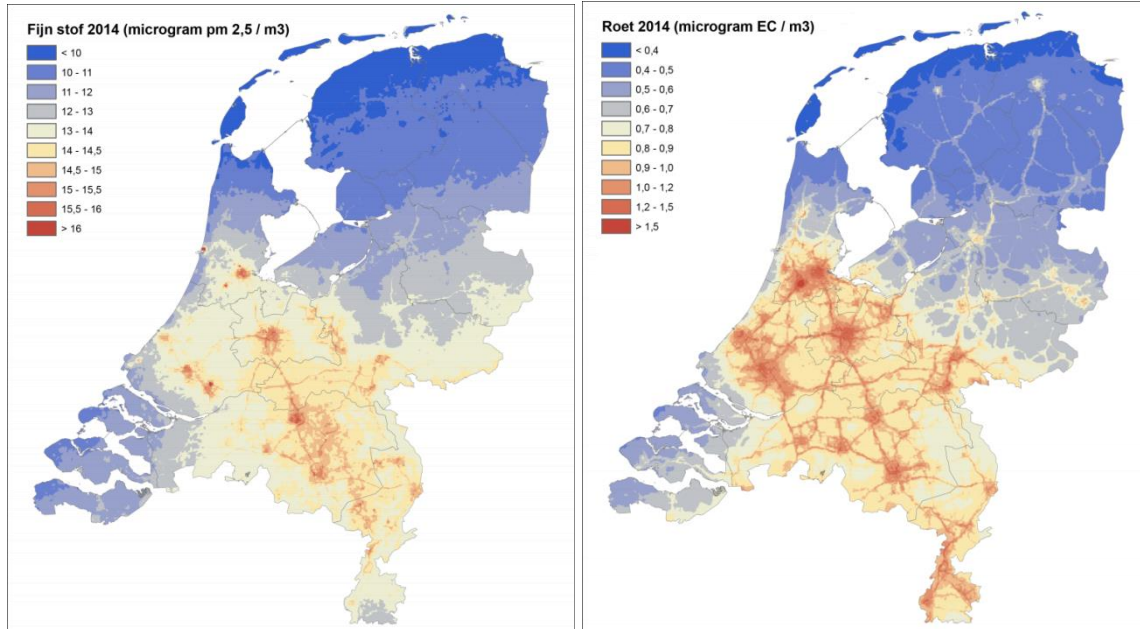
De ligging van Eindhoven ten aanzien van luchtvervuiling³ is bijzonder ongunstig door de aanvoer van fijnstof uit omliggende landen en de omringende intensieve veehouderij. Daarnaast is een grote aanvoer van fijnstof en roet van de snelwegen die de stad omringen (zie Figuur 1). De binnenstad heeft een hoge verkeersdichtheid (met bijbehorende verkeers-gerelateerde uitstoot) en bevat diverse lokale bronnen van luchtverontreiniging (bijvoorbeeld huishoudens en fabrieken). Tevens is er een hoge dichtheid van parkeergarages. Door dichte

¹ Wester, van den Elshout (2012) Reader luchtkwaliteit en gezondheid: naar een roetmaat voor een gezonder luchtkwaliteitsbeleid, DCMR Milieudienst Rijnmond, Schiedam

² van Zeebroeck (2013) Elektrische auto veroorzaakt evenveel fijn stof als conventionele auto omdat... Verkeersspecialist 204

³ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2014). www.rivm.nl/media/milieu-en-leefomgeving/hoeschoonisonzelucht.

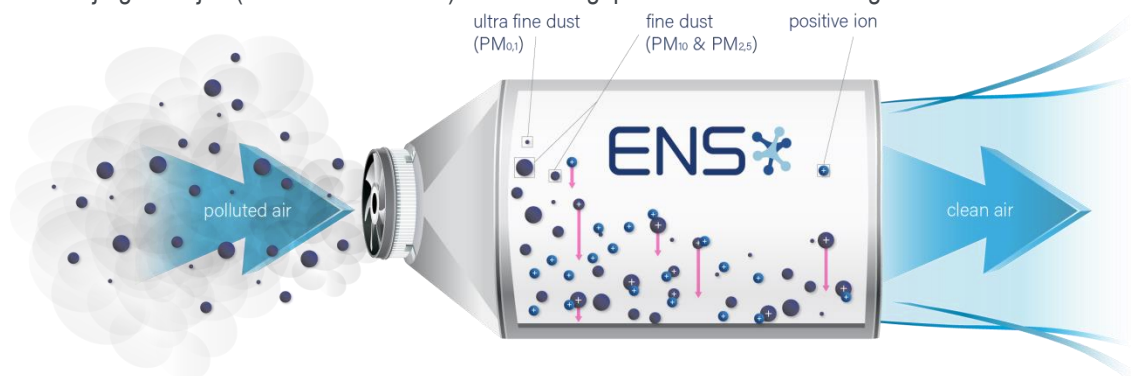
bebouwing ontstaan in een binnenstad windluwe gebieden ('street canyons'), waarin luchtvervuiling zich kan ophopen en concentraties tot onaanvaardbare hoogte kunnen stijgen.



Figuur 1 - Landelijke gemiddelde concentraties fijnstof (PM2.5) en roet over 2014 (RIVM)

3.2 Eliminatie van fijn- en ultrafijnstof

Het milieu-innovatie bedrijf 'ENS Technology' (Cuijk, Nederland) ontwikkelt systemen voor de eliminatie van fijn- en ultrafijnstof uit de lucht, gebaseerd op de door haar gepatenteerde 'positieve ionisatie technologie' (zie figuur 2). Hierbij worden lucht-gedragen (ultra)fijn stof deeltjes positief geïoniseerd door middel van een elektrode. Als gevolg van het ladingsverschil migreren de geïoniseerde deeltjes naar een geaarde collectorplaat, waarop ze aggregeren tot grof stof. Belangrijke bedrijfsdoelstellingen van ENS Technology zijn duurzaamheid en milieuvriendelijkheid. Door gebruik te maken van positieve ionisatie technologie hebben de luchtzuiveringssystemen een laag energieverbruik, zijn ze onderhoudsvrij en veroorzaken ze geen reststoffen anders dan het afgevangen stof. Ionisatie wordt doorgaans gekenmerkt door de vorming van het voor de gezondheid schadelijke ozon. De door ENS ontwikkelde technologie zorgt niet voor een verhoging van ozonconcentraties ten opzichte van het achtergrondniveau (bemeten door TNO). De luchtzuiveringssystemen van ENS Technology zijn uitstekend toegerust voor het afvangen van zowel de verbrandings- (uitlaatemissies) als ook de slijtage-deeltjes (niet-uitlaatemissies) die worden geproduceerd door het wegverkeer.



Figuur 2 - Principe werking van ENS positieve ionisatie technologie

Het op deze technologie gebaseerde luchtzuiveringssysteem 'Aufero' werd onder anderen ingezet om verkeers-gerelateerde luchtverontreinigingen te elimineren in een parkeergarage in Cuijk (zie figuur 3). In deze parkeergarage werd een fijnstof (PM10) reductie bereikt van meer dan 70% en in het bovengestelde winkelcentrum bedroeg de reductie meer dan 60%.



Figuur 3 - Links: toepassing Aufero unit in Parkeergarage; midden: afgevangen fijnstof dat in de Aufero is getransformeerd tot niet-inadembaar grofstof; rechts: microscoopopname van afgevangen stof, waarin de samenvoeging van kleine deeltjes tot grote clusters waarneembaar is.

3.3 Longen van de stad Eindhoven: zuivering van stedelijke lucht vanuit parkeergarages

Naar aanleiding van de resultaten die werden behaald in de parkeergarage in Cuijk heeft ENS Technology samen met de TU Eindhoven een concept uitgewerkt waarmee de luchtkwaliteit op stadsniveau substantieel verbeterd wordt door toepassing van luchtzuivering vanuit parkeergarages.

Parkeergarages zijn vaak gelegen in de binnenstad, waar de luchtkwaliteit van slechte kwaliteit kan zijn door een hoge achtergrondconcentratie aangevuld met vervuiling afkomstig van druk verkeer en hoge bebouwing met windluwe gebieden waar de vervuiling zich kan ophopen. Parkeergarages zijn vaak centraal gelegen in stadscentra en worden geventileerd met buitenlucht. Concentraties kunnen in parkeergarages nog stijgen als gevolg van een hoge autodichtheid en relatief veel verkeersbewegingen in een kleine ruimte. Om die reden worden parkeergarages continu geventileerd met relatief hoge debieten.

Op stadsniveau is de hoeveelheid vervuiling in absolute zin als gevolg van de aanwezigheid van een parkeergarage waarschijnlijk minder, omdat mensen immers minder lang op zoek zijn naar een parkeerplaats wanneer ze gericht een garage bezoeken. De vervuiling die in een parkeergarage wordt gegenereerd zou bij afwezigheid van de garage worden verspreid over een groter gebied in de stad. Dit maakt een parkeergarage een ideaal middel om op geconcentreerde wijze en met grote debieten stadslucht te reinigen, temeer omdat de infrastructuur al aanwezig is en de reinigingsmethodiek de leefbaarheid en het aanzicht van de stad niet belemmert. Bijkomend voordeel is dat ventilatie-uitlaten in de windluwe gebieden rondom dichte bebouwing de lucht in beweging kunnen brengen.

