

**TNO-rapport****TNO 2017 R10075****Meerjarenprogramma 2015-2018  
Thema Duurzame Leefomgeving  
Voortgangsrapportage 2016****Leefomgeving**Van Mourik Broekmanweg 6  
2628 XE Delft  
Postbus 49  
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00

F +31 88 866 30 10

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Datum                       | 16 januari 2017   |
| Auteur(s)                   | H.M.E. Miedema<br>G.M. Bouma<br>E.W. Meijer   |
| Authorisatie                | L.J.J. Kusters<br>Managing Director Urbanisation  |
| Aantal pagina's             | 24 (incl. bijlagen)   |
| Regievoerende departementen | Ministerie van Infrastructuur en Milieu<br>Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties |

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

© 2017 TNO

## Inhoudsopgave

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b> .....                            | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Duurzaam Bouwen</b> .....                      | <b>4</b>  |
| 2.1      | Samenvatting .....                                | 4         |
| 2.2      | Korte omschrijving .....                          | 5         |
| 2.3      | Highlights .....                                  | 5         |
| 2.4      | Actualiteit/dynamiek.....                         | 7         |
| <b>3</b> | <b>Smart Cities</b> .....                         | <b>9</b>  |
| 3.1      | Samenvatting .....                                | 9         |
| 3.2      | Korte omschrijving VP Smart Cities.....           | 10        |
| 3.3      | Actualisatie en dynamiek VP Smart Cities .....    | 11        |
| 3.4      | Highlights VP Smart Cities – resultaten 2016..... | 11        |
| 3.5      | Rapporten en publicaties .....                    | 13        |
| <b>4</b> | <b>Milieu en Duurzaamheid</b> .....               | <b>15</b> |
| 4.1      | Samenvatting .....                                | 15        |
| 4.2      | Programma 2015 – 2018 .....                       | 16        |
| 4.3      | Resultaten .....                                  | 16        |
| 4.4      | Dynamiek .....                                    | 20        |
| 4.5      | Publiciteit.....                                  | 21        |
| <b>5</b> | <b>Ondertekening</b> .....                        | <b>24</b> |

# 1 Inleiding

Het Meerjarenprogramma 2015-2018 van het Maatschappelijke Thema Duurzame Leefomgeving is onderdeel van het Strategisch Plan TNO 2015-2018. Het beschrijft de hoofdlijnen van de kennisontwikkeling gericht op een aantal beleidsdomeinen van het ministerie Infrastructuur en Milieu (IenM) en het ministerie Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK). Het betreft met name beleidsthema's die spelen op het gebied van milieu, duurzaamheid, ruimte, infrastructuur, gebouwen en de stad. Het Maatschappelijke Thema Duurzame Leefomgeving is onderverdeeld in drie Vraaggestuurde programma's:

- P502 Duurzaam Bouwen;
- P509 Smart Cities
- P510 Milieu en Duurzaamheid.

Deze rapportage geeft een verslag van de werkzaamheden in 2016 in het kader van deze drie Vraaggestuurde Programma's.

## 2 Duurzaam Bouwen

### 2.1 Samenvatting

#### 2.1.1 *Infrastructuur*

Het deelprogramma Infrastructuur is gericht op efficiënt beheer en onderhoud van kunstwerken (bijvoorbeeld bruggen, sluizen), wegen, spoor en leidingen. Dit met ketenpartners en in overleg met eigenaars/ beheerders van belangrijke assets, zoals Rijkswaterstaat, ProRail, Havenbedrijf, provincies en gemeentes. Door ontwikkeling van inspectie- en monitoringstechnieken en modellen kunnen sterkte en levensduur nauwkeuriger worden vastgesteld. Zo zijn verbeterde meettechnieken voor wegdekken en voor spoorwegen ontwikkeld, (multiscale, multiphysics) modellen van veroudering van asfalt zijn de basis voor snelle testen van innovaties en materiaalverbetering, en monitoringstechnieken en (multi)scale probabilistische modellen van vermoeiingsschade in staalconstructies zijn stappen in een paradigma-verandering van onderhoud.

#### 2.1.2 *Bouwkwaliteit*

Safety of buildings: Focus lag op gebouwtrillingen en brandveiligheid. Een triltafel is ontwikkeld die op realistische wijze een aardbeving simuleert op een fundering, wand of dakopbouw. Deze wordt opgesteld in het nieuwe onderzoekscentrum BuildInG in Groningen. Met trillingsmetingen aan een slooppand is kennis ontwikkeld voor methoden om gebouwen te versterken. Met de bestaande regelgeving voor brandveiligheid is het lastig om bedrijfsverzamelgebouwen optimaal in te kunnen richten. Hiervoor is een risicogebaseerde methode uitgewerkt.

Quality and maintenance of buildings: Focus lag op de beoordeling van veroudering van gevels en op vastgoed op de kaart. De veiligheidsfilosofie die ten grondslag ligt aan de Eurocode is nader uitgewerkt voor gevels opgebouwd uit meerdere elementen om zowel bestaande als nieuwe gevels te kunnen beoordelen op veiligheid en op veroudering. Vastgoed op de kaart geeft voor herontwikkeling van woonwijken inzicht in de invloed van toekomstige ontwikkelingen.

#### 2.1.3 *Energie Gebouwde Omgeving*

Energieprestatie: Om de daadwerkelijke prestatie te bepalen zijn spreidingsprofielen opgesteld voor gedrag (setpoint instelling, ventilatie, warm tapwater en interne warmte last), waarmee energie-gebruiksprofielen gemaakt zijn voor enkele type woningen. Dit laat de invloed zien van de spreiding in gebruiksgedrag op het energiegebruik van verschillende concepten, als indicatie van robuustheid. Aansluiting is gezocht bij IEA Annex 71 "Building energy performance assessment based on in-situ measurements".

Binnenmilieu/fijnstof: Met metingen is voor verschillende situaties bepaald welke systeem-oplossingen voor kookafzuiging voldoen aan de WHO eisen voor fijnstofconcentratie in de woning. De energetische consequentie hiervan blijkt significant te zijn (ca. 1,5 – 2,5 GJ per jaar extra warmtebehoefte, op een totaal van 10 – 20 GJ voor een moderne woning). De kennis over de werking van kookafzuiging is gedeeld met woningcorporaties, projectontwikkelaars, leveranciers van ventilatiesystemen, leveranciers van kookafzuiging, leveranciers van keukens.



## 2.2 Korte omschrijving

### 2.2.1 *Infrastructuur*

Voor het veilig in stand houden van civiele infrastructurele werken wordt inzicht in gedrag en degradatie van bestaande constructies verder ontwikkeld, onder andere voor beoordelingskaders. Onzekerheid over de constructies wordt verkleind door betrouwbaarder voorspellen (modelleren) en meten (inspectie- en monitoringstechnologie) van de belangrijkste KPI's voor de (vermoeiings)sterkte en de (verkeers)belasting. Verder worden er methoden ontwikkeld voor beheer en management van gegevens over de gehele levenscyclus, en methoden en materialen voor het voorkomen of vertragen van degradatie en voor levensduurverlengende reparaties.

### 2.2.2 *Bouwkwaliteit*

Safety of buildings: Veiligheid is voor een gebouw een essentiële prestatie eis.

Onderwerpen die hierbij aan de orde komen zijn: gebouwtrillingen en wind, aardbevingen, beoordeling van bestaande constructies en ontwikkeling van risico-gebaseerde modellen voor brandveiligheid.

Quality and maintenance of buildings: Technologische ontwikkelingen in de bouw zijn vaak specifiek gericht op één aspect terwijl prestaties bepaald worden door hun inzet in combinatie. Daarom worden methoden voor integrale afwegingen ontwikkeld en bijbehorende instrumenten (BIM, Apps).

