

Smart Emission 2

Toolkit visualisatie sensor data

Einddocumentatie V3

CONCEPT

Versie 23-06-2020 om 16:00 uur

Auteurs: Thomas Geurts van Kessel
Stefan Knoet



HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen
Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: (088) 890 36 37

Documenttitel: Sensor Data Visualisatie Toolkit
Projectcode: 20400060

Status: CONCEPT v4.0

Opdrachtgever: Radboud Universiteit

Contactpersoon: Linda Carton

Accountmanager: Marien de Bakker

Projectleider: Vincent Wissink

Inhoudelijk expert: Mark Terlien & Paulo van Breugel

Projectteam: Stefan Knoet
Thomas Geurts van Kessel

Plaats: 's-Hertogenbosch

Datum: 17-06-2020

Voorwoord

Deze einddocumentatie is tot stand gekomen als resultaat van de afstudeeropdracht van de opleiding Geo Media & Design aan de HAS Hogeschool. Het doel van deze opdracht is om ervaring op te doen in het werkveld en zo te kijken of studenten klaar zijn om het werkveld in te gaan.

Als eerst willen wij de Radboud Universiteit bedanken voor de totstandkoming van deze afstudeeropdracht. Voor de begeleiding van deze opdracht willen wij in het bijzonder Linda Carton van de Radboud Universiteit en Vincent Wissink van de HAS Hogeschool bedanken. Hiernaast willen wij Elma Tenner bedanken voor de hulp bij de ontwikkeling van het platform. Tot slot willen wij alle betrokken personen bedanken voor het leveren van hun bijdrage.

Samenvatting

Binnen de Radboud Universiteit loopt het Smart Emission project. Het doel van dit project is om de luchtkwaliteit in Nijmegen in kaart te brengen, door middel van burgergroepen die actief bezig zijn met het meten van luchtkwaliteit. Dit project bestaat uit een viertal deelprojecten, die samen het bovenstaande doel moeten ondersteunen. Dit onderzoek focust zich op het deelproject 'Smart Emission 2'. Hierbij wordt er onderzoek gedaan om verschillende tools te ontwikkelen, waar sensordata mee gevisualiseerd en geanalyseerd kan worden. Vanuit deze gedachte is de onderstaande onderzoeksvraag opgesteld.

“Hoe kan ervoor worden gezorgd dat, met behulp van data analyse en -visualisatie tools, het SE data platform en andere sensor data platformen op het gebied van gebruikersvriendelijkheid en functionaliteit verbeterd worden?”

Met het resultaat uit dit onderzoek kunnen sensordata platformen, diverse data analyse- en visualisatie tools gebruiken om de functionaliteiten en gebruiksvriendelijkheid in het betreffende platform te verbeteren. Hierdoor worden actieve burgergroepen gestimuleerd om met sensor data aan de slag te gaan en kunnen er burgerwetenschappelijke onderzoeken gestart worden.

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is het van belang om een platform te ontwikkelen, waarmee sensordata geanalyseerd en gevisualiseerd kan worden. Om tot dit resultaat te komen dienen eerst de gebruikerswensen concreet te worden opgesteld. Deze wensen zijn verzameld uit de verschillende workshops en uit de ingevulde platformhandleidingen. Vervolgens zijn deze wensen omgezet naar eisen waar het platform aan dient te voldoen. Om te kijken waar binnen deze eisen de prioriteiten liggen is er gebruik gemaakt van het MoSCoW-model. Als resultaat hieruit is er een overzicht gecreëerd over het belang van elke eis bij de ontwikkeling van het platform.

Voordat er daadwerkelijk gestart kan worden met de ontwikkeling van het platform is er een literatuuronderzoek uitgevoerd naar diverse softwareprogramma's. Dit onderzoek heeft als doelstelling om een globaal overzicht te creëren of het betreffende softwarepakket mogelijk geschikt is voor de ontwikkeling van een platform. Hierbij is met name de focus gelegd of het qua kennis en tijd realistisch is om in het betreffende programma een platform te ontwikkelen. Bovendien is er onderzocht of het mogelijk is om met API's te werken. Met de uitkomsten uit deze onderzoeken zijn er diepgaandere literatuur- en praktijkonderzoeken uitgevoerd, met als doel om inzichten te verkrijgen of de eisen uit het MoSCoW-model toegepast kunnen worden binnen de softwareprogramma's. De belangrijkste conclusie die hieruit kan worden getrokken is dat RStudio het best gebruikt kan worden om het platform in te ontwikkelen. De voornaamste rede hiervoor is dat het programma open source is, waardoor het eenvoudig kan worden geïntegreerd binnen andere sensor data platformen.

Nu bekend is in welk programma het platform ontwikkeld wordt kan er begonnen worden met de ontwikkeling van het platform. De eerste stap, die hierbij is gezet is, het inlezen van de Samen Meten- en Lufddaten API in RStudio. De Samen Meten API bevat historische meetwaarden van acht sensorlocaties in Arnhem. De Lufddaten API bevat actuele meetwaarden van verschillende sensorlocaties in Nederland. Voordat API's binnen RStudio kunnen worden ingelezen is het belangrijk om te weten in welk bestandsformaat het beschikbaar wordt gesteld. Voornamelijk worden de API's als JSON formaat beschikbaar gesteld, zo ook de API's die zijn gebruikt in dit onderzoek.

Nadat de API's succesvol zijn ingeladen is het belangrijk om de betreffende data om te zetten naar een R bestand. Hierdoor wordt het mogelijk gemaakt om de data te bewerken, waardoor het kan worden gevisualiseerd binnen verschillende functionaliteiten. Bij de volgende stap wordt deze data namelijk gevisualiseerd in de functionaliteiten van het Hollandse Luchten Platform (RIVM). Dit platform is met behulp van RStudio ontwikkeld en bevat verschillende statische grafieken en analysemogelijkheden. Nadat deze functionaliteiten goed functioneren met de bewerkte data kan het aantal functionaliteiten worden uitgebreid. Zo is er onder andere een interactie grafiek- en kaart en een downloadfunctie toegevoegd. Bij de laatste stap is er nagedacht over het toekomstbeeld van het ontwikkelde platform. Zo is er een nieuw ontwerp opgesteld, waar nieuwe functionaliteiten aan zijn toegevoegd en is de lay-out aangepast. Het uitgangspunt hiervan is om de gebruiksvriendelijkheid van het platform te verbeteren.

Het eindresultaat van dit onderzoek is een platform, dat diverse analyse- en visualisatie tools bevat. Door middel van dit behaalde resultaat kan de onderstaande conclusie worden getrokken, waarbij antwoord wordt gegeven op de onderzoeksvraag.

“Door middel van goede communicatie met belanghebbende partijen zijn er diverse data analyse en -visualisatie tools ontwikkeld, die het SE data platform en andere sensor data platformen op het gebied van gebruiksvriendelijkheid en functionaliteit verbeteren”

Aan de hand van deze conclusie hebben actieve burgergroepen nu meer mogelijkheden om sensor data te analyseren- en te visualiseren, waardoor de drempel om gebruik te maken van sensor data wordt verlaagd. Hiernaast wordt het starten van burgerwetenschappelijke onderzoeken gestimuleerd. Tot slot kan het platform zelf ook door burgergroepen worden gebruikt. Om dit mogelijk te maken dienen er eerst een aantal vervolgstappen te worden gezet. Het doel van deze vervolgstappen is om de betrouwbaarheid van de data en de gebruiksvriendelijkheid van het platform te verbeteren. Deze vervolgstappen (adviezen) worden hieronder opgesomd.