Door de implementatie van luchtzuiveringssystemen in parkeergarages kan zowel fijnstof als roet worden geëlimineerd uit de lucht in deze parkeergarages. De luchtkwaliteit in de garages zal hierdoor verbeteren en ook de lucht die uit de garages wordt afgevoerd zal een lagere hoeveelheid luchtverontreinigingen bevatten. De afvoerlucht kan zelfs schoner zijn dan de buitenlucht, waardoor ook in de directe omgeving van de parkeergarages de luchtkwaliteit zal verbeteren. Deze schonere lucht zal vanuit de parkeergarages waarin luchtreiniging wordt toegepast de vervuilde stadslucht verdringen. Dit concept werd 'Longen van de Stad' genoemd, naar analogie met de respiratoire functie van longen.

3.3.1 Fase 1: haalbaarheidsonderzoek Eindhoven

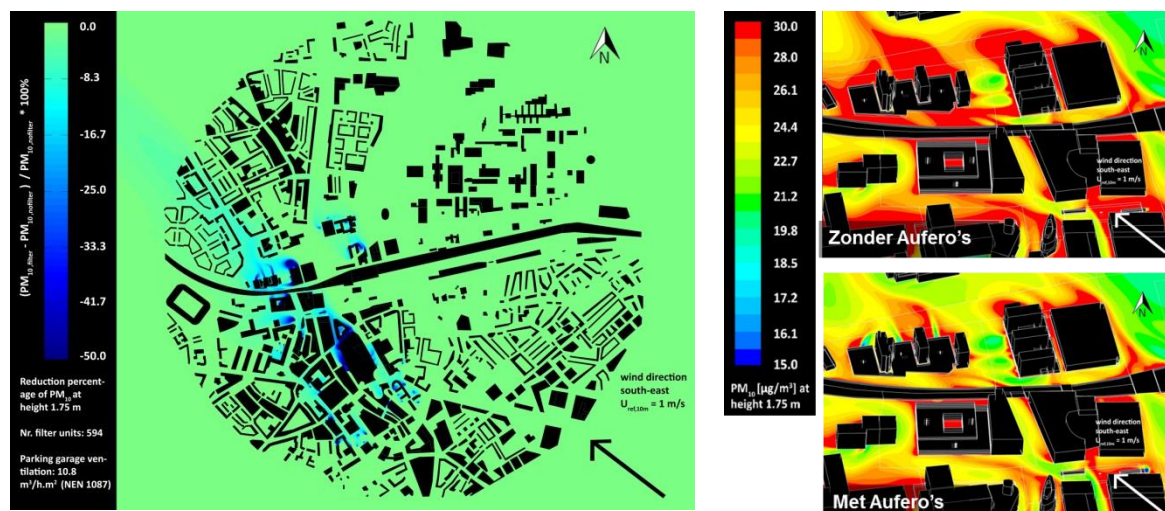
De haalbaarheid van het concept 'Longen van de Stad' is onderzocht door de TU Eindhoven (TU/e; research group Urban Physics and Wind Engineering, Prof. Dr. Ir. Bert Blocken), met ondersteuning van Smart Energy Regions en medewerking van de Gemeente Eindhoven (oa. beschikbaar stellen bouwtekeningen en

verkeersdata). Met behulp van driedimensionale computersimulaties (Computational Fluid Dynamics; CFD) werd het effect geanalyseerd van de reiniging van de lucht in parkeergarages in het centrum van de stad Eindhoven. Er werd gekeken naar de potentiële verbetering van de luchtkwaliteit in de binnenstad in de directe omgeving van de parkeergarages. Op basis van de verkregen resultaten is een businesscase ontwikkeld.

In het onderzoek werd gerekend met hoeveelheden gereinigde kubieke meters lucht per uur per parkeerplaats. Er werd uitgegaan van drie situaties:

- Geen luchtreiniging
- Plaatsing van 99 units per parkeerplaats (ca. 138 m³/u reiniging; reinigingsfactor 1)
- Plaatsing van 594 units per parkeerplaats (ca. 833 m³/u; reinigingsfactor 6)

Uit de luchtstromingssimulaties is gebleken dat bij toepassing van 594 units in de parkeergarages ca. 70% fijnstof reductie (PM10) te behalen is en dat de fijnstofconcentraties in de stadslucht lokaal met 50% kunnen worden gereduceerd ten opzichte van de situatie waarin geen luchtzuivering wordt toegepast. In een eerder proefproject langs een snelweg is aangetoond dat de ENS units eveneens effectief roet afvangt (black carbon), ten aanzien van gezondheid een belangrijk onderdeel binnen PM10. De gereinigde lucht wordt meegevoerd door de wind waardoor ze ook de omliggende (woon)gebieden bereikt. Zo worden in de omliggende gebieden rondom de parkeergarages substantiële reducties in luchtverontreiniging behaald.



Figuur 4 - Vermindering van PM10 concentraties op 1,75m hoogte; linkerafbeelding - procentuele afname van PM10 op stadsniveau; rechteraafbeelding – absolute concentratieverschillen zonder en mét Aufero fijnstofreductiesystemen

Het concept 'Longen van de Stad' lijkt op basis van deze resultaten een uiterst effectieve manier om de luchtkwaliteit in de stad substantieel te verbeteren. De resultaten van deze simulaties zijn gepubliceerd in het hoog aangeschreven wetenschappelijk tijdschrift 'Journal of wind engineering and industrial aerodynamics'⁴.

3.3.2 Fase 2: pilot project

Nu de haalbaarheidsstudie met succes is afgerond is de volgende stap het realiseren van een pilotproject waarin de resultaten van de CFD simulaties worden getoetst aan uitvoering in de praktijk. Met de uitvoering van het in dit projectvoorstel beschreven onderzoek zou in Eindhoven een **wereldprimeur** plaatsvinden. Grootschalige reiniging van stadslucht en substantiële verlaging van de concentraties fijnstof en roet in een stedelijk gebied is nog niet eerder op een dergelijke schaal toegepast. Dientengevolge heeft de publicatie van de

⁴ Blocken, B, Vervoort, R, van Hooff, T (2016) Reduction of outdoor particulate matter concentrations by local removal in semi-enclosed parking garages: A preliminary case study for Eindhoven city center, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 159, pp 80-98 - <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167610516304536>

onderzoeksresultaten geleid tot wereldwijde interesse. Met deze pilot komt namelijk voor het eerst een oplossing binnen handbereik voor het grootschalig elimineren van verkeers-gerelateerde luchtverontreiniging in de stedelijke omgeving.

3.4 Doelstelling van deze pilotstudie

Zoals in de inleiding aangegeven heeft de huidige pilot studie twee doelen:

1. Het publiekelijk aantonen van de potentie van het concept Longen van de Stad door plaatsing van reinigingssystemen bij een parkeergarage in het centrum van Eindhoven, namelijk parkeergarage Stadhuisplein.
2. Het wetenschappelijk valideren van de resultaten van het voorgaande haalbaarheidsonderzoek. In en rondom de parkeergarage Stadhuisplein wordt een uitgebreid meetnetwerk geplaatst voor fijnstof- (waaronder roet) en windmetingen. De verzamelde gedetailleerde data dient als input voor een vergelijking met de resultaten uit de luchtstromingssimulatie op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD)

3.5 Beoogd resultaat: Een bijdrage aan een gezonde en leefbare binnenstad

De pilot studie is een **co-creatieve samenwerking**, waarbij de gemeente, de universiteit en de betrokken bedrijven de handen ineenslaan om een gezamenlijk doel te bereiken, namelijk een gezonde en leefbare stad. De aanpak van Longen van de Stad past naadloos in de ambitie van de stad Eindhoven om de luchtkwaliteit, en daarmee het leefklimaat voor bewoners sterk te verbeteren door een samenspel van maatregelen. In het kader van de 'Gezonde Verstedelijking' heeft Eindhoven zich tot doel gesteld om naast een goede bereikbaarheid ook de luchtkwaliteit te verbeteren. Met name in de transitieperiode naar schone vervoersmiddelen wordt actieve reiniging van stadslucht gezien als een kansrijke toevoeging.

Er zijn al een groot aantal initiatieven genomen die ertoe moeten leiden dat burgers, overheid, kennisinstellingen en het bedrijfsleven gezamenlijk de emissie beperken van luchtverontreinigende stoffen. Weliswaar dragen deze initiatieven bij aan de realisatie van de ambitie, maar het blijkt moeilijk om op stedelijk niveau een substantiële verbetering te bereiken met alleen bronaanpak. Een substantieel deel van de luchtvervuiling is namelijk afkomstig van buiten de stad. In veel gevallen is het bovendien technisch moeilijk of onmogelijk om luchtverontreiniging te voorkomen (denk bijvoorbeeld aan verkeersemmissies).

Luchtzuivering in de directe nabijheid van een geconcentreerde verkeersemmissie-bron (door direct afvangen van ontstane verontreiniging in parkeergarages) en gebruikmakend van de al bestaande infrastructuur biedt mogelijk een oplossing voor een groot deel dit probleem. Bovendien zal een overcapaciteit van reiniging in parkeergarages ook buiten de periode van belasting door het verkeer de stadslucht reinigen. Het effect van deze aanpak zal naar verwachting bestaan uit een aanzienlijke verbetering van de luchtkwaliteit in de (binnen)stad.