### 2.2.3 *Energie Gebouwde Omgeving*

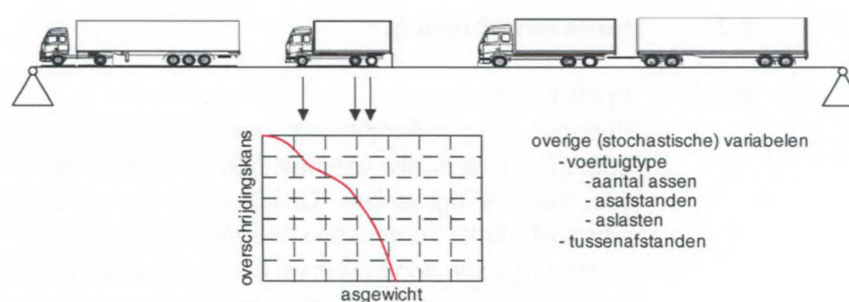
Doel is de werkelijke energieprestatie (inclusief de spreiding) beter te voorspellen. Modellen en methodieken daarvoor worden de basis voor smart-diagnose en -feedback: als energie- en comfortprestaties niet gehaald worden, zorgen deze ervoor dat eenvoudig te achterhalen is wat de afwijking veroorzaakt. Verder wordt gewerkt aan vraaggestuurde ventilatiesystemen die energiegebruik en binnenmilieukwaliteit optimaliseren.

## 2.3 Highlights

### 2.3.1 *Infrastructuur*

Het deelprogramma Infrastructuur is onder andere gericht op het verkleinen van onzekerheden omtrent belastingen, het effect en deze belastingen op de constructie en de response en sterkte van de constructie (al dan niet onder invloed van deze belastingen). Belangrijke resultaten die in 2016 binnen het kader van de beoordeling van (bestaande) constructies zijn bereikt hebben betrekking op:

- 1) De ontwikkeling van een volledig probabilistisch voertuigmodel waarmee nauwkeurig het effect van verkeersbelastingen op de veiligheid van constructies kan worden bepaald. Betrokken partijen hierin zijn Rijkswaterstaat, gemeentes en provincies (zie figuur 1)



Figuur 1 Probabilistisch verkeersbelastingen-effectmodel gebaseerd op fysieke voertuigkarakteristieken

- 2) Ontwikkeling van beoordelings- en veiligheidskader voor (civiele) constructies, in samenwerking met nationale en internationale partners die zijn aangesloten bij de belangrijkste gremia op dit gebied (NEN, CEN, InfraQuest, fib, JCSS, ISO, etc.).
- 3) Verbetering van het inzicht over innovatieve preventieve en correctieve reparatiematerialen en -technieken, als ook in de methodiek en onderliggende parameters voor de beoordeling van de restlevensduur van bestaande (beton)constructies
- 4) Ontwikkeling van meettechnieken en methoden voor het monitoren van stalen bruggen. In 2016 is nagegaan in hoeverre de ontwikkelde aanpak voor lokale dekplaatscheuren ook toepasbaar is voor globale draagconstructies. Recente problemen aan de Merwedebrug hebben de urgentie van dergelijke ontwikkelingen pijnlijk aangetoond.
- 5) Ontwikkeling van verbeterde meettechnieken voor wegdekken. Multiscale/multiphysics modellen voor de veroudering van asfalt zijn de basis voor snelle testen van innovaties en materiaalverbetering.

### 2.3.2 Bouwkwiteit

**BuildInG:** Kennis- en innovatiecentrum BuildInG is gestart met de bouw van een



testhal voor toekomstbestendig bouwen. In de hal op de Zernike Campus worden onder andere testen uitgevoerd met een trilltafel. Met een trilltafel (van 2 bij 3 meter: zie foto) kan trillingsgedrag van materialen of constructies worden onderzocht. 'BuildInG' staat voor Build in Groningen en gaat ervoor zorgen dat er in Noord-Nederland innovatieve en goedkope oplossingen worden bedacht voor een veilige en comfortabele woonomgeving. Het innovatieplatform is opgericht door de Economic Board Groningen, Hanzehogeschool Groningen, Bouwend Nederland en TNO.

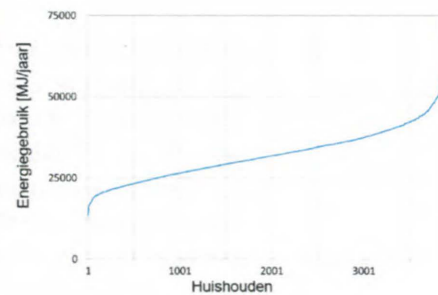
**Streamer:** Het EU-project Streamer heeft tot doel de energiezuinigheid van zorggebouwen te verbeteren. Naast de introductie van energiezuinige oplossingen worden in het project nieuwe beoordelingsmethoden en digitale tools ontwikkeld die in te zetten zijn bij het ontwerpproces van nieuwbouw en renovatieprojecten van ziekenhuiscomplexen. In het project worden zowel nieuwe theoretische concepten ontwikkeld als case studies in de praktijk uitgevoerd.



### 2.3.3 *Energie Gebouwde Omgeving*

#### Energieprestatie: daadwerkelijke energieprestatie

De eerste stappen tot het behalen van het doel om de daadwerkelijke prestatie te bepalen zijn gezet. Er is gestart met de ontwikkeling van indirecte analysemethoden om afwijkingen in energiegebruik op te sporen en het effect van gedrag te isoleren. Er zijn spreidingsprofielen opgesteld voor gedrag (setpoint instelling, ventilatie, warm tapwater en interne warmte last), op basis van de energiemodules behorende bij de WoON2006 en WoON2012 databases. Met deze gedragsprofielen is een energiegebruiksprofiel gemaakt voor enkele typische energieconcepten voor een EPC 0.4 woningen en een label C en E woning. Hiermee hebben we inzicht verkregen in welke gedragingen bij de verschillende concepten de grootste impact hebben op de spreiding in energiegebruik. Dit heeft geresulteerd in enkele aansprekende voorbeelden van de consequentie van de spreiding in gebruiksgedrag op het energiegebruik van verschillende concepten, als indicatie van robuustheid. Meer werk is nodig om de resultaten om te zetten naar een generieke aanpak.



Gebouwwebonden én toch gebruiksafhankelijk: De spreiding van het energiegebruik voor ruimteverwarming en warmtapwater (rechts) van één nieuwbouwwoning (links) voor gedragspatronen van ca. 4000 verschillende huishoudens.

Binnenmilieu/fijnstof: In 10 woningen zijn veldtestmetingen uitgevoerd aan fijnstofconcentraties. Dit betreft verschillende woningtypes, verschillende afzuigsystemen en verschillende ventilatiesystemen. Op basis van de metingen is voor elke woning bepaald met welke systeemoplossingen voor kookafzuiging de fijnstofconcentratie in die woning op het niveau van de WHO eisen gebracht kan worden. Vervolgens is onderzocht wat de energetische consequentie hiervan zou zijn. Deze blijkt significant te zijn (ca. 1,5 – 2,5 GJ per jaar extra warmtebehoefte, op een totaal van 10 – 20 GJ voor een moderne woning).

## 2.4 **Actualiteit/dynamiek**

### 2.4.1 *Infrastructuur*

De inzet langs boven beschreven lijnen is overeenkomstig aan de in 2016 aangegeven bijstelling van het oorspronkelijke plan 2015-2018. De focus blijft instandhouding van de voorraad bestaande constructies in onze infrastructuur. TNO opereert voor het deelprogramma infrastructuur in InfraQuest (Rijkswaterstaat, TU Delft, TNO), in CEDR en ERANET, werkt samen met Deltares (natte kunstwerken) en heeft een alliantie met ProRail. Focusgebied voor internationalisering is Duitsland.

#### 2.4.2 *Bouwkwaliteit*

Safety of buildings: Bij het onderwerp gebouwtrillingen is de focus sterk komen te liggen op aardbevingen in Groningen. TNO is op dit gebied inmiddels betrokken bij een groot aantal projecten samen met ander partijen. Bij de ontwikkeling van een risicogerichte benadering voor brandveiligheid is de focus sterker komen te liggen op het implementeren van de nieuwe modellen in digitale tools. Naast code-checking wordt ook ingezet op de ontwikkeling van een risico gebaseerde inspectie-tool waarmee de brandveiligheid van bestaande gebouwen kan worden beoordeeld.