- Breng in beeld wat de mogelijkheden zijn bij het opzetten en het implementeren van een database.
- Onderzoek de mogelijkheden voor het toepassen van een geschikte lay-out voor het platform.
- Werk de toekomstvisie verder uit, dat in hoofdstuk 7 wordt behandeld.
- Voeg extra informatie toe aan het platform over hoe de gebruiker de diverse functionaliteiten kan gebruiken.
- Bedenk een manier om de data actueel te houden.
- Zorg ervoor dat het platform door een organisatie wordt beheerd.
- Breid het aantal verwerkte API's verder uit.
- Verbeter de interactiviteit binnen de grafieken.
- Krijg de downloadfuncties werkend en verbeter hierbij de gebruiksvriendelijkheid.
- Voer (statische) analyses uit om de betrouwbaarheid van het platform te vergroten.
- Voer datacontroles uit om de nog aanwezige fouten uit de data te halen.

In de hoofdstuk discussie en adviezen worden de bovengenoemde vervolgstappen uitgebreid toegelicht en onderbouwd.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	7
Begrippenlijst	8
2. Sensor data platformen	9
2.1 Het SE data platform (Heron Viewer)	9
Conclusie	11
2.2 Samen meten sensor data platform (RIVM)	12
Conclusie	13
2.3 Lufdaten sensor data platform	14
Conclusie	14
2.4 Hollandse luchten platform	15
Conclusie	17
3. Wensenlijst	18
3.1 Platformhandleidingen	18
3.2 Workshop Smart Emission	20
4. MoSCoW-model	21
5. Mogelijkheden toolbox	23
5.1 Fundamentele informatie	23
5.1.1 API's	23
5.1.2 Dashboard	23
5.2 Mogelijkheden software	25
5.2.1 FME	25
5.2.2 ArcGIS Pro (Esri software)	27
5.2.3 RStudio	29
5.3 Conclusies literatuuronderzoek	34
5.3.1 Operation Dashboard (Esri)	35
5.3.2 Web App Builder (Esri)	37
5.3.3 FME (server)	39
5.3.4 RStudio	41

5.3.5 Conclusie softwareonderzoek.....	43
6. Ontwikkeling platform.....	45
6.1 Stappenplan.....	45
6.2 Fundatie en transformatie platform.....	46
6.3 Binnenhalen API's en databewerking.....	47
6.3.1 Stappenplan oproepen API	47
6.3.2 API Luftdaten.....	48
6.3.3 API Samen Meten.....	49
6.4 Visualisatie data en uitbreiding functionaliteiten	57
6.4.1 Functionaliteiten Hollandse Luchten platform	57
6.4.2 Functionaliteiten nieuw platform	59
7. Toekomstvisie.....	70
7.1 Onderzoek vormgeving.....	70
7.2 Schetsen indeling.....	71
7.3 Visuele uitwerking	73
7.4 Verbindingen leggen.....	76
8. Discussie	77
9. Advies	79
10. Conclusie	82
Bibliografie	83
Literatuurbronnen	83
Figuurbronnen	85

1. Inleiding

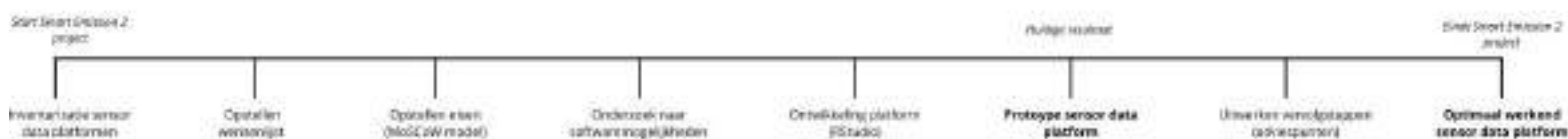
Binnen de Radboud Universiteit wordt er gewerkt aan het Smart Emission project. Het doel van dit project is om in Nijmegen de luchtkwaliteit in kaart te brengen. Dit dient gerealiseerd te worden door middel van burgergroepen die actief bezig zijn met het meten van luchtkwaliteit. Dit project bestaat uit een viertal deelprojecten, die samen het bovenstaande doel moeten ondersteunen. Eén van deze vier deelprojecten is het Smart Emission 1 project, waarbij met behulp van burgers, innovatieve sensing en ICT-technologie de lokale- en fysieke milieukwaliteiten in Nijmegen in kaart zijn gebracht. Hieruit is een actieve groep burgerwetenschappers voortgekomen met het meten en analyseren van sensor data. Echter lopen de burgers tegen het probleem aan dat er op dit moment weinig ondersteuning is om deze data te kunnen analyseren en visualiseren. Er zijn namelijk geen functionele tools aanwezig, waarmee de burgers met de sensor data aan de slag kunnen. De drempel om actief gebruik te maken van sensordata ligt hierdoor hoog en dit is iets dat tijdens dit project, genaamd 'Smart Emission 2', verbeterd dient te worden. Vanuit deze gedachte valt dan ook de volgende onderzoeksvraag te definiëren:

“Hoe kan ervoor worden gezorgd dat, met behulp van data analyse en -visualisatie tools, het SE data platform en andere sensor data platformen op het gebied van gebruikersvriendelijkheid en functionaliteit verbeterd worden?”

Door de bovenstaande onderzoeksvraag uit te werken wordt ervoor gezorgd dat actieve burgergroepen gestimuleerd worden om met sensor data aan de slag te gaan en kunnen er burgerwetenschappelijke onderzoeken gestart worden.

Deze onderzoeksvraag kan worden beantwoord door een platform te ontwikkelen, waarmee sensordata geanalyseerd en gevisualiseerd kan worden. Het projectgebied waar het platform zich op focust betreft de gemeente Arnhem. Om tot dit resultaat te komen zijn er gebruikswensen verzameld en in geprioriteerd aan de hand van het MoSCoW-model. Vervolgens zijn er verschillende praktijk- en literatuuronderzoeken uitgevoerd naar diverse softwareprogramma's, waar een platform mee ontwikkeld kan worden. Vanuit deze onderzoeken is ervoor gekozen om het platform te ontwikkelen in het softwareprogramma RStudio. Na het volgen van verschillende tutorials en het opdoen van ervaring, is het gelukt om diverse R-scripts op te stellen en te muteren, waardoor een sensor data platform is ontwikkeld (prototype). Dit platform maakt gebruik van de Samen Meten- en Lufdaten API, die in verschillende functionaliteiten zijn uitgewerkt. Voor deze uitwerking zijn verschillende externe adviezen toegepast. Deze adviezen hebben betrekking op het zorgvuldig- en efficiënt werken met programmeercodes en over het omgaan met programmeerfouten. De uitgewerkte functionaliteiten zijn afkomstig uit de R-scripts van het Hollandse Luchten platform (RIVM) en uit zelf opgebouwde R-scripts.

Aan de hand van dit onderzoek zijn er diverse analyse- en visualisatie tools ontwikkeld, die het SE data platform en andere sensor data platformen op het gebied van gebruikersvriendelijkheid en functionaliteit verbeteren. Hierdoor hebben actieve burgergroepen meer mogelijkheden om sensor data te analyseren- en te visualiseren, waardoor de drempel om gebruik te maken van sensor data wordt verlaagd. Hiernaast stimuleert dit resultaat het starten van burgerwetenschappelijke onderzoeken. Het platform zelf kan met een paar toevoegingen ook gebruikt worden door burgergroepen. Deze toevoegingen worden in de discussie en adviezen besproken en kunnen in een vervolgonderzoek worden aangepakt. Het gehele proces voor de uitvoering van het Smart Emission 2 project is overzichtelijk weergegeven in een tijdlijn, dat te vinden is op de volgende pagina.