3.5.1 Zichtbaarheid

Luchtvervuiling staat momenteel sterk in de aandacht van de media en een groeiend aantal mensen maakt zich zorgen over de luchtkwaliteit in hun leefomgeving. Deze hoge mate van actualiteit zal kunnen leiden tot een mogelijk grote publieke interesse en bijgevolg tot een brede maatschappelijke steun voor dit pilotproject. Het is dan ook zeer belangrijk dat de communicatie over deze pilot goed wordt geregisseerd, om de potentiële maatschappelijke betrokkenheid te maximaliseren. Hiertoe zal in aanloop naar en tijdens de uitvoering van het pilotproject een uitgekende publieks- en mediacampagne worden gehouden.

3.5.2 Potentieel vervolg

Met name stedelijke luchtverontreiniging vormt een serieus volksgezondheidsprobleem. Het is daarom van groot belang dat de uitvoering van de Pilotstudie op het Stadhuisplein op korte termijn zal plaatsvinden. Bij goed verloop en positief resultaat zal deze pilotstudie de basis kunnen zijn voor een succesvolle business case, die kan worden uitgerold in Eindhoven en andere steden (nationaal en internationaal).

4. Uitvoering van de pilot

In de pilotstudie zal een maximum van 30 Aufero luchtzuiveringssystemen worden geïnstalleerd bij de parkeergarage onder het Stadhuisplein. Tevens wordt een uitgebreid meetnetwerk ingericht, zowel in de parkeergarage als in de buitenlucht. Hierbij zullen de volgende parameters bemeten worden): concentratie fijnstof (0.3-10 μm), concentratie roet (Black Carbon) en enkele meteorologische parameters (temperatuur, luchtvochtigheid, windrichting en -snelheid).

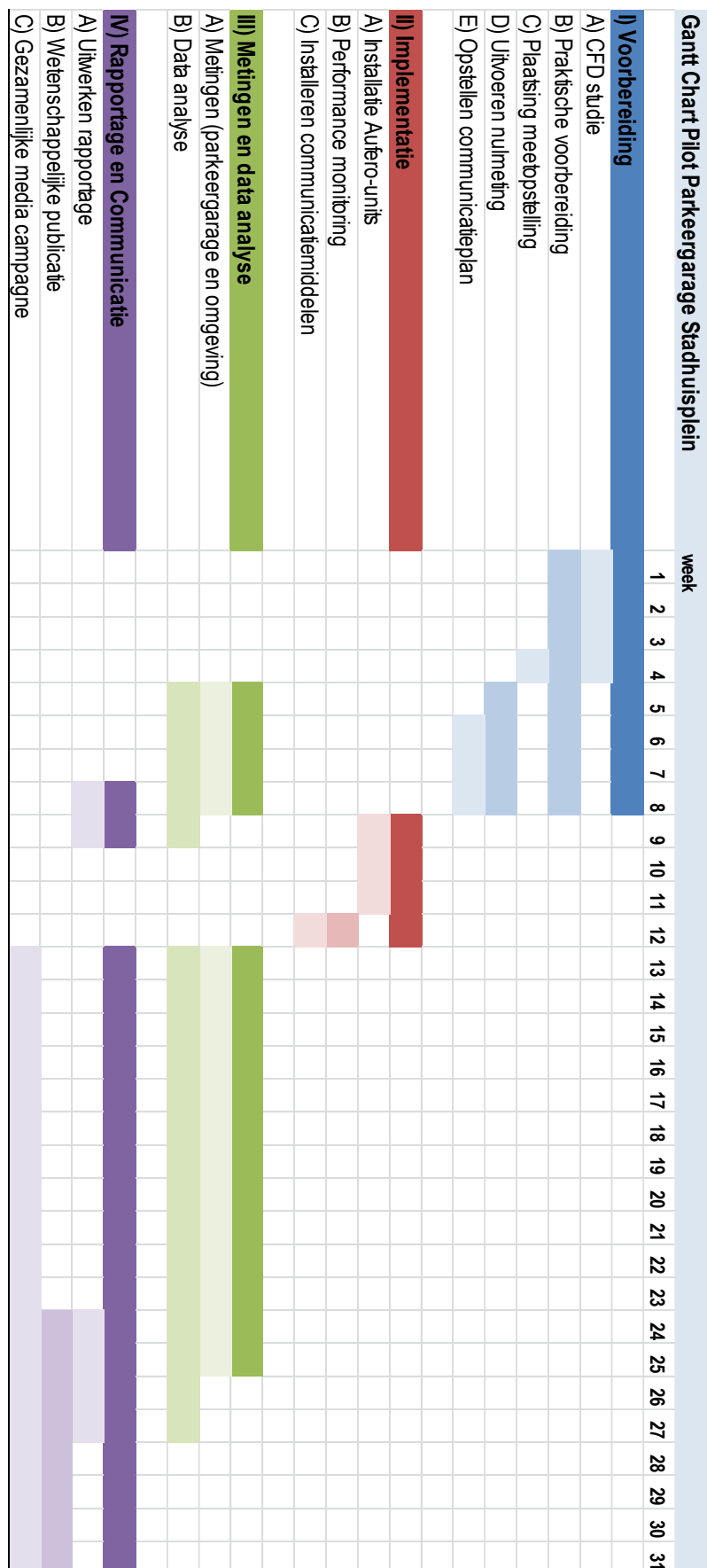
In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de uitvoering van de pilot, waaronder een beschrijving van de projectonderdelen met bijbehorende planning, projectbegroting en partnerbijdragen, inpassing van de Aufero-units en meetopstelling op de pilotlocatie, communicatiemiddelen en de impact op het klimaat. ,

4.1 Projectonderdelen en planning

Doel is om de pilot zo spoedig mogelijk te starten. De totale looptijd van de pilot is circa 6 maanden.

In onderstaand overzicht worden de verschillende projectonderdelen benoemd in de verschillende fasen van het project. Op de volgende pagina is een overzicht gegeven van de doorloofase van ieder onderdeel.

Projectfase	
I. Voorbereiding	A. Onderzoek t.b.v. de optimalisatie van de plaatsing van Aufero-units met behulp van gedetailleerde CFD studie. B. Praktische voorbereiding (optimalisatie en assemblage Aufero's, voorbereiden meetopstelling) • Opstellen implementatieplan • Ontwerpaanpassingen voor implementatie en optimalisatie rendement. Afstemming met installerende partij. • Assemblage Aufero units • Voorbereiden meetopstelling, data-aquisitie & -communicatie, opstellen meetprotocol C. Plaatsing meetopstelling • Aanleg energievoorziening D. Uitvoeren nulmeting, bepaling referentiesituatie voor effectmetingen E. Opstellen communicatieplan
II. Implementatie	A. Installatie Aufero-units B. Aanleg performance monitoring C. Installeren communicatiemiddelen (exposure tijdens pilot)
III. Metingen & data-analyse	A. Uitvoeren van validatie metingen (3 maanden) in de parkeergarage en bovengronds B. Doorlopende data-analyse van de metingen
IV. Rapportage & Communicatie	A. Uitwerken validatierapportage B. Wetenschappelijke publicatie C. Gezamenlijke media campagne



4.2 Begroting en bijdrage projectpartners

Longen van de Stad is een project op basis van co-creatie. De betrokken partijen zullen in deze pilot in-kind bijdragen leveren en daarmee bereidheid tonen om dit project tot een succes te maken.

4.2.1 Bijdrage projectpartners vooraf aan pilot

In de aanloop naar de pilot is reeds een uitgebreide haalbaarheidsstudie uitgevoerd door de TU/e en ENS. Hierbij heeft de gemeente praktische ondersteuning gegeven. Voor de haalbaarheidsstudie is een Smart Energy Regions subsidie verkregen door ENS van €30.000,-. Dit geld is volledig aangewend om het CFD-onderzoek van de TU/e te bekostigen. De TU/e heeft hierbij vanwege de potentie van het project tegen een gereduceerd tarief dit onderzoek uitgevoerd en daarbij veel meer werkzaamheden verricht dan aanvankelijk afgesproken. ENS heeft in dit vooronderzoek meer dan 800 manuren gestoken en andere onkosten gemaakt die niet binnen de subsidiabele kosten vielen. Het geloof in het project en de geleverde in-kind inspanningen door de TU/e, ENS en de gemeente zijn essentieel gebleken voor het slagen van het project. Als gevolg van het succes van het haalbaarheidsonderzoek is Air Liquide eveneens betrokken geraakt in de verdere uitwerking van het 'Longen van de Stad' concept.

4.2.2 Projectkosten

De totale kosten van de pilot bedragen € 1.293.474,-. Deze kosten kunnen worden uitgesplitst in de volgende posten, met daarbij aangegeven welke partijen de kosten voor zijn rekening neemt. Alle hieronder genoemde bedragen zijn exclusief BTW.