Quality and maintenance of buildings: In het oorspronkelijke plan is vrij sterk ingezet op het inzichtelijk maken van de gebouw gerelateerde KPI's. Echter, de vraag hiernaar bij gebouweigenaren is nog vrij beperkt. Gezien het toenemende gebruik door verschillende partijen in de bouwketen van BIM, is de focus komen te liggen op de koppeling van vaststellen KPI's met BIM. TNO ontwikkelt modellen die in het verleden in normen terecht kwamen maar nu sneller als digitale tools beschikbaar kunnen komen voor marktpartijen.

#### 2.4.3 *Energie Gebouwde Omgeving*

Energieprestatie: De ontwikkelde methodiek levert deels goede, maar ook deels minder bruikbare resultaten. Voor het ontwikkelen van een volledige methodiek om de invloed van gebouw-, installatie- en gedragcomponenten te herleiden uit data is nog een forse inspanning nodig. Hiervoor is aansluiting gezocht bij IEA Annex 71 "Building energy performance assessment based on in-situ measurements". Via dit gremium hebben we kennisuitwisseling met de leidende universiteiten en kennisinstituten op dit onderwerp (zoals de Technische Universiteit Eindhoven en de Universiteit Leuven). De inzichten die we hebben opgedaan, worden ingezet en verder ontwikkeld in projecten samen met industriële partners in TKI projecten.

Binnenmilieu/fijnstof: De kennis over de werking van kookafzuiging is gedeeld met woningcorporaties, projectontwikkelaars, leveranciers van ventilatiesystemen, leveranciers van kookafzuiging, leveranciers van keukens. Doel van de kennisverspreiding is mede ook om bekendheid met fijnstofproblematiek en draagvlak voor oplossingen te creëren. Met een aantal van de genoemde partijen zijn vervolprojecten voor technologieontwikkeling opgezet.



## 3 Smart Cities

### 3.1 Samenvatting

De complexiteit en de urgentie van de verstedelijksopgaven is zodanig dat een SMART benadering een noodzakelijke route is om toekomstvaste stedelijke ontwikkeling te garanderen. De meerwaarde van 'SMART' is uit te drukken langs twee lijnen:

SMART als zijnde ICT-connected:

Connectiviteit moet er in onze visie toe leiden dat we meer realtime en accuratere informatie van en voor de stad beschikbaar stellen zodat iedereen daar beter op kan besluiten en bijsturen.

SMART als zijnde Integrated:

Integratie betekent een betere afstemming in (verticaal) en tussen (horizontaal) waardeketens van in potentie alle actoren in de stad: publiek, privaat, burgers. Daar hoort ook bij slim hergebruik van bestaande infrastructuur, stromen en data zodat je niet onnodig investeert / dupliceert maar efficiënter omgaat met de middelen.

Dit betekent in de Stad opereren op drie schakborden tegelijkertijd:

1. City Operations (stadsbeheer; het slim benutten van het in de stad aanwezige fysieke kapitaal, interventies met uitwerking van enkele uren tot enkele weken/maanden),
2. City Planning (stadsontwikkeling, met name beleid, ontwerp en ruimtelijk perspectief jaar tm. decennia)
3. City Services (diensten die de potentie van de stad omzetten in economie en bedrijvigheid).

In haar kennisprogrammering bouwt TNO op deze visie voort door domeinen te koppelen die normaalgesproken op gespannen voet met elkaar staan. Denk aan Mobiliteit – Milieu, Energie – Gebouwde Omgeving, Leefomgeving – Ruimte, etc. Daarbij ligt de focus op:


*Smart Urban Systems*, een toolbox voor big data analysemethoden en een prototype voor een Open City Operating System. Nadruk ligt op het faciliteren van een integratieslag over verschillende systemen uit verschillende domeinen in de stad (bijvoorbeeld mobiliteit, milieu, ruimte, economie, gezondheid). Onder andere door antwoord te geven op welke standaarden en architecturen gebruikt moeten worden.

*Smart Urban Energy*, instrumentarium ontwikkelen waarmee steden en regio's invulling kunnen geven aan de klimaatdoelstellingen en de daaruit volgende energietransitie vormgeven in de stedelijke processen en infrastructuur.

*Healthy Urban Living*, ontwikkelen van instrumentarium voor integrale beleidsondersteuning, waarmee de invloed van ruimtelijke keuzes op de leefomgevingskwaliteit kan worden beoordeeld en steden de leefbaarheid voor hun inwoners blijvend kunnen verbeteren.


In de periode 2015-2018 wil TNO samen met bedrijven, kennisinstellingen en overheid nieuwe stedelijke diensten en bijbehorende ICT tools (smart city concepten) ontwikkelen die direct of indirect bijdragen aan het versterken van de regionale economie, en het verbeteren van de stedelijke leefomgeving. Hierbij wordt gewerkt langs twee onderzoekslijnen.

In 2016 is een bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van:



**Smart Urban Systems**

- Open Urban Operating System
- Data platform en visualisaties: ontwikkeling van ICT componenten
- Toepassing in Living Labs grote steden: governance en methodologie



**Smart Urban Energy**

- Ecodistrict Planner: selectie van energiebeslissingen
- Smart Urban Energy Dashboard: analyse tool, data, businesscase
- Sustainable Citizen City Coach: planning, ontwerpcriteria, governance



**Healthy Urban Living**

- Slim, gezond en bereikbaar: indicatoren, modellen, platforms op gezonde verstedelijking
- Slim en gezond 'urban data': dashboarding voor gezonde verstedelijking
- Smart City governance voor stedelijke ontwikkeling

### 3.2 Korte omschrijving VP Smart Cities

De roadmap Smart Cities stelt de gezonde en vitale stad in al haar facetten centraal en richt zich op het vinden van innovatieve oplossingen voor de uitdagingen die verstedelijking met zich meebrengt.

De beoogde impact van Smart Cities is, het verbeteren van de leefkwaliteit en concurrentiepositie van urbane omgeving door steden smart te maken.

Het Vraaggestuurde Programma (VP) Smart Cities richt zich op het ontwikkelen van integrale oplossingen voor de uitdagingen die verstedelijking met zich meebrengt. Integraal door het verbinden van technologische, sociale en systeeminnovaties binnen en tussen verschillende domeinen. Hierbij staan in 2016 de volgende 4 vraagstukken die op systeemniveau spelen centraal:

1. De energietransitie in het stedelijk gebied (Smart Urban Energy);
2. Doorslaggevende rol van ICT (Smart Urban Systems);
3. Duurzame bereikbaarheid (Sustainable Urban Accessibility & Mobility);
4. Gezonde verstedelijking (Healthy Urban Living).

Over duurzame bereikbaarheid wordt gerapporteerd in het thema Logistiek en Mobiliteit. Gezonde verstedelijking wordt zoveel mogelijk geïntegreerd met de andere programmalijnen.

Managers van het Vraaggestuurde Programma zijn Geiske Bouma (voor Smart Urban Systems, Smart Urban Energy en Healthy Urban Living) en Jan Burgmeijer (voor Sustainable Urban Accessibility & Mobility).



### 3.3 Actualisatie en dynamiek VP Smart Cities

In 2017 ligt de focus van het VP nog sterker op het ontwikkelen van een methodologie voor de continue verbetering van stedelijke systemen (modellen en data gebaseerd) en het leren in steden gericht op bereikbaarheid in integrale samenhang met verbetering van de leefomgeving. Daarbij wordt nadrukkelijker de samenwerking opgezocht met steden en regio's om te werken aan use cases.

Smart Urban Systems: In 2017 zal deze programmalijn meer dan voorheen primair een bijdrage gaan leveren aan de andere twee deelprogramma's. In de KIP Smart Urban Systems zal expliciet gemaakt worden welke componenten van het Operating System ontwikkeld worden en waar zij een landingsplaats vinden (gekoppeld aan de andere deelprogramma's). Vanuit de vraagsturing met het ministerie Milieu en Infrastructuur is een aantal gerichte aanknopingspunten geformuleerd: Digitaal Stelsel Omgevingswet en Open data beleid.

Smart Urban Energy: Deze programmalijn vraagt voor 2017 geen inhoudelijke bijstelling.