Figuur 1: Proces uitvoering Smart Emission 2 project

Het desbetreffende document is ingedeeld in verschillende hoofdstukken. In het hoofdstuk 'Sensor data platformen' worden alle onderzoeken naar de huidige functionaliteiten binnen sensor data platformen toegelicht. In het hoofdstuk 'Wensenlijst' worden alle opgehaalde gebruikerswensen besproken. In het hoofdstuk 'MoSCoW-model' worden de gebruikerswensen omgezet naar eisen en vervolgens geprioriteerd, om te kijken welke eisen een belangrijke rol spelen bij de ontwikkeling van het platform. Het hoofdstuk 'Mogelijkheden toolbox' bevat de uitwerkingen van diverse literatuur- en praktijkonderzoeken die zijn uitgevoerd naar verschillende softwareprogramma's om een platform mee te ontwikkelen. In het hoofdstuk 'Ontwikkeling sensor data platform' worden alle uitgevoerde stappen uitgelegd die zijn gemaakt bij de ontwikkeling van het platform. Bij het hoofdstuk 'Conclusie' wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag. Bij het hoofdstuk 'Discussie' worden alle discussiepunten besproken, die invloed kunnen hebben op de behaalde resultaten. Aan elk discussiepunt worden één of meerdere adviezen meegegeven die tijdens een vervolgonderzoek opgepakt kunnen worden. In het hoofdstuk 'Adviezen' worden de adviespunten besproken, die tijdens een vervolgonderzoek kunnen worden opgepakt.

De bijlages zijn te vinden in het bijlagenboek (extern bestand). Het bijlageboek bevat de volgende bijlages: 1. Het Plan van Aanpak, 2. Platformhandleidingen, 3. Begrippenlijst, 4. Uitleg over gebruikte packages, 5. Opgestelde R-Scripts, 6. Uitleg over de functie GIT (versies) en 7. Schetsen voor de mock-ups.

Begrippenlijst

IDE: staat voor 'Integrated Development Environment' en wordt gedefinieerd als computersoftware die een softwareontwikkelaar ondersteund bij de ontwikkeling van dergelijke computersoftware (Busbee, z.d.).

IoT: staat voor 'Internet of Things' en ... (toevoegen)

PM (10 & 2,5): PM is een Engelse afkorting wat staat voor 'Particulate Matter', ook wel fijn stof genoemd. Het getal achter PM staat voor de grote van de fijnstofdeeltjes. PM10 staat voor fijnstof kleiner dan 10 μm en PM2,5 staat voor fijnstof kleiner dan 2,5 μm (RIVM, z.d. - a).

Reverse engineering: reverse engineering heeft diverse toepassingen, waaronder het creëren van concepten, plannen of documentatie van originele producten. In dit geval wordt het Hollandse Luchten platform gezien als een origineel product (Beugen, 2016).

SSL-versleuteld: Secure Socket Layer (SSL) is een beveiligingsprotocol dat zorgt voor een versleutelde verbinding tussen een webserver en een internetbrowser (Cloudflare, z.d.).

2. Sensor data platformen

Om inzichten te krijgen in de huidige functionaliteiten binnen verschillende sensor data platformen, is er een platformonderzoek uitgevoerd. Er wordt specifiek gekeken naar visualisatie-, analyse- en extra functionaliteiten: bij visualisatiefuncties wordt gekeken hoe de data visueel gerepresenteerd wordt, bij analysefunctionaliteiten wordt gekeken hoe de data met technieken bewerkt kan worden en bij extra functionaliteiten wordt gekeken over welke functies het platform nog meer beschikt.

Een sensor data platform is als het ware een IoT* platform voor het monitoren van sensor data. Een IoT platform is een platform die in verbinding staat met IoT apparaten, in dit geval sensoren. Sensoren verzamelen data, die vervolgens in een platform wordt opgeroepen en weergegeven (Heida, 2018).

In het onderzoek zijn de volgende platformen verwerkt: Het SE data platform, het Samen Meten platform, de Lufdaten platform en het Hollandse Luchten platform. De resultaten uit het onderzoek en de bijhorende conclusies worden in het hoofdstuk verder kort toegelicht.

2.1 Het SE data platform (Heron Viewer)

Het SE data platform komt voort uit het Smart Emission project (2014-2016). Bij het Smart Emission project werd het belang gelegd op het in kaart brengen van diverse milieukwaliteiten: luchtkwaliteit en geluid. In samenwerking met burgers zijn er een aantal sensoren verdeeld over de stad Nijmegen. Gedurende het project is getest of sensordata een bijdrage kan leveren bij het in kaart brengen van milieukwaliteiten op zowel lokaal- als stadsniveau. Om de data te verwerken en te visualiseren is er gekeken welke geo-infrastructuur nodig is om dit te waarborgen. Vanuit hier is men in samenwerking met CityGIS begonnen met het in elkaar zetten van een desktop sensor data platform, genaamd: 'Heron Viewer'. De Heron Viewer geeft burgers en betrokken partijen de mogelijkheid om de verzamelde milieukwaliteit sensordata te bekijken.

Bij het opstarten van de Heron Viewer komt een kaart tevoorschijn met alle beschikbare lagen, een tijdschaal, tips en een legenda (zie figuur 1). Op de kaart wordt de desbetreffende informatie, in dit geval de geselecteerde lagen, weergegeven. Het is vervolgens mogelijk om links in de viewer, bij lagen beheer, te kiezen welke lagen je aan of uit wilt hebben. In dit geval gaat het om lagen die de sensoren en bijhorende data weergeven. Alle actieve lagen worden weergegeven in de legenda.

Een gebruiker krijgt binnen de viewer ook de mogelijkheid om met de tijdschaal te spelen. In dit

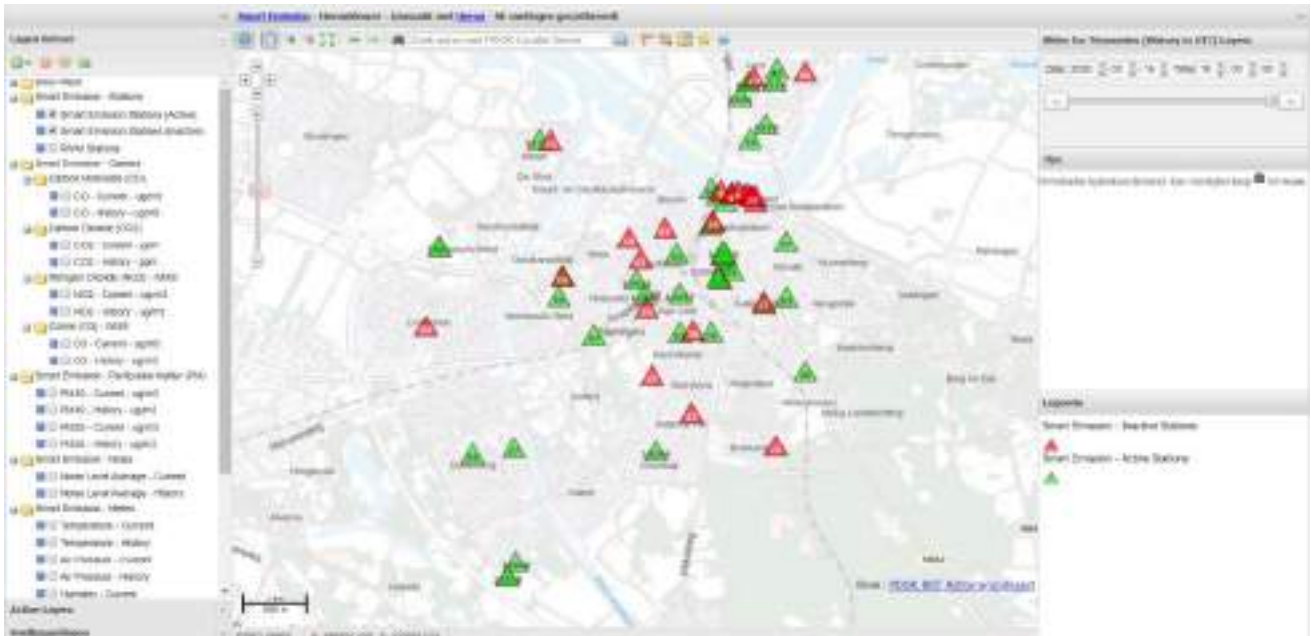


Figuur 1: de Heron Viewer (SE Data Platform)