Item	Kosten	Projectpartner
Hardware	€ 816.349	
Aufero's (30 units)		ENS
Meetapparatuur binnen (6 units)		ENS / Air Liquide
- Fijnstof: PM1, PM2.5, PM10		
Meetapparatuur buiten (8 units)		ENS / Air Liquide
- Fijnstof: PM1, PM2.5, PM10		
- Windrichting & - snelheid		
Performance Monitoring & data-communicatie		TU Eindhoven
Interne operationele kosten	€ 232.125	
Installatie en de-installatie		Air Liquide
- (de)installatie werkzaamheden		
- E-voorzieningen		
- transport		
Operationele kosten		ENS
- Schadeverzekering		
- Revisie na pilot		
- reiniging		
Elektriciteitsverbruik		ENS
R&D t.b.v. implementatie		Air Liquide
Marketing & communicatie		ENS / Air liquide / Gemeente / TU Eindhoven
Externe operationele kosten	€173.000	
Validatieonderzoek		TU Eindhoven
- CFD luchtstromingsonderzoek (manuren, licenties, huur rekenmodules)		
- Voorbereiding, installatie en onderhoud meetopstelling		
- Data-analyse en rapportage		
Kalibratie van meetapparatuur (na pilot)		ENS / Air Liquide
Incidentele roetmetingen (black carbon)		IRAS
Externe advisering & analyse		IRAS / leverancier meetapparatuur
Projectmanagement	€ 72.000	
Projectmanagement ENS		ENS
Projectmanagement Air Liquide		Air Liquide
Totaal	€ 1.293.474,-	

4.2.3 Financiële en in-kind bijdrage Projectpartners

ENS Technology en **Air Liquide** zijn de uitvoerende partijen en dragen het grootste deel van de kosten voor de pilot. Hierin inbegrepen is de aanschaf, assemblage en (de)installatie van de hardware zoals de Aufero's en de meetapparatuur. ENS en Air Liquide dragen verder zorg voor project management en de afstemming met de gemeente.

De **TU/e** fungeert als externe en onafhankelijke onderzoekspartij en is verantwoordelijk voor de CFD simulatie, de uitvoering van de resultaatmetingen en performance monitoring van de systemen. Tevens draagt de TU/e

zorg voor de datacommunicatie en data-analyse. De resultaten zullen evenals voor het haalbaarheidsonderzoek worden gerapporteerd via een (open acces) artikel in en vooraanstaand wetenschappelijk tijdschrift.

De **Gemeente Eindhoven** speelt een belangrijke rol in de verwezenlijking van het project in de vorm van bestuurlijke support en het inbedden van het project in de visie en plannen rondom gezonde verstedelijking, leefbaarheid en duurzame mobiliteit binnen de gemeente Eindhoven. Daarnaast is er een ondersteunende rol t.a.v. de planning en verlening van vergunningen, bijvoorbeeld ten aanzien plaatsing van metingen in de openbare ruimte en in het voorzien van een elektra-aansluiting voor de buitenmetingen. Daarnaast zal de gemeente een belangrijk aandeel hebben in de communicatie over het project binnen de eigen gemeente en in de media.

De **externe adviserende partijen** treden op als kwaliteitsauditors en hen wordt een bijdrage gevraagd in de vorm van expertise en toetsing van de projectuitvoering en de meetresultaten, ten einde een breed gedragen en gevalideerd resultaat te kunnen overleggen na uitvoering van de pilot. IRAS heeft tevens een rol in het periodiek bemonsteren van de roetconcentraties (black carbon).

Een gedegen validatie van het concept is alleen mogelijk wanneer dit op wetenschappelijk verantwoorde wijze wordt uitgevoerd. Dit betekent dat het onderzoek van hoog wetenschappelijk niveau moet zijn en de te gebruiken meetopstelling van hoge kwaliteit en dekkend moet zijn in ruimtelijke zin. Het gevolg hiervan zijn hoge pilotkosten.

Projectpartners **ENS Technology**, **Air Liquide** en **TU/e** zijn bereid om een aanzienlijke in-kind en in-cash bijdrage te leveren om het project te laten slagen. Ondanks aanzienlijke bijdragen van de projectpartners, is de projectbegroting niet sluitend te maken. Om die reden wordt de **Gemeente Eindhoven** gevraagd om, naast de medewerking en ondersteuning in de uitvoering, het financiële tekort aan te vullen met een financiële bijdrage van **€ 230.000,-**. Dit staat gelijk aan circa 18% van de totale projectkosten.

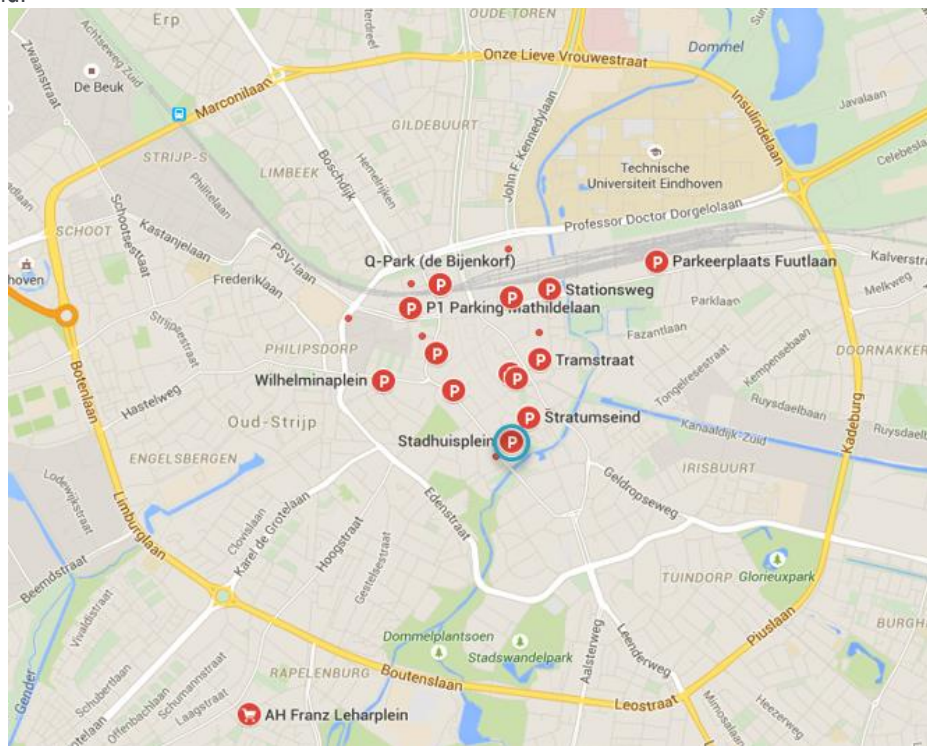
Vanwege de te maken startkosten is het wenselijk de bijdrage van gemeente Eindhoven grotendeels bij de start te ontvangen (90%). Het resterende bedrag kan worden overgedragen na afronding van het project.

Indien de pilot slaagt en brede uitrol op termijn werkelijkheid wordt in Eindhoven, zullen de mogelijkheden worden verkend om deze geldelijke bijdrage voor de pilot gedeeltelijk of in zijn geheel als korting op te nemen, waardoor de gemeentelijke bijdrage zal terugvloeien ten behoeve van de financiering van nieuwe innovatieprojecten op het gebied van duurzaamheid en gezondheid.

4.3 Praktische opzet pilot

4.3.1 Locatiekeuze: Stadhuisplein

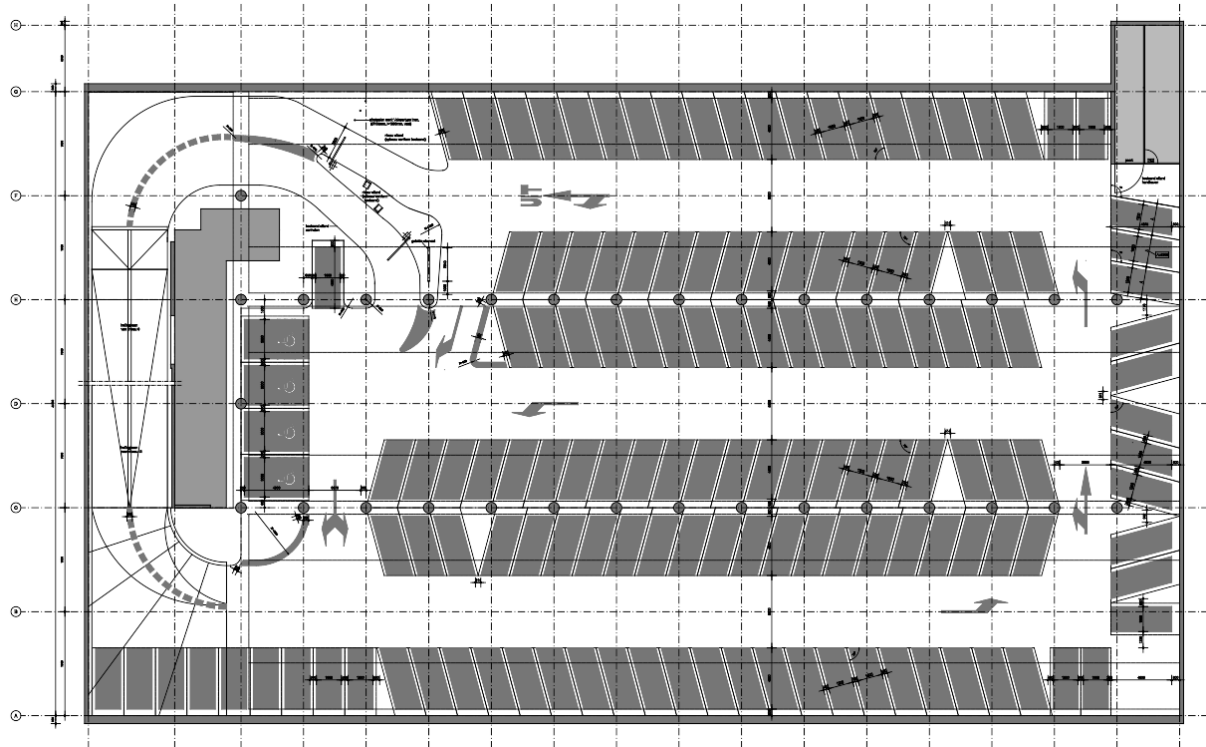
Er is voor het Stadhuisplein met ondergelegen parkeergarage gekozen vanwege de ligging in het centrum van de stad en de goede bereikbaarheid. Het is een middelgrote (300 parkeerplaatsen, 2 parkeerlagen) en drukbezochte publieke parkeergarage, gelegen aan de voet van het stadhuis en aan de rand van het winkelcentrum. De garage is gelegen aan de binnenring rondom het winkelcentrum van Eindhoven. De Wal, waaraan het Stadhuisplein is gelegen, heeft een verkeersintensiteit van 16.000 voertuigen per etmaal (o.b.v. gemiddelde verkeersintensiteit 2020, bron: Gemeente Eindhoven). Dit is vergelijkbaar met de verkeersintensiteit op de Vestdijk. Deze verkeersdruk heeft op die locatie een grote impact op de luchtkwaliteit. Door luchtzuiverende werking van gereinigde lucht vanuit de parkeergarage zal in deze pilot aantoonbaar worden gemaakt in hoeverre door deze maatregel het Stadhuisplein en de omgeving rondom de parkeergarage minder wordt vervuild.