Smart Liveable Cities: Dit programma is verbreed, in 2015 / 2016 heette dit programma nog 'Healthy Urban Living'. In 2017 wordt sterk ingezet op gezamenlijke programmering en cofinanciering vanuit andere partners (o.a via IenM, steden). De verbreding richt zich naast gezonde verstedelijking op drie onderwerpen: indicatoren voor Smart Cities in brede zin, Smart City governance voor stedelijke ontwikkeling en de verbinding tussen blauw-groen-rood in steden.

### 3.4 Highlights VP Smart Cities – resultaten 2016

#### 3.4.1 Smart Urban Energy

Er is gewerkt aan de volgende producten:

- *Ecodistrictplanner*, energiebalans in een stedelijk gebied, inclusief inzicht in kosten en baten, waarbij een platform is ontwikkeld om de investeringsbeslissingen in kaart te brengen (ontwikkeld in de projecten **Ecodistr-ICT**, **Smart Sustainable Districts**, **RESIN**).
- Integrale scenario ontwikkeling t.b.v. beslissingsondersteuning voor strategische investeringen in het planningsproces (ontwikkeld in het KIC-project **Smart Sustainable Districts** – in samenwerking met de gemeente Utrecht en de Jaarbeurs en kennispartners Deltares en Utrecht Sustainability Institute).
- Kwetsbaarheidsanalyse t.a.v. energie en klimaat (ontwikkeld in het EU-project **RESIN**).
- Energiebesparings-mogelijkheden in de stedelijke omgeving (ontwikkeld in het EU-project **FosterREG**), hier is gefocust op de strategie om bij de gas infrastructuur vervangingsvraag te kijken naar andere systemen om gebruikers van warmte te voorzien. Tevens is aandacht voor het ontwikkelen van capaciteiten van overheden (lokaal / nationaal) in de samenwerking met stakeholders. Tevens is een nieuw project op dit vlak gestart – EU-project **RUGGEDISED** – dat zich op toepassing van energiebesparings-mogelijkheden in Hart van Zuid, Rotterdam.
- Smart Urban Energy Dashboard, een instrument om potentie voor energiebesparing en -opwekking gebiedsgericht in kaart te brengen (PICO).

Het project **WIM-PICO** is hierop een aanvulling, gericht op vraag en aanbod van warmte.

#### 3.4.2 *Smart Urban Systems*

Er is gewerkt aan de volgende producten:

- Open City Operating System, hieraan is gewerkt in de projecten **MACH** (EU-project) en **Future Urban Lighting** (KIC-project) en het project **Smart Urban Systems**. Dit heeft geleid tot de doorontwikkeling van het (Stads)Platform, is een Proof of COnccepts gerealiseerd op het instrument Urban Strategy waardoor verkorting van rektijden mogelijk is en is er gewerkt aan technologische ontwikkelingen t.b.v. slimme stadsverlichting gekoppeld aan sensoren t.b.v. het meten van omgevingsgeluid en luchtkwaliteit.
- Vanuit het kennisproject **Smart Urban Systems** zijn er resultaten behaald binnen het Living Lab Amsterdam. Er is een showcase Real-time Verkeer en Luchtkwaliteit op het SmartCity event gepresenteerd in samenwerking met de Gemeente Amsterdam en er is in Amsterdam Zuid-Oost een wijk-platform opgezet t.b.v. een gebiedsmonitor.
- De modellen onder **Urban Strategy** zijn gemigreerd naar het Microsoft Azure platform, voor ontsluiting en het schaalbaar maken van de toepassing van deze modellen.

#### 3.4.3 *Healthy Urban Living*

Er is gewerkt aan de volgende producten:

- Slimme gezonde steden, hiervoor is in het project **Healthy Urban Living** gewerkt aan de Urban Health Suite 2.0 – een set gezondheidsmodellen, indicatoren en maatregelen binnen Urban Strategy- en de Cockpit Healthy Urban Living binnen Common Sense – een webversie van de gezondheidsmodellen en indicatoren waarmee partijen zelfstandig inzicht krijgen in hun plangebied, met passende functionaliteit om het effect van scenario's en maatregelen te visualiseren.
- In het kader van Slimme gezonde steden werken TNO en RIVM samen. Er is gekeken naar mogelijkheden om Urban Strategy (TNO) en de MGR Methode (RIVM) te combineren. Dit zal naar verwachting in 2017 leiden tot daadwerkelijke gezamenlijke toepassing van de gecombineerde methoden.]
- Ruimtelijke inrichting en beweeggedrag – schoolzones en schoolmobiliteit, binnen het project **Schoolzones** (ZonMW) zijn de effecten van schoolzones geëvalueerd t.a.v. verkeersveiligheid en beweeggedrag.

#### 3.4.4 *Smart Cities overig*

Er is gewerkt aan de volgende producten:

- Smart City Indicatoren zijn ontwikkeld via het project **CITYkeys** (EU-project, H2020) die in 2016 een evaluatie framework van Smart City indicatoren heeft opgeleverd (deze is positief gereviseerd door de Europese Commissie). Tevens is apart een test uitgevoerd met de indicatoren “embedded energy use” en “embedded CO2 emissions” voor ICT in de gemeente Rotterdam.
- Smart City Governance, in samenwerking met de Erasmus Universiteit Rotterdam (Sustainable Faculty – Rotterdam School of Management en Sociale Wetenschappen) is een artikel geschreven over de complexiteit die de smartness van steden (smart data cities) met zich meebrengt. Verschillende uitdagingen vanuit governance die dit met zich meebrengt zijn uitgewerkt en er is een aanzet gedaan tot een onderzoeksagenda.



- IT-visie platformen Thema Leefomgeving, op basis van een verkenning is een IT-visie ontwikkeld die voor de verdere kennisontwikkeling van het VP Smart Cities opgepakt zal worden.

### 3.5 Rapporten en publicaties

#### *Smart Urban Energy*

##### FosterREG

- Discussion Paper – Roel Massink and Mike Duijn (both TNO), Patricia Molina Costa and Olatz Nicolas Buxens (both Tecnalia) and Tomislav Pukšec and Antun Pfeifer (Sdewes), Sharing lessons from the FosterREG collaborative analyses in three EU countries focusing on fostering public authorities' capacities for planning, financing and managing energy efficiency within integrated urban regeneration strategies. Brussel, 2016
- Roel Massink, Mike Duijn (both TNO), Tomislav Pukšec, Antun Pfeifer (both SDEWES), Olatz Nicolas, Patricia Molina (both TECNALIA), Patxi Hernandez (Visesa), Collaborative Analysis and Best Practices, FosterREG report, 06/2016, D3.5
- Roel Massink, Jeroen Brouwer, Jasper Donker, Mike Duijn (TNO), Integrated National Report: the Netherlands, 03/2016, D3.2

##### Smart Sustainable Districts

- Rapport (Nederlands): USI, TNO, Deltares, UU, Gemeente Utrecht, Jaarbeurs (2016), Scenariorapport – 4 duurzame scenario's en hun impact voor duurzame transformatie van het Beurskwartier.
- Rapport (English), TNO, Rotterdam – Central District – District Challenge 1 – results, methodology, formats and lessons learnt (2016).
- Rapport (English, working document), TUB, TNO, Smart Sustainable District Evaluation Framework – Results from the evaluation survey and interviews of the four SSD Deep Dive Districts (2016).