geval

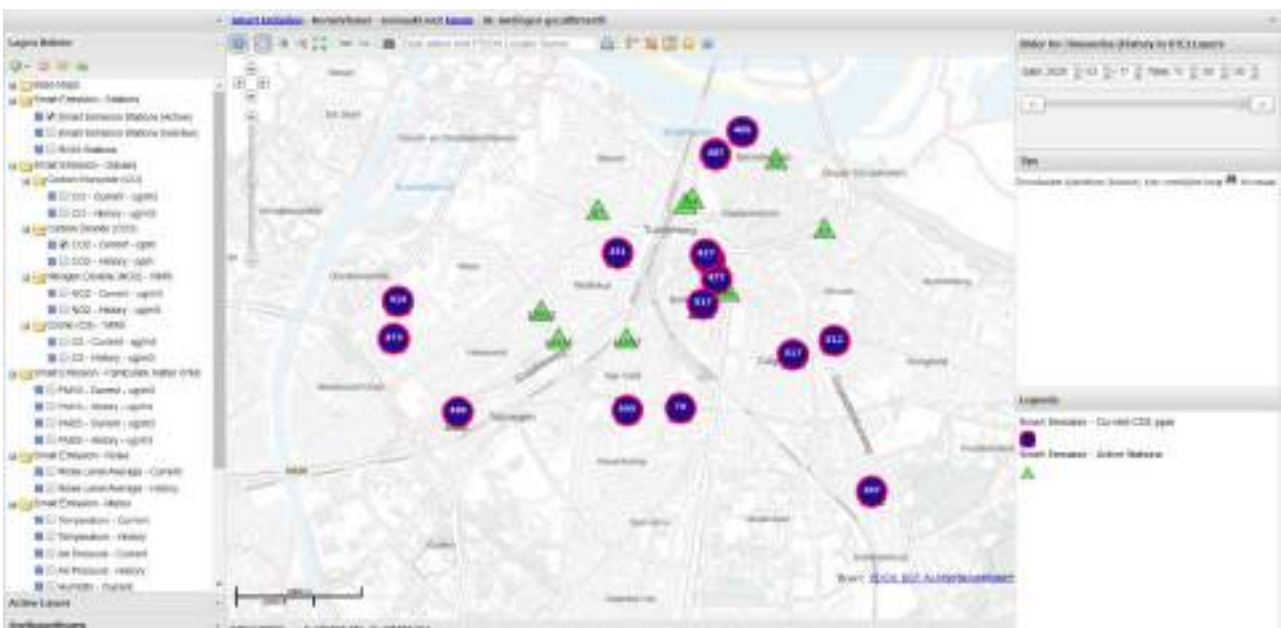
moet er een specifieke laag, waar 'history' in wordt benoemd, worden geselecteerd. Vervolgens kan de gebruiker kiezen op welke specifieke dag en tijdstip hij de data wilt weergeven.

De sensoren die binnen de viewer worden weergegeven zijn in te delen in drie categorieën: actieve-, inactieve- en RIVM sensoren. Bij twee categorieën worden de identificatienummers weergegeven op de kaart, hierbij gaat het om actieve- en inactieve sensoren (zie figuur 2).



Figuur 2: actieve- en inactieve sensoren met identiek identificatienummer in de viewer

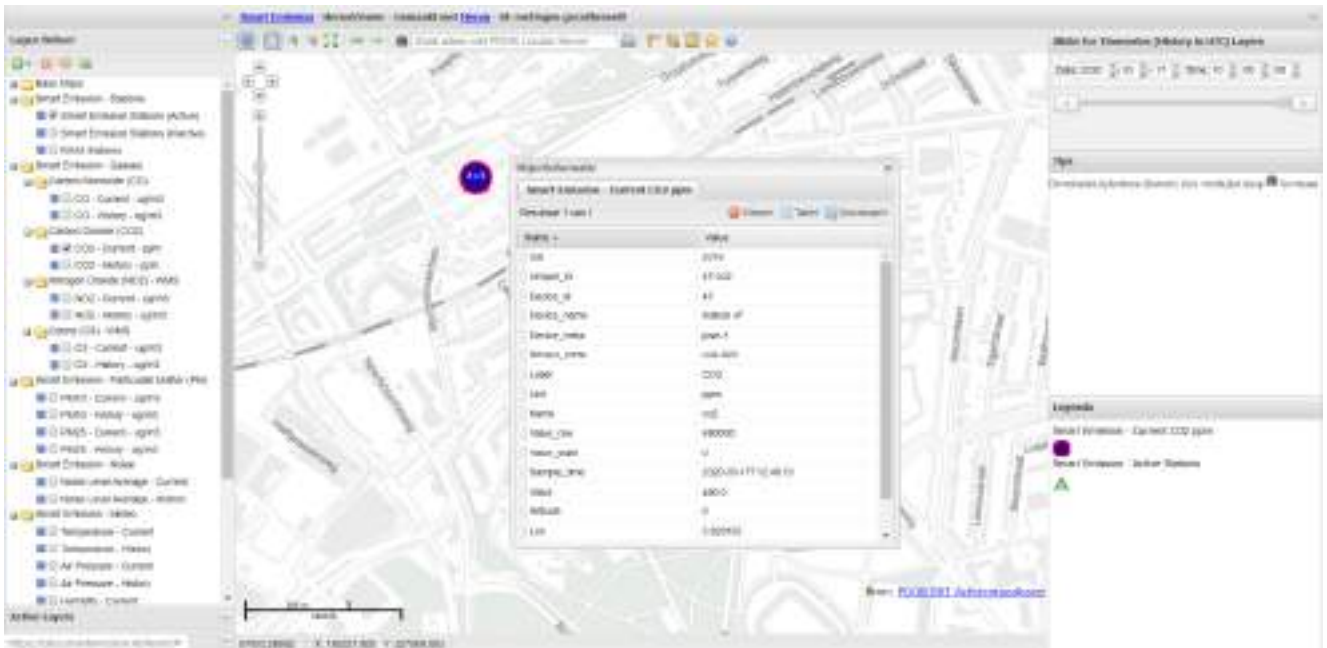
Zoals al eerder benoemd werd, krijgt de gebruiker de mogelijkheid om in de viewer de milieukwaliteit aspecten weer te geven. Wanneer een laag wordt geselecteerd, zal deze tevoorschijn komen op de kaart. Niet alle sensoren registreren alle milieukwaliteit aspecten, een goed voorbeeld hiervan is te zien op figuur 3. Bij de sensoren die de data - de milieukwaliteit aspect in kwestie - wel registreren, komt een icoon te staan waarin de waarde van het milieukwaliteit aspect wordt weergegeven.



Figuur 3: weergave milieukwaliteit aspect op de kaart, in dit geval koolstofdioxide

Wanneer er op een dergelijk icoon wordt geklikt, zoals een 'actieve' sensoricoon of een milieukwaliteit aspect, opent er een objectinformatie pop-up. In deze pop-up wordt alle informatie weergegeven die van belang is voor het desbetreffende object. In figuur 4 is een milieukwaliteit aspect icoon geselecteerd, waarvan de objectinformatie wordt weergegeven.

De informatie die wordt weergegeven in de pop-up is voor elk object anders. Wanneer een sensor wordt geselecteerd, zal de pop-up minder informatie bevatten. Wanneer een milieukwaliteit aspect geselecteerd wordt (te zien in figuur 4) wordt niet alleen de informatie over het aspect weergegeven, maar ook over de desbetreffende sensor waar de data vandaan komt.