Figuur 5 - Ligging van parkeergarage Stadhuisplein in centrum van Eindhoven (blauw omcirkeld)

Kenmerken Parkeergarage Stadhuisplein

Adres: Stadhuisplein 1A, 5611 EM Eindhoven
Exploitant: Q-Park (o.b.v. langjarige gebruiksovereenkomst)
Gebouweigenaar: Gemeente Eindhoven
Aantal parkeerplaatsen: 300 parkeerplaatsen over 2 parkeerlagen



Figuur 6 - Plattegrond van parkeerlaag -1 van parkeergarage Stadhuisplein (bron: Q-Park)

De parkeergarage kent een ventilatiesysteem op basis van overdruk. Buitenlucht wordt aangezogen bij trappenhuis 1 middels twee axiaalventilatoren op beide verdiepingen. Uit metingen op locatie blijkt dat deze in de laagstand (99% van de tijd actief) een ventilatiecapaciteit leveren van circa 50.000 m³/h (waarvan 33.000 m³/h op niveau -1 en 17.000 m³/h op niveau -2). In de garage draaien permanent 2 jetstreams om de lucht gelijkmatiger te verdelen. Uit een simulatie blijkt dat dit doel met name in de centrale zone niet bereikt wordt, te zien aan de zeer lage lichtsnelheid in dit gebied. De toerit van de garage, gelegen aan de rand van het stadhuisplein, fungeert als kanaal voor de uitgaande lucht. Wanneer de deuren naar de trappenhuisen geopend zijn, blijkt echter dat hierdoor ook lucht naar buiten treedt. De deuren zijn tussen 9.00u en 18.00u continu geopend. In de huidige situatie heeft dit tot gevolg dat ook (vervuilde) ventilatielucht via de trappenhuisen de garage verlaat.

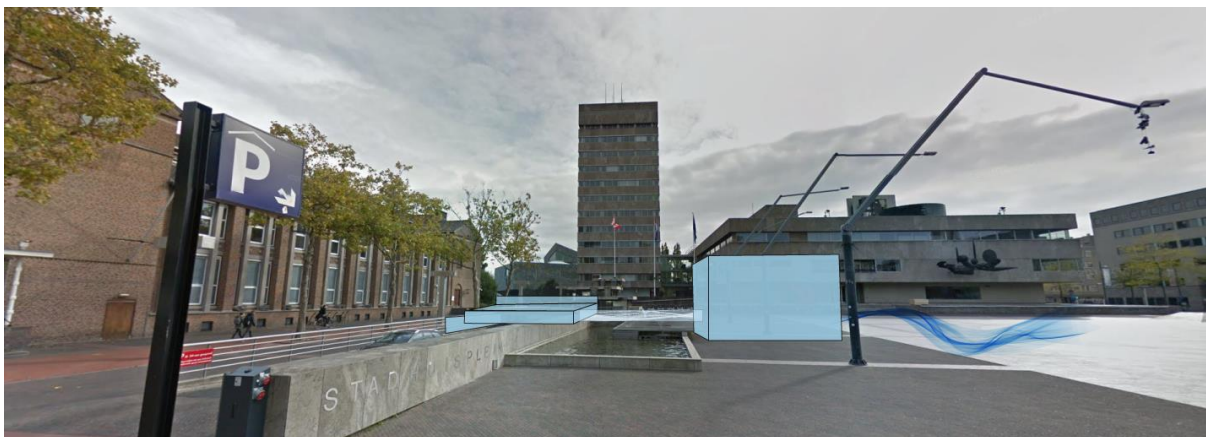
4.3.2 Implementatie luchtreiniging

Eén Aufero-unit staat gelijk aan een reinigingscapaciteit van 9000 m³/h. Op basis van rendementsmetingen is bekend dat de Aufero voor PM10 een reinigingsrendement heeft van 70% en voor PM2.5 40%. Ook het afvangstrendement op roet (BC, ± 0,3 µm) ligt in de ordegrrootte van 40%. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit rendementen zijn die gelden wanneer een bepaalde hoeveelheid lucht eenmaal het systeem passeert. Daarnaast is het feitelijk beter om te spreken over een afvangstpercentage voor een bepaalde deeltjesgrootte, aangezien uit metingen is gebleken dat de concentraties en deeltjesgrootteverdeling sterk wijzigen als gevolg van toepassing van Aufero's. Met name de massaverhouding grotere deeltjes (2,5-10 µm) zal zeer laag zijn én blijven na enige draaiuren, indien er weinig aanvoer van grotere deeltjes van buiten is. De Aufero-units zijn stand-alone en hebben alleen een stroomvoorzieningen nodig (230V).

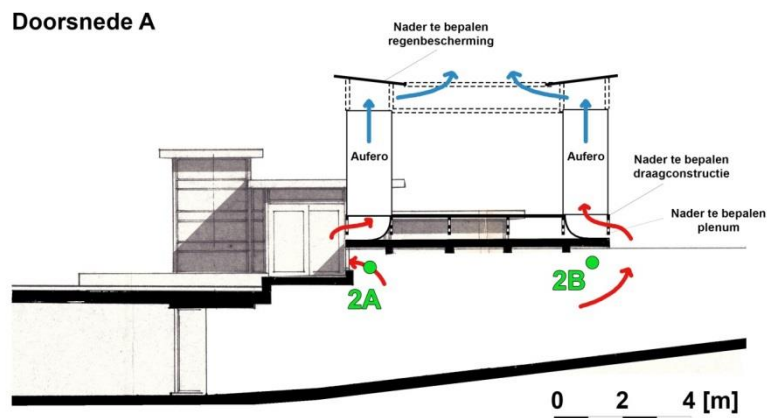
Voor een parkeergarage met de omvang van Stadhuisplein zijn ca. 6 Aufero units benodigd, gelijk aan een capaciteit van 54.000 m³/u. Ter wille van het experiment wordt dit aantal vermenigvuldigd zodat ook de invloed van een verhoogd reinigingspotentieel onderzocht kan worden.

In de eerste fase van het project (*I Voorbereiding*) zal de TU/e met behulp van een gedetailleerde luchtstromingssimulatie de optimale plaatsing van de systemen bepalen. Om dit te realiseren zijn recente tekeningen en ventilatieplannen verkregen via Q-Park en de gemeente Eindhoven. De betrokken partijen hebben bij een locatiebezoek reeds in beeld gebracht welke plaatsingsmogelijkheden er zijn. Hiervoor is de mogelijkheid onderzocht voor plaatsing van een optelling met reinigingsunits in nabijheid van de toe-/uitrit. In figuur 7 en 8 wordt een impressie getoond van de oplossing voor tijdelijke bovengrondse opstelling(en) van de reinigingsmodules, ontwikkeld in nauwe samenwerking tussen ENS en de TU Eindhoven. In bijlage 2 wordt in een verklaring door prof Blocken bevestigd dat deze opstelling eveneens uitstekend geschikt is voor het projectdoel. Tevens worden in de verklaring de voorwaarden genoemd waaraan moet worden voldaan om deze opstelling inderdaad voldoende kans van slagen te geven.

Om praktische redenen is ervoor gekozen om de stellage met reinigingsmodules niet op, maar naast de toerit te plaatsen, net naast de vijver van de opbouw, zodat de stellage niet hoeft af te steunen op de wanden van de garage. Wel wordt een lichtgewicht plenum geplaatst over een deel van de toerit om er zeker van te zijn dat alle lucht die de garage verlaat kan worden gereinigd. Via kanalen wordt de lucht vervolgens vanuit de plenums geleid naar de opstelling met de Aufero units waar de lucht gereinigd wordt en weer uitgestoten in de binnenstad.