##### RESIN

- Schenk, T., R.A.L. Vogel, N. Maas, L.A. Tavasszy (2016), Joint Fact-Finding in Practice: Review of a Collaborative Approach to Climate-Ready Infrastructure in Rotterdam, EJTIR, Issue 16(1), 2016, pp. 273-293

##### WIM-PICO

- Het instrument PICO is beschikbaar via de volgende websites:  
<http://www.geodan.nl/pico-energie-data-in-kaart/>  
<http://pico.geodan.nl/>  
[http://nbn-assets.netbeheernederland.nl/p/32768/files/161104\\_Interactieve-Infographic.pdf](http://nbn-assets.netbeheernederland.nl/p/32768/files/161104_Interactieve-Infographic.pdf)

#### *Smart Urban Systems*

##### Algemene activiteiten

- TNO, De nieuwe binnenstad, Mogelijkheden en uitdagingen van big data voor het aantrekken en vasthouden van bezoekers in een winkelgebied, november 2016

##### MACH

- Presentatie / Poster, Walter Lohman, Erik Salomons, Han Zhou (TNO – Delft, The Netherlands), High Performance Computing for Interactive Spatial planning, October 2016; gepresenteerd op de MACH ITEA final review

### *Healthy Urban Living*

#### Algemene activiteiten

- Verspreiding van een video over Urban Strategy voor Slimme en Gezonde Stad via TNO Youtube kanaal: <https://www.youtube.com/watch?v=L6qENh7Ckpl>, zowel in het NL als engels
- Verspreiding van Schiedam video via het SGS network van I&M: <http://www.slimmeengezondestad.nl/Pilotsteden/Schiedam/default.aspx>
- Helbich M, Emmichoven MJ, Dijst MJ, Kwan MP, Pierik FH, Vries SI. Natural and built environmental exposures on children's active school travel: A Dutch global positioning system-based cross-sectional study. *Health Place*. 2016 May; 39:101-9.
- Jansen M, Ettema D, Pierik F, Dijst M. Sports Facilities, Shopping Centers or Homes: What Locations are Important for Adults' Physical Activity? A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Mar 4; 13(3).
- Etman A, Kamphuis CB, Pierik FH, Burdorf A, Van Lenthe FJ. Residential area characteristics and disabilities among Dutch community-dwelling older adults. *Int J Health Geogr*. 2016 Nov 15; 15(1):42.
- Etman A, Pierik FH, Kamphuis CB, Burdorf A, van Lenthe FJ. The role of high-intensity physical exercise in the prevention of disability among community-dwelling older people. *BMC Geriatr*. 2016 Nov 9; 16(1):183.PMCID: PMC5103399.

#### Schoolzones

- Dessing D, de Vries SI, Hegeman G, Verhagen E, van Mechelen W, Pierik FH. Children's route choice during active transportation to school: difference between shortest and actual route. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2016 Apr 12;13:48. doi: 10.1186/s12966-016-0373-y.
- Dessing D, Pierik FH, Hegeman G, Verhagen E, van Mechelen W and de Vries SI. Effect of improving traffic safety in the primary school environment on children's physical activity levels. Submitted to *Environment & Behaviour*.
- Factsheet Schoolmobiliteit en gedrag  
<http://www.crow.nl/publicaties/schoolmobiliteit> (Dirk Dessing is namens TNO mede-auteur)

### *Smart Cities overig*

#### CITYkeys

- Bosch, Peter; Sophie Jongeneel, Vera Rovers, Hans-Martin Neumann, Miimu Airaksinen, Aapo Huovila, 2016, Smart City (project) KPIs and related methodology. Citykeys report. D1.4.

#### Smart City Governance

- Jan van Dalen# Jurian Edelenbos#, Liesbet van Zoonen#, Fadi Hirzalla#, Adriaan Slob\*, Alexander Woestenburg\* , Geiske Bouma\*, Beitske Boonstra+ (# Erasmus University Rotterdam, \* TNO, + Universiteit van Gent), Governing the complexity of smart data cities; setting a research agenda; chapter in book Rodriguez Bolivar, to be published



## 4 Milieu en Duurzaamheid

### 4.1 Samenvatting

Dit programma heeft de ambitie om bij te dragen aan een gezonde, veilige en duurzame omgeving met oog voor behoud van concurrentiepositie of versterking van de lokale economie. We doen dit door onze ervaring en kennis op gebied van milieu, klimaat en duurzaamheid te combineren met nieuwe opkomende technologieën op gebied van sensoren, het Internet of Things, big data en digitalisering in het algemeen. Er zijn in dit VP twee programmalijnen.

De programmalijn *Sense4Environment* heeft de focus op sensoren voor milieutoepassingen in kader van gezondheid en milieubelasting en richt zich daarbij op de ontwikkeling van milieu-sensornetwerken en dataplatforms voor industrieën, lokale overheden en individuele burgers. Dit jaar zijn de afzonderlijke componenten (sensoren, ICT, modellen, visualisaties, connectiviteit) geïntegreerd en geoperationaliseerd in een prototype platform dat voor verschillende toepassingen op maat gemaakt kan worden. Ter demonstratie zijn twee casussen opgezet:

- Een early-warning systeem waarmee effectief en snel een incident met een vrijkomend toxisch gas kan worden opgespoord d.m.v. een sensornetwerk en mobiele devices zoals een drone of een meetwagen. Deze is gedemonstreerd aan de hand van een gesimuleerd incident.
- Een smart city systeem voor milieu en gezondheid waarmee luchtkwaliteit real-time berekend wordt aan de hand van actuele verkeersgegevens en weersituatie en gekalibreerd wordt met luchtkwaliteitsmetingen van sensoren en LML-stations. Tevens is persoonlijke blootstelling te meten en ook die gegevens worden door het systeem verwerkt. Dit systeem is voor het eerst in werking gesteld tijdens het RIVM symposium “Samen meten aan Luchtkwaliteit” op 7 december.

De lijn *Circulaire Economie* richt zich op de ontwikkeling van instrumenten die bedrijfsleven, overheid en burgers ondersteunen in hun strategische afwegingen wat betreft circulaire benaderingen van de productie/consumptieketens. TNO richt zich met de programmalijn circulaire economie op kennisontwikkeling (methodes en tools) ten behoeve van (1) beleidsondersteuning op het gebied van circulaire economie voor overheden op diverse schaalniveaus, en (2) op waarde van circulaire economie voor het bedrijfsleven. In toenemende mate wordt gefocust op specifieke sectoren, namelijk de bouw, de metaal-elektro sector en de agro-foodsector – in aansluiting op het rijksbrede programma Circulaire economie. Voor deze sectoren wordt ook gewerkt aan kennis gericht op disruptieve technologieontwikkeling met een meer circulair karakter - zoals bijvoorbeeld de terugwinning van schaarse metalen uit afvalstromen, of de inzet van ICT technologie om materialen langer of idealiter, oneindig, in de kringloop te houden.

Highlights van 2016 zijn de ontwikkeling van een vraag- aanbod model voor een voorspelling van de toekomstige vraag naar bouwmaterialen ten gevolge van de bouwopgaaf, en het aanbod van (secundaire) grondstoffen. Het model kan benut worden om te verkennen in hoeverre dat de secundaire grondstoffen benut kunnen worden voor de bouwopgaaf, en welke discrepanties in kwaliteit, tijd en plaats daarvoor overbrugd moeten worden. Verder is ook in Europees verband gewerkt

aan vernieuwing van diverse datasets en methodes ten behoeve van beleidsondersteuning op verschillende terreinen. Het betreft bijvoorbeeld modellen voor besluitvorming t.a.v. stortplaatsen, invloed van beleid op consumptie en bijbehorende CO<sub>2</sub> emissies en macro-economische modellering in relatie tot milieu-impacts.

## 4.2 Programma 2015 – 2018

Dit programma heeft de ambitie om bij te dragen aan een gezonde, veilige en duurzame omgeving met oog voor behoud van concurrentiepositie of versterking van de lokale economie. Versterking van de lokale economie beogen we door in samenwerking met private partijen nieuwe diensten en producten te ontwikkelen op gebied van milieu en duurzaamheid; behoud concurrentiepositie door fijnmazig te kunnen balanceren tussen milieu- en duurzaamheidsoverwegingen enerzijds en economische belangen anderzijds.

We doen dit onze ervaring en kennis op gebied van milieu, klimaat en duurzaamheid te combineren met nieuwe opkomende technologieën op gebied van sensoren, het *Internet of Things*, *big data* en digitalisering in het algemeen. Dit leidt tot nieuwe mogelijkheden waarin we niet langer beperkt zijn tot het grootschalig monitoren om eventueel beleid te ontwikkelen, maar direct, specifiek en kosten-efficiënt te sturen op een goede kwaliteit van het milieu met oog op duurzaamheid, gezondheid, veiligheid en leefbaarheid en af te wegen tegen economische belangen zoals industriële activiteiten, logistiek en mobiliteit.

Er zijn in dit VP twee programmalijnen. De programmalijn *Sense4Environment* richt zich daarbij op de ontwikkeling van milieu-sensornetwerken en dataplatforms voor industrieën, lokale overheden en individuele burgers. De lijn *Circulaire economie* richt zich op de ontwikkeling van instrumenten die bedrijfsleven, overheid en burgers ondersteunen in hun strategische afwegingen wat betreft circulaire benaderingen van de productie/consumptieketens.