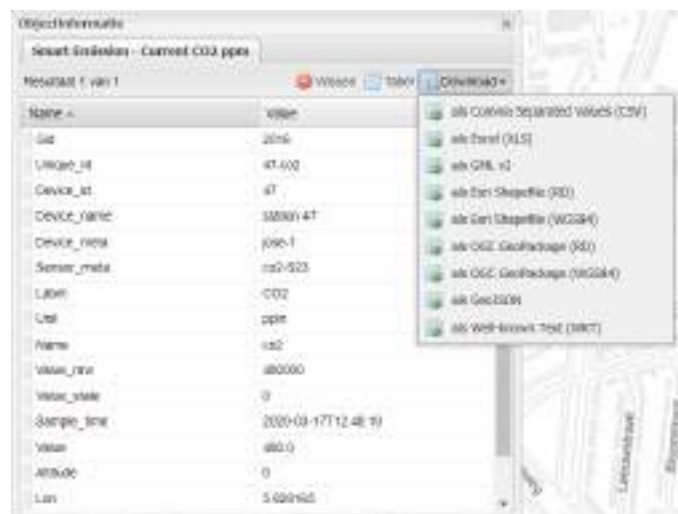


Figuur 4: geselecteerde milieukwaliteit aspect met bijhorende objectinformatie

Wanneer men gebruik wilt maken van de data, wordt er in de objectinformatie pop-up de mogelijkheid gegeven om de data van het geselecteerde object in verschillende bestandsformaten te downloaden (zie figuur 5).

Conclusie

Concluderend is het binnen dit platform alleen mogelijk om de sensordata in beperkte mate te visualiseren. Visualiseren is een groot woord voor dit platform, aangezien de enige visualisatie wordt gewaarborgd door de waarde in een icoon weer te geven. De mogelijkheid om de data in het platform te analyseren wordt niet gegeven. Binnen het platform wordt er geen dergelijke tool aangeboden waarmee de data zelf gevisualiseerd of geanalyseerd kan worden. Wel krijgt men de mogelijkheid om de data te downloaden en te analyseren, maar hier komt er een extern softwareprogramma bij kijken.



Figuur 5: data downloaden in diverse formaten

Bron (tekst/afbeeldingen): (Kadaster, 2020)

2.2 Samen meten sensor data platform (RIVM)

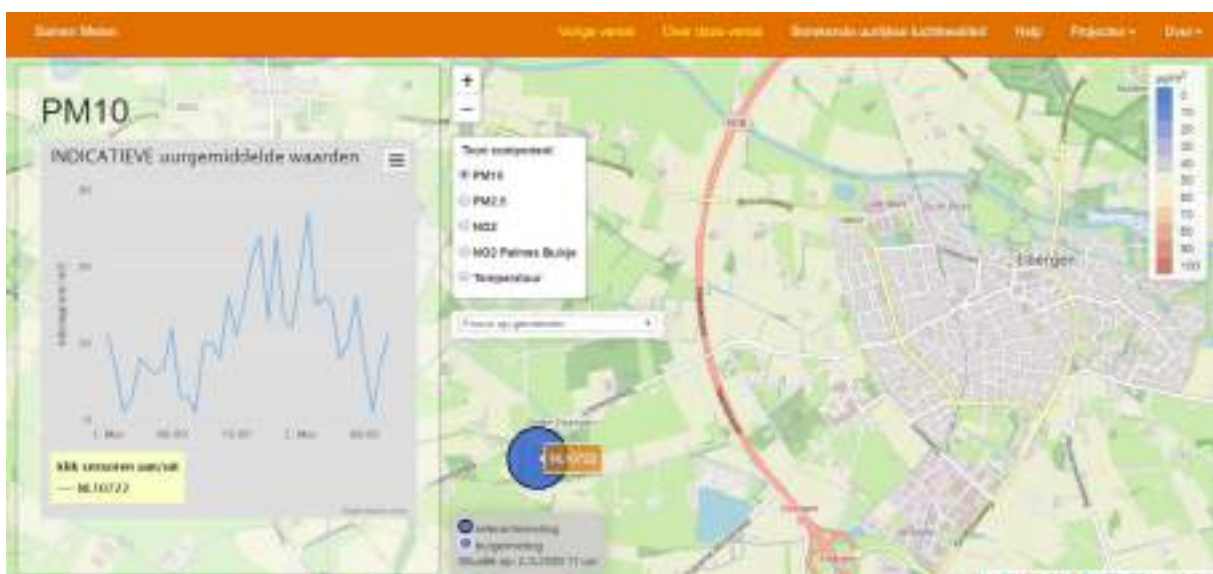
Het samen meten platform is tot stand gekomen om het mogelijk te maken om sensordata van de leefomgeving gemeten door burgers, overheden en andere partijen openbaar te stellen en te visualiseren. Het gehele platform zit nog in een experimentele fase.

Wanneer je het platform opstart krijg je een kaart te zien met verschillende sensoren die verschillende omgevingskwaliteiten meten (zie figuur 6). In de legenda kan je de verschillende één van de verschillende omgevingskwaliteiten aanvinken. Het is dus niet mogelijk om meerdere kwaliteiten tegelijk aan te vinken. Hiernaast is het mogelijk om je te focussen op de gemeente. De viewer zoomt dan automatisch naar de betreffende gemeente. Aan de symboliek (linksonder) is te zien welke metingen vanaf een meetstation zijn verricht en welke door de burger zelf zijn verricht. De kleuren van de cirkel geeft de waarde aan van een omgevingskwaliteit.



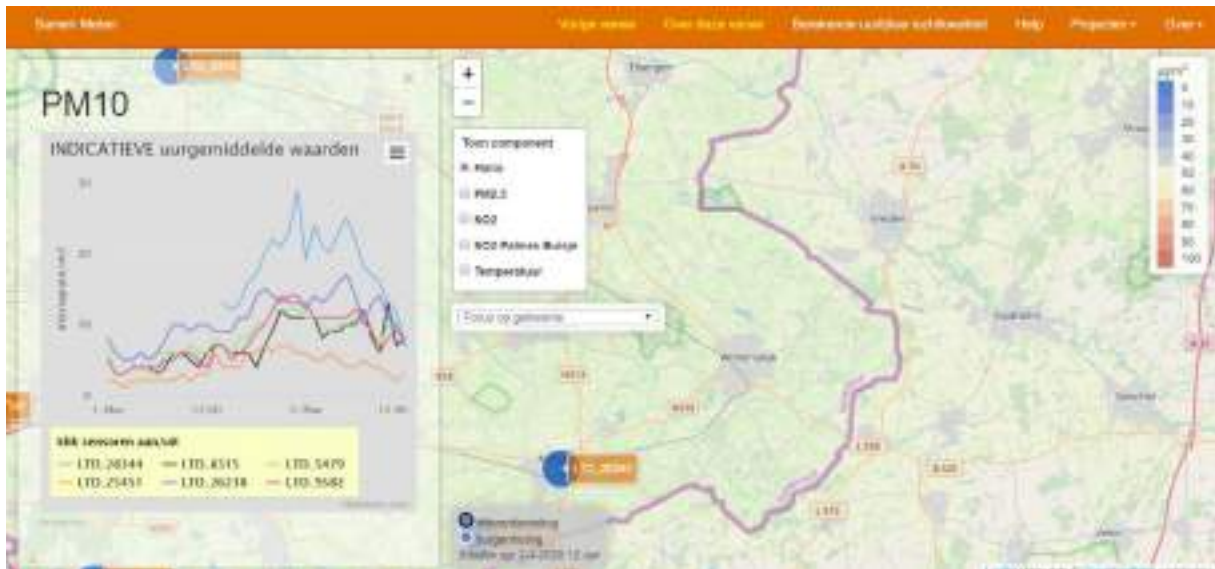
Figuur 6: Startscherm met de visualisatie van diverse sensorlocaties

Wanneer er inzoomt krijg je van de sensorlocaties die in beeld zijn automatisch een grafiek te zien (zie figuur 7). Hierbij heb je de mogelijkheid om de betreffende data van de afgelopen ander halve dag te bekijken. Hiernaast is het mogelijk om de data uit deze grafiek in verschillende bestandsformaten te downloaden.