Figuur 7 – Een principeschets van de beoogde opstelling gezien vanaf de toerit naar de garage richting stadhuis. In dit aanzicht is het plenum dat de bovenzijde van de toerit deels afdekt zichtbaar aan de linkerkant. Vanaf het plenum wordt een luchtverbinding gemaakt met kanalen naar het grotere volume aan de rechterkant waarin de lucht wordt aangezogen, gereinigd en uitgestoten op maaiveldniveau.



Figuur 8 – Eerste ontwerpsschets in doorsnede van de opstelling op Locatie 1, gelegen boven/naast de toerit. Hierbij wordt de lucht die de garage verlaat actief aangezogen en gereinigd. In eerste instantie was afzuiging en reiniging gecombineerd boven de toerit. Om bouwkundige redenen bleek het eenvoudiger om de lucht aan te zuigen middels een plenum boven de toerit en deze lucht naar een naastgelegen volume te leiden waarin de reinigingssystemen opgesteld staan. Het principe blijft hiermee echter gelijk.

Volgens planning zouden de praktische voorbereidingen van het project in juli/augustus kunnen starten. Dit betekent dat de installatiewerkzaamheden gedurende september en/of oktober plaatsvinden. Aangezien de locatie Stadhuisplein een drukke evenementenlocatie is, zijn de plannen afgestemd met de gebiedsmanager Centrum (mevr. V. Gielen) t.a.v. de evenementen kalender. Hierbij werd aangegeven dat, gezien het belang van dit project voor de stad Eindhoven en haar inwoners, de pilot zonder problemen uitgevoerd zou moeten kunnen worden, en in overleg met de reeds geplande evenementen een plek kan krijgen. Daarnaast biedt dit een kans om bij evenementen als GLOW en de Dutch Design Week een kruisbestuiving te organiseren. Tevens gaf men aan dat een tijdelijke opstelling als deze, gelegen aan de rand van het Stadhuisplein, geen speciale vergunningen noodzakelijk zijn.

In overleg met de afdeling Vergunningen (dhr. H. van de Vorst) gaf men aan dat er speciale aandacht moet worden besteed aan de beveiliging tegen vandalisme. De opstelling zal derhalve robuust moeten worden uitgevoerd en voldoende afgeschermd tegen inklimmen.

Op basis van de optimale en meest praktische positionering zal ENS zal eveneens in de voorbereiding een aanpassing doorvoeren in het huidige ontwerp van de Aufero om montage, inspectie en reiniging tijdens het gebruik te vereenvoudigen. Tevens wordt de uitstraling van de units verbeterd en het energieverbruik verder verlaagd.

4.3.3 Meetopstelling

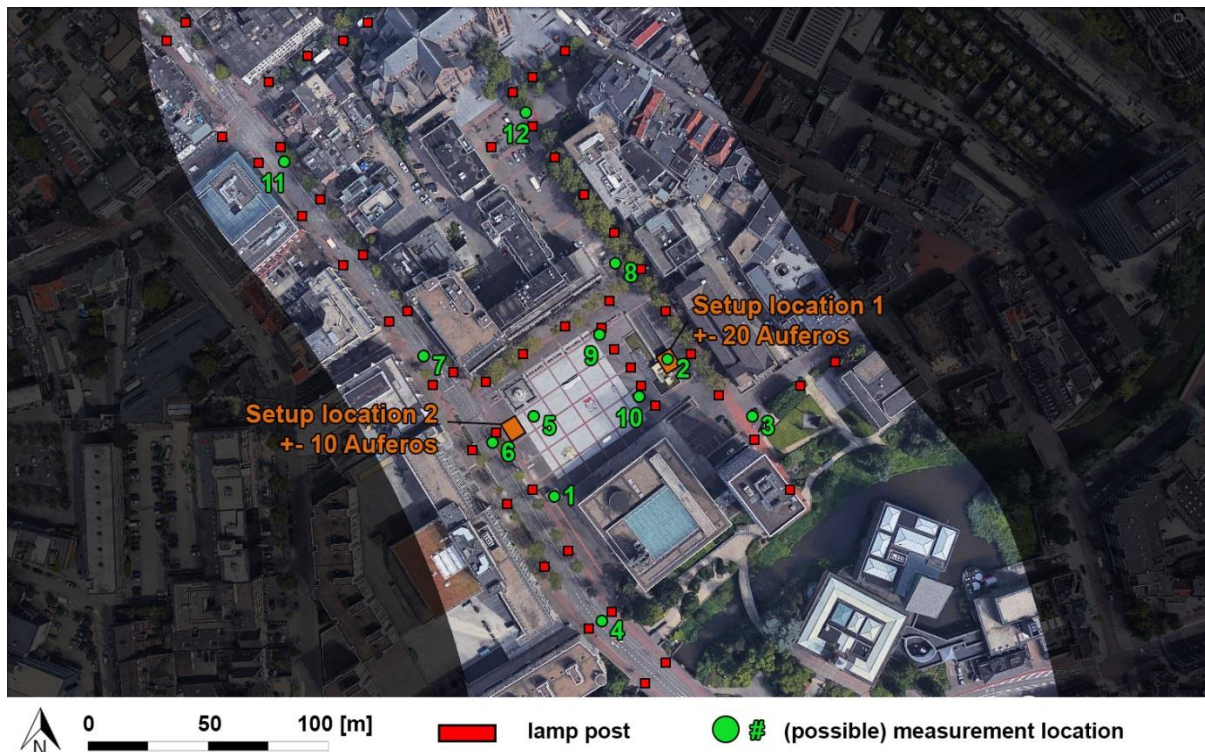
De validatiemetingen worden uitgevoerd in en om de parkeergarages. Hiervoor wordt met een dicht netwerk van sensoren de PM-concentraties, temperatuur, luchtvochtigheid en windrichting en -snelheid gemeten. Deze metingen en data-analyse worden uitgevoerd door de TU/e met ondersteuning van ENS. Aanvullend zal IRAS (incidentele) roetmetingen uitvoeren (BC) om een beeld te krijgen van de roetfractie en -afvangst binnen het fijnstofspectrum.

Ter validatie van de optimale plaatsing wordt 1 maand gemeten zonder reiniging. Deze meting doet dienst als referentiesituatie of nulmeting. Bij inschakeling van Aufero's volgt een validatiemeting van in ieder geval 3 maanden zowel binnen als buiten de parkeergarage.

De metingen zullen 24/7 doorlopen, zodat ook de nachtsituatie en de verkeersluwe momenten worden meegenomen. De TU/e zal in samenwerking met ENS Technology een meetplan en meetprotocol uitwerken.

In overleg met de gemeente (dhr. A. Kanzler, directievoerder openbare verlichting) worden de posities van de meetstations gekozen op basis van de beschikbaarheid over een permanente stroomvoorziening. Uit het gesprek met de afdeling vergunningen (dhr. H. van de Vorst) bleek dat voor de plaatsing van de meetstations op

zichzelf geen vergunning benodigd is, alleen voor het moment van plaatsing, indien er bijvoorbeeld een hoogwerker nodig is om de meetstations te bevestigen. In onderstaande situatieschets een overzicht van de beoogde locaties van de meetstations. De meetstations dienen buiten bereik van omstanders te worden geplaatst, bijvoorbeeld op enkele meters hoogte.



Figuur 9 – Situatieschets van de beoogde positionering van meetstations

4.3.4 Validatiepotentieel pilotlocatie

In de eerste verkenning voor een pilotlocatie werd bedoeld op de Parkeergarage Heuvel, vanwege de ligging aan de Vestdijk, een knelpunt op het gebied van luchtkwaliteit. Vanwege de omvang en bijbehorende projectkosten is een locatie gezocht met een vergelijkbare ligging, maar een kleinere schaalgrootte, waarvoor Stadhuisplein een uitgelezen mogelijkheid biedt. Een pilot in parkeergarage Stadhuisplein brengt daarnaast een aantal voordelen met zich mee, namelijk:

- De garage kent slechts 1 in- en uitlaatopening waar de vervuilde/gereinigde lucht in contact staat met de buitenlucht. De gereinigde lucht zal diensgevolge de garage in geconcentreerde samenstelling verlaten. Dit brengt het voordeel met zich mee dat ook de effectmetingen geconcentreerd kunnen worden op één ventilatie-uitlaat.
- Het stadhuisplein is voetgangersgebied. De afwezigheid van verkeer vergemakkelijkt de plaatsing van een meetopstelling.
- Locatie aan de voet van het stadhuis biedt ruimte voor visuele communicatiemiddelen, daarnaast kunnen ongeregeligheden snel worden gesignaleerd.