## 4.3 Resultaten

### 4.3.1 *Sense4Environment*

De generieke aanpak omvat kennisontwikkeling over de gehele waardeketen van sensoren, connectiviteit, dataplatform, data-analyse en modelleren tot decision support systemen. De kennisontwikkeling op gebied van sensoren en connectiviteit worden uitgevoerd in andere VPs en vormen samen met de VP een samenhangend geheel:

- **Sensoren:** Binnen VP Environmental Technology worden goedkope, draagbare sensoren voor benzeen en fijnstof ontwikkeld. Binnen VP Watertechnologie wordt gewerkt aan sensoren voor nutriënten en metaalionen voor waterkwaliteitsmonitoring.
- **Connectiviteit:** Binnen VP Environmental Technology worden flexibele sensorplatforms ontwikkeld op basis van bestaande technologieën. Hiermee kunnen netwerken worden opgezet van zelf ontwikkelde sensoren of commercieel verkrijgbare die vervolgens gekoppeld kunnen worden aan de dataplatforms.



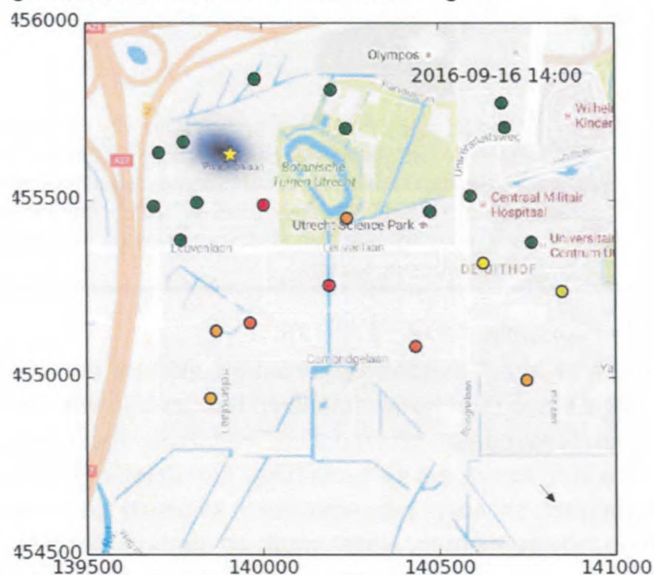
Binnen dit VP ligt de nadruk op de ontwikkeling van het dataplatform, de analyse en modellering en de decision support systemen:

- **Dataplatform:** Het dataplatform gaat uit van de ICT architectuur van Urban Strategy (IMB4 framework) en wordt gewerkt aan de koppeling van sensoren, andere databronnen en visualisaties voor milieutoepassingen.
- **Modellering en data-analyse:** onze bestaande analysetools en modellen inbouwen, integreren met sensorinformatie, optimaliseren voor snelle responstijden
- **Decision support systemen** voor stedelijke en industriële toepassingen. Concrete demonstrators die in samenwerking met private partners en eindgebruikers worden ontwikkeld.

Dit jaar zijn de prototypes ontwikkeld voor de stad en de industrie. Deze worden beiden kort beschreven als een use case. De onderliggende technologieën betreffen ontwikkelingen op gebied van dataplatform, modellering en decision support systemen.

#### *Industrie: early-warning en brondetectie*

Dit jaar is een operationeel systeem opgeleverd dat op basis van sensorinformatie teruggerekend wordt wat de precieze locatie van de bron is en de bronsterkte. Het systeem is ook in staat om met mobiele sensorinformatie te werken, zodat een meetwagen of een drone ter plekke kan zoeken; de metingen worden geanalyseerd en de geschatte bronlocatie kan ter plekke weer worden bekeken via een app op tablet of smartphone de geschatte bronlocatie. Met een gesimuleerd scenario waarbij een incident plaatsvindt bij TNO op de uithof is de werking van het systeem gedemonstreerd, zie onderstaande figuur.

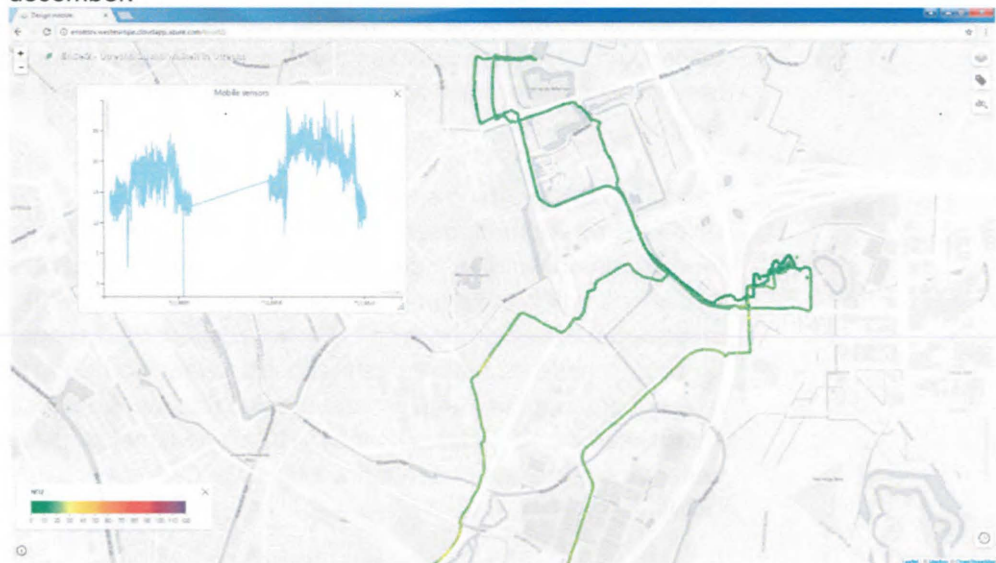


Figuur 1. Snapshot van gesimuleerd incident op de Uithof bij TNO. Te zien is:

- de gele ster links boven geeft positie van de bron van het ontsnappende gas weer
- de stippen in verschillende kleuren zijn de sensormetingen: rode stippen geven een hoge concentratie weer en groene een lage.
- de pijl rechtsonder geeft de windrichting
- de blauwe wolk linksboven geeft de door het systeem berekende ligging van de bron aan waarbij de grootte van de wolk de onzekerheid aangeeft

### *Slimme en gezonde stad*

Dit betreft een smart city dataplatform dat sensorinformatie en andere databronnen koppelt en verschillende analyses visualiseert op een web-interface en smartphone app. Op basis van real-time verkeersgegevens, RIVM LML gegevens en weersverwachting wordt een real-time gekalibreerde kaart van de luchtkwaliteit gemaakt. Daar kan vervolgens ook andere sensordata aan worden toegevoegd. In dit geval hebben we een demonstratie gegeven hoe een fietser met een sensor door de stad fietst en enerzijds de real-time luchtkwaliteitsgegevens van het systeem ontvangt en de gemeten concentratie levert aan het dataplatform. Een snapshot daarvan wordt in onderstaande figuur getoond. Deze applicatie had zijn première op het RIVM symposium 'Samen meten aan Luchtkwaliteit' op 7 december.