Figuur 7: Automatisch pop-up scherm met de visualisatie van sensordata van één locatie

Wanneer er uitzoomt wordt en er meerdere sensorlocaties in beeld komen, wordt de data van deze sensoren weergegeven in de grafiek. Hierbij is het mogelijk om de sensoren uit de grafiek aan of uit te vinken. Dit is in de onderstaande figuur te zien.



Figuur 8: Automatisch pop-up scherm met de visualisatie van sensordata van meerdere locaties

Wanneer je op een sensorlocatie krijg je een pop-up scherm voor je, waarin een grafiek te zien is (zie figuur 9). In deze grafiek kan je data van de betreffende milieuaspecten bekijken en downloaden in verschillende bestandstypen. Hierbij is het ook mogelijk om de tijdspanne van de grafiek te veranderen en in te zoomen in de grafiek.

Naast de grafiek is er ook een kaart te zien, waarin verschillende referentiestationen in staan weergegeven (zie figuur 9). Een referentiestation dient als referentie voor de verkeersbelast en als achtergrondreferentie. Per sensorlocatie worden er voor elke omgevingskwaliteit verschillende referentiestationen gebruikt. Deze gegevens van deze stations staan ook in de grafiek weergegeven.



Figuur 9: Uitgebreid Pop-up scherm met de visualisatie van sensordata van één opgegeven locatie

Conclusie

Concluderend is het binnen dit platform alleen mogelijk om de sensordata te visualiseren en niet te analyseren. Wanneer je met deze data analyses zou willen uitvoeren dient deze data te worden gedownload en te worden uitgevoerd in andere programma's, zoals Excel.

Bron (tekst/afbeeldingen): (RIVM, 2020 - a)

2.3 Lufdaten sensor data platform

Lufdaten is een platform waar sensorstations worden weergegeven die wereldwijd luchtkwaliteit gerelateerde data verzamelen. Het doel van het platform is om transparantie, open data en citizen science te bevorderen.

Wanneer je het platform opstart krijg je een wereldkaart te zien met hexagon tegels van verschillende sensorlocaties (zie figuur 10). Links onderin het scherm heb je de optie om verschillende omgevingskwaliteiten weer te geven en in de legenda is te zien wat de waarden van de verschillende hexagonen zijn.

De accuraatheid van de sensorlocaties is afhankelijk van het schaalniveau. Wanneer je ver uitgezoomd bent zijn er verschillende sensoren opgenomen in één hexagon tegel. Wanneer je inzoomt worden er steeds minder sensoren opgenomen binnen één hexagon tegel en wordt het beeld dus steeds nauwkeuriger.



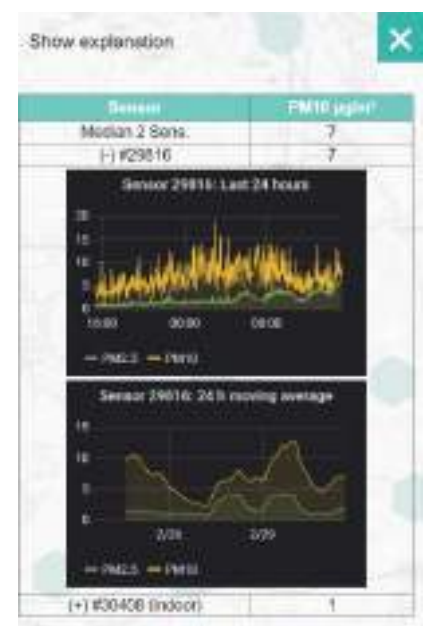
Figuur 10: Startscherm met de visualisatie van sensorgegevens van meerdere locaties in de vorm van hexagon

Wanneer je op een hexagon klikt krijg je een scherm (tabel) in beeld, waarin de betreffende sensoren met omgevingskwaliteiten in staan weergegeven. Vervolgens kan je binnen de tabel elke sensor apart aanklikken waarbij er twee grafieken in beeld komen (zie figuur 11). Deze grafieken dienen als visualisatie van de data die bij de desbetreffende sensor hoort. Eén grafiek geeft de gemeten data van de afgelopen 24 uur weer en de tweede grafiek geeft hier per kwartier een gemiddelde van.

Bij de grafieken is het nog mogelijk om in te zoomen op specifieke stukken, om zo een betere inzage te krijgen op specifieke tijdstippen. Daarnaast krijg je ook de mogelijkheid om annotaties toe te voegen en de kleuren in de grafiek aan te passen.

Conclusie

Concluderend is het op dit moment binnen het platform alleen mogelijk om de sensordata te visualiseren en niet te analyseren. Hiernaast is het niet mogelijk om de sensordata te downloaden.



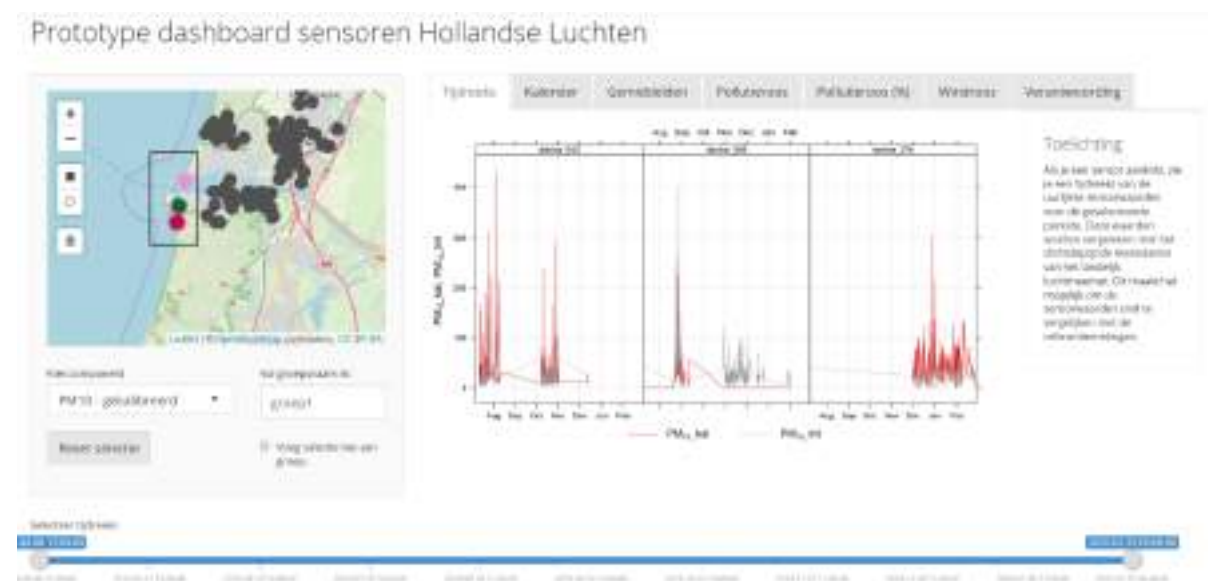
Figuur 11: Visualisatie van sensorgegevens in de vorm van grafieken

Bron (tekst/afbeeldingen): (Lufdaten, 2020)

2.4 Hollandse luchten platform

Het 'Hollandse Luchten platform' bestaat uit een dashboard dat wordt beheerd door het RIVM. Dit platform is tot stand gekomen om dat burgers, overheden en andere partijen de mogelijkheid te geven om op een snellere manier zelf een use case (probleem) kunnen analyseren en visualiseren. Het gehele dashboard zit nog in een experimentele fase. De getoonde sensordata is afkomstig van het 'samen meten dataportaal' en worden eens in de maand geüpdatet.