Relatief gezien zal het reinigende effect niet minder zijn dan in parkeergarage Heuvel, de hoeveelheid gereinigde lucht is immers gekoppeld aan het aantal parkeerplaatsen of vierkante meter vloeroppervlak. In absolute zin zal er echter minder gereinigde lucht worden verspreid. De verwachting is daarom dat het effect een minder groot verspreidingsgebied zal hebben. Wat ook meespeelt zijn de kenmerken van de omgevende bebouwing en de oriëntatie ten opzichte van de overheersende windrichtingen. De windsnelheid kan in nauw bebouwde gebieden veel lager zijn dan gemiddeld, waardoor vervuiling zich kan ophopen en de concentraties gemiddeld gezien hoog

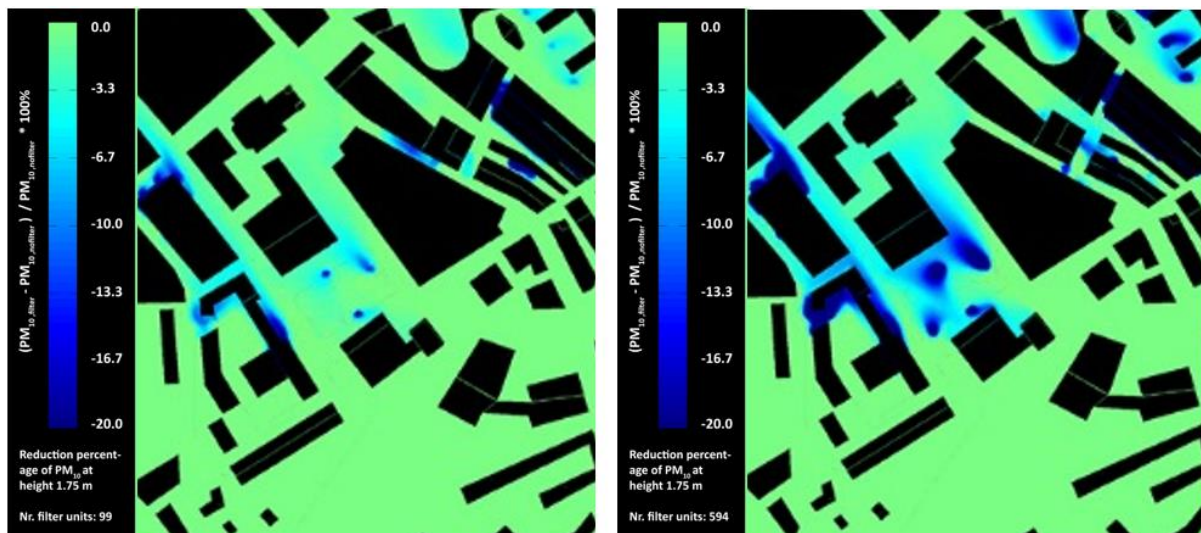
liggen. Stadhuisplein is een vrij open gebied, waardoor de gereinigde lucht zich snel over een grotere oppervlakte en een grote luchtvolume kan verspreiden waardoor er sneller verdunning optreedt.

Het primaire doel van de pilot is het valideren van het CFD model uit het haalbaarheidsonderzoek. Locatiekeuze staat in principe los van dit doel. Indien het model valide blijkt op één locatie, betekent dit dat het model en de toegepaste fysica in het model een goede verbeelding van de werkelijke situatie geven.

Het is daarbij zaak om de werkelijke situatie zo accuraat mogelijk te modelleren. De haalbaarheidsstudie was met name bedoeld voor een indicatief beeld van de haalbaarheid en daarom zijn een aantal vereenvoudigingen doorgevoerd in de geometrie van garages en omliggende gebouwen. Voor de pilotlocatie wordt het huidige model lokaal verfijnd zodat deze zo goed mogelijk de werkelijkheid weerspiegelt. Vooraf aan de metingen wordt een nieuwe simulatie uitgevoerd (projectonderdeel IA) afgestemd op de situatie ten tijde van de metingen. Hierin worden bijvoorbeeld de ventilatiekarakteristieken nauwgezet meegenomen en het aantal en de plaatsing van Aufero's wordt hierin exact nagebootst. De meetapparatuur zal vervolgens zo worden gepositioneerd dat deze ten opzichte van elkaar een goed beeld geven van de verdunning van de concentraties over het gebied, welke vervolgens kunnen worden vergeleken met de waarden in het model op die locaties.

In bijlage 2 een verklaring van Professor Blocken (TU/e) waarin wordt verklaard dat de locatiekeuze geschikt is voor deze pilot en welke voorwaarden hierbij gelden.

In de haalbaarheidsstudie werd op grote schaal de impact van de Longen van de Stad getoond in zowel absolute zin (PM_{10} -concentraties, $\mu g/m^3$) als in relatieve zin (procentuele verbetering t.o.v. situatie zonder reiniging). Hierbij werd een situatie vergeleken waarin 1 Aufero per 65 parkeerplaatsen was gemodelleerd en een situatie met het 6-voudige reinigingspotentieel. De effecten bij zesvoudige reiniging bleken logischerwijs veel meer uitgesproken te zijn. In figuur 10 een voorbeeld van de effecten op locatie stadhuisplein. Doordat wind vanuit zuidoostelijke richting is gemodelleerd is er geen invloed van eerdere reiniging op deze locatie. Goed zichtbaar is dat de vervuilingconcentraties in de lucht die de ventilatie-uitlaten verlaat sterk afgenomen is in beide gevallen. In de linker afbeelding (reinigingsfactor 1) draagt het effect door verdunning minder ver dan in de rechter afbeelding (reinigingsfactor 6).



Figuur 10- Visualisatie van reinigingspotentieel op 1,75m hoogte boven Stadhuisplein. In de linker afbeelding zijn 5 Aufero's in de garage gemodelleerd, in de rechter afbeelding 30 Aufero's⁴.

4.3.5 Klimaatimpact

De gemeente Eindhoven heeft een klimaatbegroting opgesteld waardoor een toename van het energiegebruik niet wenselijk is. Gedurende de pilot zullen gemiddeld 5 tot 30 Aufero's met een duur van 3 maanden draaien.

Eén Aufero heeft een vermogen van 415 W. Dit leidt tot een totaal energieverbruik van naar schatting 15.000 tot 20.000 kWh.

Wanneer permanent systemen worden toegevoegd aan de bestaande infrastructuur betekent dit een toename van de energievraag. Dit neemt niet weg dat reiniging met deze technologie als zeer energie-efficiënt kan worden bestempeld, aangezien het slechts ca. 20% van de energie verbruikt ten opzicht van eenzelfde reinigingseffect met conventionele filtertechnologie

In de voorbereidende eerste fase van het project wordt nader onderzocht of de energie-efficiëntie nog verder te verbeteren is. Enerzijds wordt de luchtflow in de Aufero geoptimaliseerd voor een verhoogd afvangstrendement, anderzijds wordt een ander type ventilator gezocht met een nog lagere energievraag. Naar verwachting kan hier nog maximaal 30% van de energievraag van de ventilator (nu 370W aansluitvermogen) worden gereduceerd.

Een onvermijdelijke toename in energieverbruik wordt gecompenseerd door de gebruik te maken van groene stroom.

De ionisatie technologie heeft een bewezen rendement op afvangen van fijnstof. Roet (Black Carbon), een onderdeel van fijnstof, wordt zelfs tweemaal zo efficiënt afgevangen ten opzicht van fijnstof van dezelfde grootte. Ten aanzien van de milieu-impact is dit bovenmatig relevant. Black Carbon levert in de atmosfeer na CO₂ de belangrijkste bijdrage aan het broeikaseffect⁵.

4.3.6 Afvalstroom

De Aufero's zullen periodiek worden gereinigd. Normaliter gebeurt dit iedere 2 maanden. Het afgevangen fijnstof, geschat op 50 tot 100 gram per systeem per maand, zal worden verzameld en worden geanalyseerd op samenstelling. Dit is fijnstof dat in zwevende toestand onzichtbaar is en door agglomeratie als gevolg van het ionisatieproces tot een poeder is verworpen. Door deze verandering kan het fijnstof niet meer worden ingeademd, waardoor het de longen niet meer kan bereiken en daarmee onschadelijk is geworden. Het afgevangen stof heeft vooralsnog geen bestemming en kan met het grofpuil worden afgevoerd. Wel zal het vanwege de tastbaarheid een rol van betekenis spelen in de communicatie rondom het project.

4.4 Communicatie en informatievoorziening

Het Longen van de Stad project is een wereldwijde primeur. Het concept sluit naadloos aan bij bestaande initiatieven om verbeteringen in de stedelijke luchtkwaliteit teweeg te brengen en heeft het een toegevoegde gezondheidswaarde voor de inwoners van Eindhoven. Om die reden is de communicatie rondom dit project zeer belangrijk en biedt het een mooie kans om aandacht te genereren en te informeren.

Behoudens de nieuwsaarde en actualiteit van het onderwerp heeft het pilotproject in eerste instantie een wetenschappelijk doeleinde. Een voorwaarde ten aanzien van communicatie naar omwonenden en de media is de kwaliteit van informatievoorziening. Alle gegevens (kwalitatief en kwantitatief) dienen daarom door de TU/e te worden geverifieerd voordat deze naar buiten worden gebracht.

4.4.1 Awareness & Exposure

Door de transformatie van fijnstof tot poeder is het onzichtbare zichtbaar gemaakt. Het afgevangen stof is een fysiek en confronterend bewijs van de aanwezige luchtvervuiling in de stad en een krachtig signaal naar de inwoners dat de gemeente Eindhoven het initiatief neemt om deze problematiek grootschalige en doeltreffend aan te pakken.