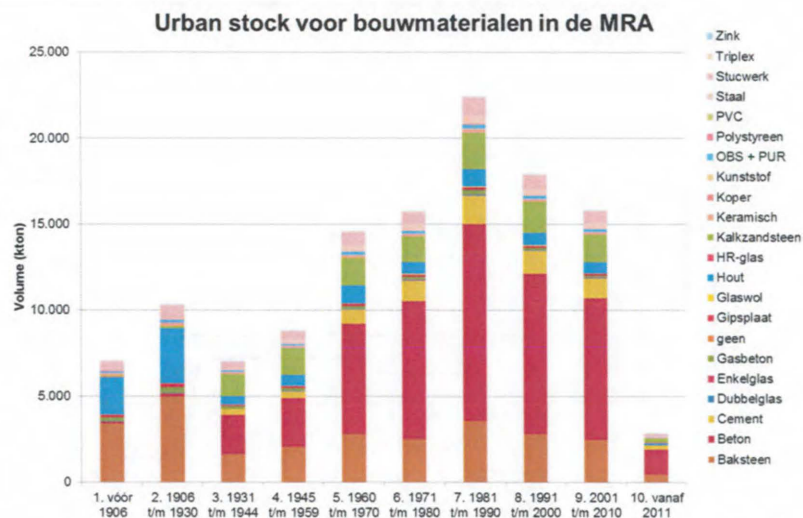


Figuur 2. Een snapshot van de webinterface van het smart city dataplatform tijdens de demonstratie op het RIVM symposium 'Samen met meten aan Luchtkwaliteit' van 7 december. Te zien is de kaart van Utrecht met twee fietsroutes waar met een mobiele sensor  $\text{NO}_2$  is gemeten. De kleuren geven de concentratie aan. Rechtsboven is een tijd profiel van de metingen te zien. Tijdens de tweede rit is een verhoging te zien doordat de avondspits op gang kwam.

#### 4.3.2 *Circulaire Economie*

In 2016 is een vraag- aanbod model ontwikkeld voor een voorspelling van de toekomstige vraag naar bouwmaterialen ten gevolge van de bouwopgaaf en het aanbod van (secundaire) grondstoffen. Het model kan benut worden om te verkennen in hoeverre dat de secundaire grondstoffen benut kunnen worden voor de bouwopgaaf, en welke discrepanties in kwaliteit, tijd en plaats daarvoor overbrugd moeten worden. Naast vraag en aanbod is ook een module ontworpen en gebouwd voor het meenemen van de logistiek in het model. Voor concrete cases kan, aan de hand van logistieke kenmerken en voor logistieke families van materialen, een berekening worden uitgevoerd van de impact van de transportbewegingen op milieuaspecten ( $\text{CO}_2$ , energie, andere emissies) en kosten.

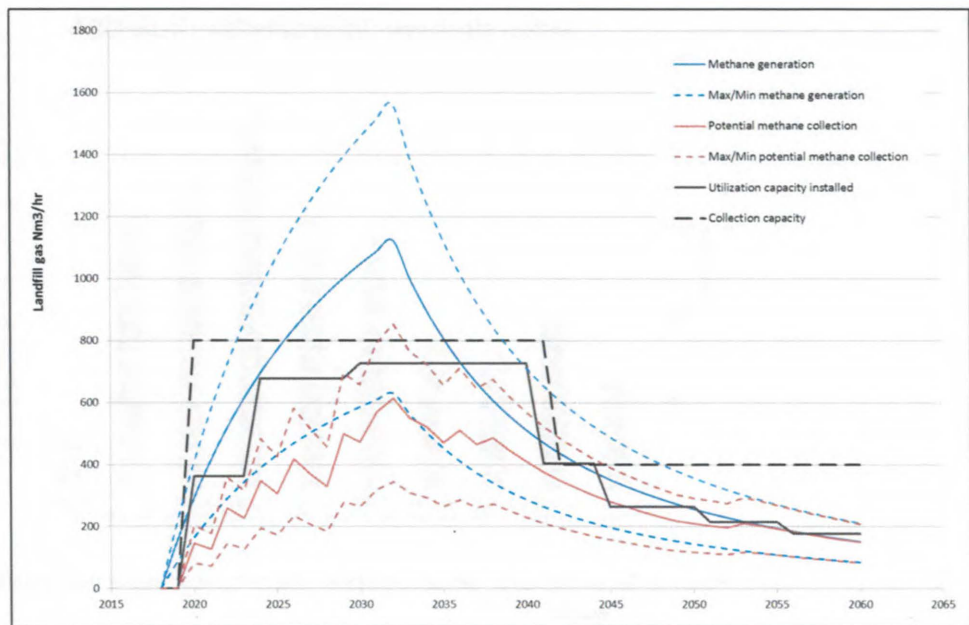




Figuur 3 Een voorbeeld van de resultaten die met het vraag- aanbodmodel gegenereerd kunnen worden

In Europees verband werkte TNO aan vernieuwing in diverse methodes en datasets ten behoeve van besluitvorming en beleidsondersteuning. De meeste Europese projecten werden in 2016 succesvol afgerond (DESIRE, POLFREE, Carbon-CAP, KIC WasteMITI<sup>2</sup>). Andere projecten lopen in 2017 door, zoals bijvoorbeeld GLOBAQUA. Verder droeg TNO bij aan de Europese onderzoeksagenda (RECREATE). Highlights van resultaten in 2016 in deze Europese onderzoeksprojecten zijn:

- de oplevering van een set van een beperkt aantal indicatoren ten behoeve van Europees beleid ten aanzien van resource efficiency, inclusief verbeterde indicatoren voor schaarste, biodiversiteit en (economische) welvaart.
- Tijdsreeksen inbrengen in EXIOBASE (Environmentally extended input en output database).
- EXIOBASE is ook toegepast om aan te tonen hoe consumptie gerelateerde berekeningen en levenscyclus denken ingepast kunnen worden in CO<sub>2</sub> berekeningen (op een COP22 side event).
- De ontwikkeling en oplevering van modellen voor systeemdenken in management en besluitvorming van zoet water ecosystemen in het kader van de Europese Water Framework Directive (WFD).
- De ontwikkeling van een model voor stortplaatsen om de effectiviteit van emissie beperkende maatregelen te voorspellen. Dit model beschouwt de kosten van maatregelen en is uitgebreid voor toepassing op stortplaatsen in Indonesië (waar het in 2017 toegepast gaat worden). Figuur 4 geeft een voorbeeld van een resultaat uit dit model: methaanvorming en de invloed van maatregelen op het vrijkomen van methaan.



Figuur 4 methaanvorming en de invloed van maatregelen op het vrijkomen van methaan.

## 4.4 Dynamiek

### 4.4.1 Sense4Environment

Deze programmaliijn wordt volgend jaar gecontinueerd en de doelen blijven ongewijzigd. In 2016 is ingezet op strategische samenwerking op het gebied van milieu en gezondheid in het stedelijk gebied in samenwerking met RIVM en Universiteit Utrecht en een aantal private partijen waaronder KPN, Almende en ITOM en waarvoor externe financiering wordt gezocht. Het doel is om deze in eerste helft 2017 te realiseren. Het zoeken is nog naar pilotsteden. In 2017 zal verdere ontwikkeling rondom industriële vraagstukken verder ontwikkeld worden met private partijen. De ontwikkeling van een dergelijke samenwerking is nu in de opstart. Inhoudelijk zal er in het programma meer aandacht komen voor persoonlijke blootstelling, inclusief geluid en hitte. Sense4Environment wordt in 2017 een speerpunt van de verdere ontwikkeling van CASTEL (Centre for Aligned Studies on Environment & Life), een samenwerking met Deltares en de Universiteit Utrecht.

### 4.4.2 Circulaire Economie

Voor circulaire economie wordt in 2017 sterker ingezet op het benutten van de ontwikkelde kennis (methodes en tools) ten aanzien van materiaalstroomanalyses en ecologische en economische impact ten behoeve van beleidsondersteuning. Kennisvragen die uit deze (regionale of nationale) toepassing naar voren komen zullen in het kennisprogramma worden opgepakt.

Verder is er gekozen om sterker op specifieke sectoren te focussen waar TNO toegevoegde waarde heeft in de ontwikkeling van disruptieve technologie met een meer circulair karakter. Deze focus geeft de mogelijkheid meer programmatisch te gaan werken – in samenwerking met andere kennisinstellingen – waardoor een grotere impact kan worden bereikt.