Op het dashboard is links een kaartje te zien, waar een aantal sensoren in staan weergegeven (zie figuur 12). Deze sensoren winnen data in dat vervolgens op dit platform wordt weergegeven. Deze data bevat gegevens over verschillende milieuaspecten die in een grafiek te visualiseren zijn. De grafiek wordt getoond, wanneer je op één van de sensoren klikt. Hierbij is het ook mogelijk om van meerdere sensoren grafieken te laten tonen, waardoor je ze één op één met elkaar kunt vergelijken. Dit is mogelijk door een vierkant of een cirkel in de kaart te tekenen of door meerdere sensoren aan te klikken. De gemaakte selectie is te verwijderen door op het prullenbark icoontje te klikken of door nogmaals op een sensor te klikken.



Figuur 12: Startscreen met de visualisatie van diverse sensoren

Naast het visualiseren van de sensordata is er binnen dit platform meer mogelijk. Zo kan je in het bovenstaande menu op 'kalender' klikken, waarna je van elke dag uit de geselecteerde tijdsreeks de gemiddelde dagwaarde te zien krijgt (zie figuur 13). Deze tijdsreeks is onderin het dashboard te zien en kan worden aangepast door de balk te verslepen.

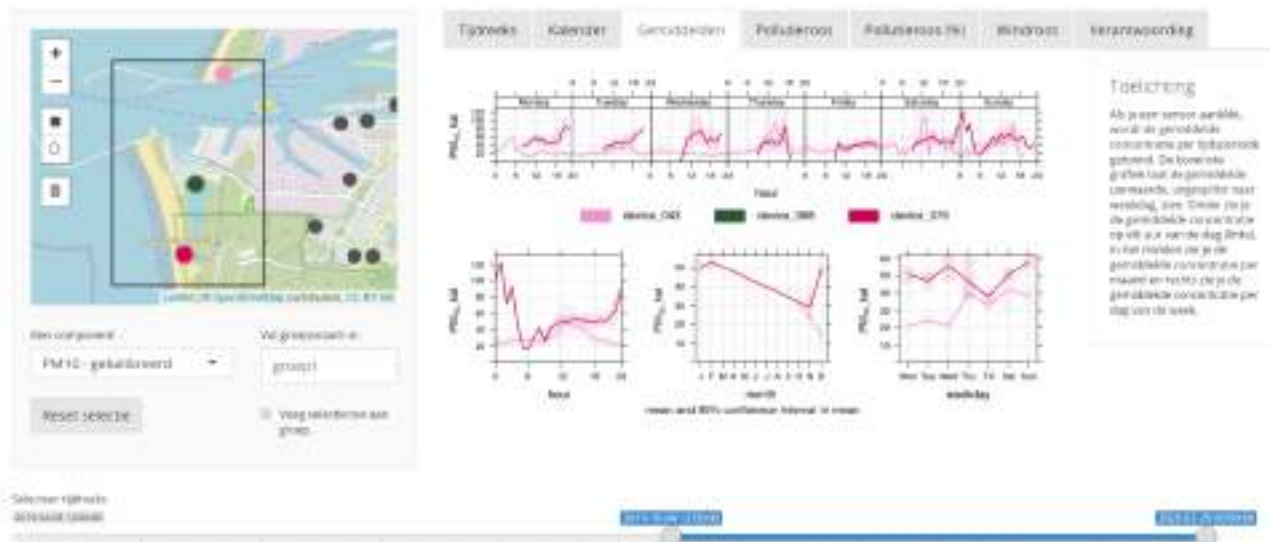
Prototype dashboard sensoren Hollandse Luchten



Figuur 13: Visualisatie van diverse sensoren in gemiddelde dagwaardes

Binnen het kopje ‘gemiddelden’ worden er gemiddeldes weergegeven van de geselecteerde tijdsreeks in verschillende tijdsperiodes. Deze tijdsperiodes worden weergegeven in uur, week- en maandgemiddeldes. Zo geeft bijvoorbeeld het weekgemiddelde het gemiddelde weer van alle weken samen in de geselecteerde tijdsreeks. Tot slot wordt er een tijdsperiode weergegeven, waarbinnen de gemiddelde uur waardes, uitgesplitst naar weekdays te zien zijn. Dit alles is in de onderstaande figuur te zien.

Prototype dashboard sensoren Hollandse Luchten



Figuur 14: Visualisatie van diverse sensoren op basis van gemiddelden

Binnen dit dashboard heb je ook de mogelijkheid om analyses uit te voeren. Zo is mogelijk om van een geselecteerde sensor een pollutieroos te bekijken (zie figuur 15). Deze pollutieroos geeft per windrichting het gemiddelde van de sensormetingen weer (op basis van de tijdsselectie), wanneer de wind uit die richting waait.

Daarnaast is het mogelijk om van een geselecteerde sensor een windroos te bekijken. Deze windroos geeft weer in hoeveel procent van de tijd de wind uit een bepaalde richting komt en met welke snelheid dit dan gebeurt. Door deze resultaten te vergelijken met de resultaten uit de pollutieroos kan je analyseren of er verbanden te zien zijn.



Figuur 15: Analyseren van de sensordata op basis van een pollutieroos

Conclusie

Concluderend is het binnen dit platform mogelijk om de sensordata te visualiseren en te analyseren. Deze analyses kunnen uitgevoerd worden door de visualisaties (afbeeldingen) van bepaalde fenomenen, die iets kunnen vertellen over de sensorwaarden (pollutie en wind) met elkaar te vergelijken. Deze visualisaties worden door het dashboard zelf gemaakt. Het is dus niet mogelijk om met behulp van een tool deze sensordata zelf te analyseren of te visualiseren. Tot slot is het niet mogelijk om deze sensordata te downloaden.

Bron (tekst/afbeeldingen):

(RIVM, 2020 - b)

3. Wensenlijst

Bij de ontwikkeling van een platform spelen de eindgebruikers een cruciale rol. De eindgebruikers zijn essentieel voor het leveren van belangrijke input voor een, in dit geval, nieuw te ontwikkelen sensor data platform. Om ervoor te zorgen dat het platform zo goed mogelijk aansluit op de desbetreffende eindgebruikers, is er onderzocht waar gebruikers belang aan hechten wanneer ze een dergelijk sensor data platform gebruiken. Om dit te onderzoeken zijn er platformhandleidingen opgesteld voor de sensor data platformen die zijn behandeld in hoofdstuk 2. Naast de input vanuit deze handleidingen is er vanuit een georganiseerde workshop waardevolle informatie meegenomen in het opstellen van de eisen.

3.1 Platformhandleidingen

Om op een effectieve manier de belangen te inventariseren, zijn er platformhandleidingen opgesteld. In elke handleiding wordt de gebruiker stapsgewijs door het platform geleid, waarbij er tussendoor een viertal van vragen wordt gesteld over de desbetreffende functies. Vervolgens wordt er op het einde van een handleiding aan de gebruiker gevraagd om enige plus- of minpunten te noteren, om zo een overzicht te creëren welke elementen van het platform zijn bijgebleven in een positieve of negatieve manier. Uiteindelijk zijn de ondervonden plus- en minpunten de belangrijkste input voor het in kaart brengen van de eindgebruikerswensen.

In dit hoofdstuk worden de genoteerde plus- en minpunten onder de loep genomen. In totaal zijn er zeven eindgebruikers betrokken geweest in het proces, waarvan de bijhorende platformhandleidingen te vinden zijn in bijlage 2. Als laatste wordt er een overzicht gecreëerd welke wensen worden meegenomen voor de ontwikkeling van de toolbox.

In tabel 1 en 2 wordt de desbetreffende informatie weergegeven over de plus- en minpunten die vanuit ingevulde platformhandleidingen zijn onderverdeeld in categorieën. In elke tabel wordt weergegeven: een algemene categorie beschrijving, hoe vaak het desbetreffende punt is benoemd en in welke platformhandleiding(en) het voorkomt.