Het afgevangen stof is een tastbaar resultaat dat worden ingezet in de campagne voor de schone stad. Kunstenaar Daan Roosegaarde heeft eerder een goed voorbeeld laten zien van hoe het stof ingezet wordt als middel om awareness en betrokkenheid te creëren ten aanzien van de problematiek rondom luchtkwaliteit, of beter, om mensen enthousiast te maken voor de oplossingen om dit aan te pakken. Met het afvangen fijnstof uit de door Studio Roosegaarde en ENS Technology ontwikkelde Smog Free Tower⁶ produceert Studio Roosegaarde sieraden zoals ringen, manchetknopen en halskettingen, die een bepaalde hoeveelheid gereinigde lucht representeren. Deze sieraden vormen een krachtig en elegant statement door mensen die zich betrokken

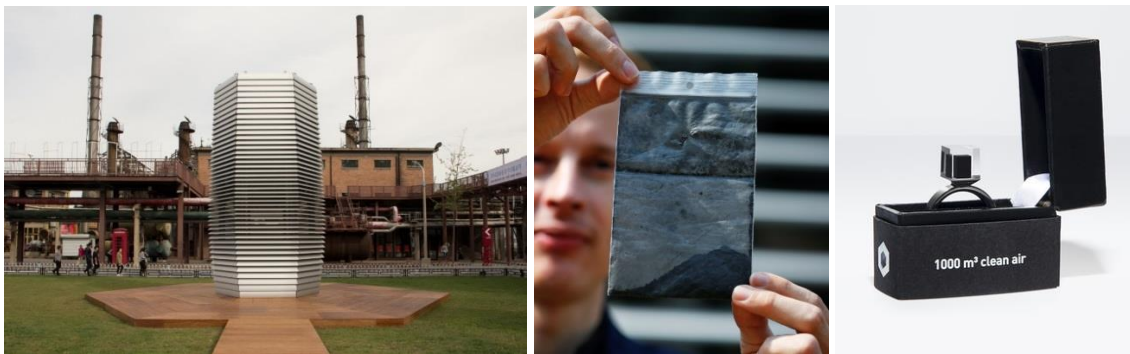
⁵ IPCC 5th Assessment Report "Climate Change 2013: The Physical Science Basis" (IPCC AR-5)

⁶ <https://www.studio Roosegaarde.net/project/smog-free-project/info/> - <http://enstechnology.nl/projecten/smog-free-project/>

voelen bij de problematiek rondom luchtkwaliteit en zich daarom aangesloten hebben bij de Smog Free Movement. In figuur 11 een impressie van de Smog Free Tower, het afgevangen stof en een ring die dit fijnstof bevat.

Om meer awareness te creëren biedt het project een mogelijkheid om analoog aan de initiatieven van Studio Roosegaarde een bestemming te vinden voor het afgevangen stof, waarbij het een uitgelezen kans is om de positie van Eindhoven als designstad en Brainport te benutten.

Parallel aan de pilot kan een prijsvraag worden uitgeschreven aan Eindhovense designers voor nieuwe toepassingen van het fijnstof. Tevens zouden studenten van de toonaangevende Design Academy in dit kader een mooie bijdrage kunnen leveren. Deze activiteiten zullen worden opgenomen in een communicatieplan, dat in de voorbereidende fase van het project wordt opgesteld.



Figuur 11 - De Smog Free Tower, een samenwerking tussen studio Roosegaarde en ENS Technology, waarin fijnstof neerslaat, waarna dit wordt 'geoogst' en in ringen wordt verwerkt. Deze ringen symboliseren een bijdrage aan het schoonmaken van de lucht. (bron: Studio Roosegaarde)

4.4.2 Communicatieplan

Een belangrijk resultaat van de pilot zijn de wetenschappelijke resultaten. Deze zullen worden verwerkt tot een wetenschappelijk artikel. Evenals na het vooronderzoek is dit artikel een aanleiding voor een persmoment. De maatschappelijke impact van het project leent zich er tevens voor om op meer manieren te communiceren en te informeren. Tijdens het project wordt bijvoorbeeld voortdurend de luchtkwaliteit bemeaten en het afgevangen fijnstof verzameld. Deze elementen kunnen uitstekend voor verdere communicatiedoelinden worden ingezet. In de eerste fase van de pilot zal met de projectbetrokkenen worden afgestemd welke vormen van communicatie wenselijk zijn en voor welk doel deze bestemd zijn. Het doel hiervan is om de activiteiten zichtbaar te maken tijdens en na de pilot en om de resultaten van de pilot terug te koppelen aan bewoners van Eindhoven en andere belanghebbenden. Het communicatieplan kan bestaan uit de volgende items:

- Een gezamenlijk persbericht vooraf aan de pilot, waarin het project wordt aangekondigd.
- Een gezamenlijk persbericht na de wetenschappelijke publicatie van de resultaten
- Het inrichten van een voorlichtingspunt gedurende de pilot, waar actuele meetdata (background en uitlaat) live wordt getoond, bijvoorbeeld via een beeldscherm in het stadhuis, in het designhuis / instituut voor co-creatie (gelegen aan het stadhuisplein) en/of in een webomgeving. Hier zouden de volgende data kunnen worden getoond:
 - Meetdata (PM2.5, PM10, roet, binnen en buiten, % afname t.o.v. referentiemeting)
 - Teller met kubieke meters gereinigde lucht sinds start project
 - Hoeveelheid afgevangen fijnstof
- Plaatsing van een publiek toegankelijk paviljoen met daarin Aufero's op het stadhuisplein (oa. tijdens de Dutch Design Week in oktober 2017), aangevuld met andere initiatieven omtrent luchtkwaliteit waarin de Eindhovense gemeente en de Eindhovense bevolking actief is.

- Het paviljoen (Clean Air Experience) zou kunnen worden ontworpen en gebouwd door TU/e studenten Bouwkunde. In het tijdelijke paviljoen, met luchtreiniging, kan een symposium worden georganiseerd voor geïnteresseerden, omwonenden en pers, bijvoorbeeld in samenwerking met Aires.
- Prijsuitreiking voor de ontwerpen met hergebruikt fijnstof (zie 4.4.1)
- Een mogelijke combinatie met lichtkunst op het stadhuisplein tijdens GLOW (bv. Door het uitlichten van de in- en uitgaande luchtstroom)

5. Potentieel vervolg

Het haalbaarheidsonderzoek en de wetenschappelijke publicatie ervan heeft veel nationale en internationale belangstelling gebracht. Indien de pilot uitwijst dat het simulatiemodel valide is en de verwachte resultaten reëel zijn, opent dit een markt voor een bredere (inter)nationale toepassing van de Longen van de Stad.

De commerciële haalbaarheid van het concept is gedurende het vooronderzoek uitgewerkt. ENS en Air Liquide hebben samen het potentieel voor een service-gedreven brede uitrol van het concept becijferd. Het uitgangspunt is hierbij de kosten voor reiniging worden verlegd naar de bron van de vervuiling. Voor een voorbeeldcase zijn parkeergegevens van Q-Park en van de Gemeente Eindhoven gebruikt om de financiële haalbaarheid en ROI te bepalen van een Full Service aanpak op basis van de verkoop van schone lucht, genaamd 'Clean Air Service'. Het idee hierachter is dat een commerciële partij de volledige verantwoording draagt voor het schoonmaken van de stadslucht door middel van systeemplaatsing in de bestaande infrastructuur van een stad, waaronder parkeergarages.

Voor het projectteam is de pilot van belang voor de bewijsvoering, maar brede uitrol van het concept het belangrijkste doel. Indien succesvol wordt ook een bredere toepassing van het concept in de Gemeente Eindhoven nader onderzocht, volgens de bestuurlijke trajecten en randvoorwaarden die in Eindhoven gelden. Ook vanuit andere steden is concrete interesse (Amsterdam, Weert, Enschede, Parijs, Haifa) en wordt met veel interesse gekeken naar de ontwikkelingen van deze pilot study.

Met name de rol van de overheid is essentieel om ervoor te zorgen dat een bredere uitrol met governance wordt ondersteund. Dergelijk beleid, bij voorkeur nationaal gedragen, is om ervoor te zorgen dat de business case geborgd zal zijn met inkomsten. De wijze waarop dit gebeurt is mede afhankelijk van de gemeente.

Schone lucht in een stad is een gezamenlijk belang voor alle stakeholders (burgers, overheid, kennisinstellingen en bedrijven) en door samenwerkingen zoals in de Longen van de Stad wordt verantwoordelijkheid genomen, positief ondersteund door de overheid, waarbij is het mogelijk om verdere bewustheid te creëren de betreffende stad in een positief daglicht te stellen wat de aantrekkingskracht en de leefbaarheid vergroot.

Wil het concept op grote schaal bij gaan dragen aan de verschoning van steden is een centraal geregleerde governance een belangrijk hulpmiddel om deze doelen te bereiken..

Bijlage 1: Verklaring voor akkoord Projectplan deelnemende partijen

Voor akkoord, namens:

(Datum)

(handtekening)

Gemeente Eindhoven

Drs. M-A. Schreurs

.....

.....

Technische Universiteit Eindhoven

Drs. S. Udo

.....

.....

Prof. Dr. Ir. B. Blocken

.....

.....

Air Liquide BV

K. Boissy-Rousseau

.....

.....

ENS Technology BV

L. Van de Vorle-Houben

.....

.....

Bijlage 2: Verklaring Prof. Dr. Ir. Blocken t.a.v. validatiepotentieel pilotlocatie Stadhuisplein