## 4.5 Publiciteit

### *Journals*

- Super, I., H.A.C. Denier van der Gon, A.J.H. Visschedijk, M.M. Moerman, H. Chen, M.K. van der Molen, W. Peters, Interpreting continuous in-situ observations of carbon dioxide and carbon monoxide in the urban port area of Rotterdam, Atmospheric Pollution Research, Available online 30 August 2016, (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1309104216300228> )
- Kuik, F., Lauer, A., Churkina, G., Denier van der Gon, H. A. C., Fenner, D., Mar, K. A., and Butler, T. M.: Air quality modelling in the Berlin–Brandenburg region using WRF-Chem v3.7.1: sensitivity to resolution of model grid and input data, Geosci. Model Dev., 9, 4339-4363, doi:10.5194/gmd-9-4339-2016, 2016.
- Fountoukis, C., Megaritis, A. G., Skyllakou, K., Charalampidis, P. E., Denier van der Gon, H. A. C., Crippa, M., Prévôt, A. S. H., Fachinger, F., Wiedensohler, A., Pilinis, C., and Pandis, S. N.: Simulating the formation of carbonaceous aerosol in a European Megacity (Paris) during the MEGAPOLI summer and winter campaigns, Atmos. Chem. Phys., 16, 3727-3741, doi:10.5194/acp-16-3727-2016, 2016.
- Hendriks, C. R. Kranenburg, J.J.P. Kuenen, B. Van den Bril, V. Verguts, M. Schaap, Ammonia emission time profiles based on manure transport data improve ammonia modelling across north western Europe, Atmospheric Environment, Volume 131, April 2016, Pages 83-96
- Jonkers S. en H. Denier van der Gon "Ontwikkeling van een quick scan voor methaan uit diffuse bronnen" LUCHT, juni 2016
- Meten fijnstof leidt tot actie: TNO wil het meten van fijnstof verder 'democratiseren' zodat wetende burgers hun handelen kunnen aanpassen.. Eindhovens dagblad 10 feb 2016
- TNOTime artikel benzeen sensor

### *Presentaties en proceedings*

- Denier van der Gon H., Emission inventories, presented at Regional air quality modelling with WRF-Chem: successes, opportunities and challenges, WRF-CHEM WORKSHOP, 15-16 SEPTEMBER 2016, Wageningen, The Netherlands
- Hulskotte, J., Possible evolution of BC emissions in European seas from 2012 to 2050, Presented at: Third ICCT Workshop on Marine Black Carbon Emissions: Measuring and controlling BC from marine engines, Vancouver September 7 and 8, 2016
- Denier van der Gon, H., Consistent Particulate Matter and Black carbon emission inventories for Europe, presented at the Sino-German symposium "Soot and its climatic, environmental and health impacts" Sino-German Science Center, June 26 –July 01, 2016, Beijing.
- Hendriks, C., R. Kranenburg, J.J.P. Kuenen, B. Van den Bril, V. Verguts, M. Schaap, Improved modelling of ammonia by using manure transport data, 10th International Conference on Air Quality - Science and Application , Air Quality 2016, Milan, 14-18 March 2016
- Kuenen, J. Discrepancies in Currently Reported PM Emissions, 17th Joint EIONET And UNECE Task Force On Emission Inventories and Projections Meeting Workshop On Condensables And Semi-Volatiles: 16th May 2016, Main TFEIP/EIONET Meeting: 17th-18th May 2016
- Denier van der Gon H. TNO/MACC/CAMS emission inventory, Joint ICOS Carbon Portal and EUROCOM Workshop, Lund Sweden, 22-23 juni 2016
- Wessels, P., van der Eerden, F., Basten, T., Innovaties in akoestische monitoring, RIVM Workshop 'Van geluid naar klankleur', RIVM Bilthoven, 2016

- Van der Eerden, F., Wessels, P., Segers, A. Basten, T., De Coensel, B., Botteldooren, D., Van Renterghem, T., DeKoninck, L., Spruytte, V., Makovec, A., Time varying sound propagation for a large industrial area, Internoise 2016, Hamburg, 2016
- Botteldooren, D., van Renterghem, T., De Coensel, B., DeKoninck, L., Spruytte, V., Makovec, A., van der Eerden, F., Wessels, P., Basten, T., Fusion of multiple microphone array data for localizing sound sources in an industrial area, Internoise 2016, Hamburg, 2016
- Wessels, P., van der Eerden, F., Basten, T., de Coensel, B., Botteldooren, D., van Renterghem, T., DeKoninck, L., Spruytte, V., Makovec, A., Removing local sound disturbances form industrial noise monitoring at long distance, Proceedings of the 22nd International Congress on Acoustics, Buenos Aires, 2016
- De Coensel, B., Botteldooren, D., van Renterghem, T., DeKoninck, L., Spruytte, V., Makovec, A., Wessels, P., van der Eerden, F., Basten, T., Robust microphone array beamforming for long-term monitoring for industrial areas, Proceedings of the 22nd International Congress on Acoustics, Buenos Aires, 2016
- Wessels, P.W., Geluidmonitor applicatie op smartphone, TNO Memorandum, DHW-TS-2016-0100297975, 2016
- Meijer, E.W., Presentatie Smart City dataplatform, RIVM Symposium "Samen meten aan Luchtkwaliteit", 7 dec 2017
- Presentatie UFP data op ISES2016 (oktober 2016)
- Presentatie POC SPMA op ISES2016

#### *Overige*

- LOTOS-EUROS User Guide, Reference Guide en Validatierapport
- LOTOS-EUROS open source website : <https://ecity.tno.nl/sites/OpenLE>
- Nijmegen luchtkwaliteitsdashboard  
<http://vps52331.public.cloudvps.com:3005/>
- Eindhoven AirEAS dashboard <http://vps52331.public.cloudvps.com:3004/>
- Source apportionment dashboard Amsterdam:  
<http://aqlabel.tno.nl/?dashboard=dash1>

#### *Circulaire Economie*

##### *Journal papers*

- Bastein, T., 2017. Evidence Based Narrative op het gebied van Sensor based waste management. In progress.
- Bastein, T.; Fischer, S., 2016. Solar Services: Potentials, drivers and barriers of a service based circular economy business model. Submitted to Journal of Industrial Ecology.
- Diaz Lope, F. J.; Bastein, T.; Tukker, A., 2016. Business model innovation for resource-efficiency: what 150 case studies tell us. Submitted to Ecological Economics.

##### *Reports*

- van Bree, Thijmen (TNO), Slob, Adriaan (TNO), 2016. D10.1 Draft report with indicator framework, indicator set and implementation roadmap. Deliverable DESIRE.
- van Bree, Thijmen & Slob, Adriaan [eds.], 2016. D10.2 Final report with indicator framework, indicator set and implementation roadmap. Deliverable DESIRE.
- Dellaert, S.N.C. (TNO); Denier van der Gon (TNO); H.A.C.; Oonk, H. (OonKAY!), 2016. WP4 – Decisions Support Tool - Mitigation of Landfill GHG emissions. Report WasteMiti<sup>2</sup>
- Stadler, Konstantin (NTNU), Wood, Richard (NTNU), Marques, Alexandra (CML), Tukker, Arnold (CML/TNO), 2016. D9.1 Report and data set with full set of resource-efficiency indicator results over time. Deliverable DESIRE.



- Tukker, Arnold (TNO/CML), de Koning, Arjan (CML), Stadler, Konstantin (NTNU), Wood, Richard (NTNU), Eisenmenger, Nina (Uni KLU), Lutter, Stephan (WU), Brückner, Martin (WU), 2016. D9.3 Report with recommendation on EE IO data simplification. Deliverable DESIRE.
- Usubiaga, Arkaitz (WI), Schepelmann, Philipp (WI), Freyling, Vera (WI), Vita, Gibran (NTNU), Stadler, Konstantin (NTNU), Wood, Richard (NTNU), Hertwich, Edgar (NTNU), van Bree, Thijmen (TNO), Brouwer, Jeroen (TNO) and Berrelkamp, Stefan (TNO), 2016. D8.2 Report on comparison of the calculation of resource productivity using GDP and novel reference indicators (Beyond GDP resource efficiency), Final report. Deliverable DESIRE.

*Presentaties en proceedings*

- Predictive Resource Planning: Coupling Construction Needs With Demolition Waste Forecasts; Elisabeth Keijzer, Jacco Jochemsen-Verstraeten, Sanne van Leeuwen, Mara Hauck, Elmer Rietveld; Life Cycle Assessment and Other Assessment Tools for Waste Management and Resource Optimization - Engineering Conferences International (ECI) June 5 -10, 2016; Cetraro (Calabria), Italy

## 5 Ondertekening

Delft, 28 februari 2017



L.J.J. Kusters  
Managing Director Urbanisation, TNO