De platformhandleidingen worden in de tabellen weergegeven als een cijfer, die voortkomt uit de volgende opsommingslijst:

1. Het SE data platform
2. Het Hollandse Luchten platform
3. Het Samen Meten platform
4. Het Lufdaten platform

Pluspunten

In elke platformhandleiding zijn een aantal pluspunten genoteerd. In tabel 1 is een overzicht gecreëerd van de pluspunten die zijn benoemd in de platformhandleidingen. Om dit overzichtelijk te houden worden de pluspunten beschreven in steekwoorden, wordt er aangegeven hoe vaak een specifiek pluspunt is benoemd en in welke handleidingen deze benoemd is.

Tabel 1: overzicht genoteerde pluspunten. Bron: bijlage 2

Pluspunt	Beschrijving	Aantal x benoemd	Platforms
Selectiefunctie;	Meerdere sensoren tegelijk	5 x	[2] [3]
Gemiddelden;	Dag- en uurgemiddelden sensorwaarden	2 x	[2]
Visualisaties;	Visuele weergave sensorwaarden	15 x	[1] [2] [3] [4]
Flexibiliteit;	Speling in gebruik toepassingen	6 x	[1] [2]
Tijdbalk;	Speling met tijdselement sensorwaarden	3 x	[1]
Overzichtelijkheid;	Functies makkelijk te vinden	6 x	[3] [4]
Downloadbaar;	Sensorwaarden zijn te downloaden	4 x	[1] [3]

Minpunten

In elke platformhandleiding zijn een aantal minpunten genoteerd. In tabel 2 is een overzicht gecreëerd van de minpunten die zijn benoemd in de platformhandleidingen. Om dit overzichtelijk te houden worden de minpunten beschreven in steekwoorden en wordt er aangegeven hoe vaak een bepaald minpunt is benoemd in de handleidingen.

Tabel 2: overzicht genoteerde minpunten. Bron: bijlage 2

Minpunt	Beschrijving	Aantal x benoemd	Platforms
Legenda's;	Omschrijving weergave sensorwaarden	1 x	[1]
Handleidingen;	Beschrijving toepassing/gebruiken tool	4 x	[1] [4]
Visualisaties;	Visuele weergave sensorwaarden	10 x	[1] [2] [4]
Downloadbaar;	Sensorwaarden zijn te downloaden	7 x	[2] [4]
Combineren;	Combinaties weergave sensorwaarden	3 x	[2] [4]
Flexibiliteit;	Speling in gebruik toepassingen	1 x	[2]
Informatieweergave;	Weergave noodzakelijk informatie	5 x	[1] [3] [4]
Analysemogelijkheid;	Uitvoeren analyse over sensorwaarden	4 x	[1] [4]

3.2 Workshop Smart Emission

Op vrijdag 13 maart is er een workshop gehouden met verschillende betrokken partijen vanuit projecten Smart Emission en Smart Emission 2. In dit geval ging het om het Kadaster, de NWO, de universiteiten van Wageningen en Twente, Intemo en betrokken sensorhouders. De workshop maakte deel uit van de eerste projectbijeenkoms voor het Smart Emission 2 project. Gedurende de workshop vond er eerst een algemene introductie plaats waarna het viertal van sensor data platformen zijn doorlopen en behandeld.

De workshop is door de coronacrisis via Skype gehouden, waardoor het lastig was om interactie te creëren met de eindgebruikers. Toch is het nog gelukt om interactie te creëren en hieruit gebruikerswensen te formuleren. Deze wensen staan hieronder weergegeven:

- Inzicht krijgen in de ruwe data (hoe is dit verwerkt?)
- Inzichten krijgen in de gevisualiseerde data (metadata)
- De tool goed laten aansluiten op de kennis van de eindgebruiker
- Op een simpele manier data visualiseren/analyseren
- Transparantie workflow (op welke manier wordt de data bewerkt?)
- Visualisatie meteogegevens (weersinvloeden)
- Informatie over de sensoren (zoals sensorhouder en sensortype)

Uit de resultaten van de platformhandleidingen en de workshop komt naar voren dat de eindgebruiker belang hecht aan de bovenstaande resultaten. De belangrijkste meerwaarde hieruit voor ons project is het visualiseren van de sensorwaardes. Daarnaast wordt er ook belang gelegd bij het downloaden van de data en hoe overzichtelijk en transparant (metadata) het platform is. De wensen die naar voren zijn gekomen uit de handleidingen en de workshop worden meegenomen

Voor het opstellen van de eisen die in één MoSCoW model worden geprioriteerd. De totstandkoming van dit model wordt in het volgende hoofdstuk verder toegelicht.

4. MoSCoW-model

Zoals al eerder is vermeld is het hoofddoel van dit onderzoek om een toolbox met data analyserende en -visualiserende tools te ontwikkelen. Voordat hiermee gestart kan worden is het van belang om te kijken waar de prioriteiten liggen. Om dit inzichtelijk te maken zijn er eerst verschillende eisen opgesteld waar de toolbox aan dient te voldoen. Deze eisen zijn met name van toepassing op de gebruiksvriendelijkheid en functionaliteit van de toolbox. Naderhand zijn deze eisen in een MoSCoW model gestopt, waarbij ze worden onderverdeeld in de onderstaande vier categorieën:

- **Must have's:** Deze eisen moeten in de toolbox verwerkt worden anders is het product niet bruikbaar. Tijdens de ontwikkeling van de toolbox ligt hier de focus op.
- **Should have's:** Deze eisen zijn zeer gewenst, maar zonder deze eisen is het product wel bruikbaar. Tijdens de ontwikkeling van de toolbox wordt er geprobeerd om zoveel mogelijk eisen hieruit mee te nemen.
- **Could have's:** Deze eisen zullen alleen aan bod komen als er tijd over is.
- **Would have's:** Deze eisen worden in dit gehele onderzoek niet meegenomen. Deze eisen kunnen wellicht in een vervolgonderzoek interessant zijn.

Aan de hand van dit model wordt er een overzicht gecreëerd over het belang van elke eis bij het de ontwikkeling van de toolbox. In de onderstaande lijst zijn deze uitwerkingen van het MoSCoW model te vinden. Deze lijst is tot stand gekomen vanuit een workshop met diverse betrokken partijen en vanuit eigen ondervonden bevindingen. De eisen dienen als vertaling voor de wensen die vanuit de eindgebruikers naar voren zijn gekomen (zie hoofdstuk 2).

Het MoSCoW-model

Must have's

1. *Aansluiting probleemstelling:* De toolbox dient aan te sluiten op de probleemstelling van de casus 'Luchtkwaliteit Arnhem'. Deze casus is tot stand gekomen uit een samenwerking tussen de gemeente Arnhem en een burgerinitiatief, die een start hebben gemaakt om met behulp van sensoren de luchtkwaliteit (fijnstof) in de stad te meten.
2. *Weergeven van metadata:* wat wordt er voor data weergegeven; waar komt het vandaan, zijn er bewerkingen doorgevoerd, de datum van publicatie en met welke sensor wordt er gemeten.
3. *Kennisniveau:* het product moet aansluiten op het kennisniveau van de gebruiker.
4. *Open data:* de data, die wordt weergegeven in een platform, moet voor de gebruiker ook te gebruiken zijn buiten het platform om.
5. *Integreerbaar:* het moet mogelijk zijn om producten in meerdere sensor data platformen te integreren en te gebruiken.
6. *Functionaliteit:* in het product zijn er nauwelijks tot geen fouten aanwezig die de functionaliteiten beïnvloeden.
7. *Grafieken:* binnen de toolbox moet het mogelijk zijn om de data weer te geven in een overzichtelijke grafiek met bijhorende elementen zoals; de x/y assen en de legenda.
8. *Kaarten:* binnen de toolbox moet het mogelijk zijn om de data weer te geven in een overzichtelijke kaart met bijbehorende legenda.
9. *Gebruik data:* de sensordata die binnen het platform gebruikt kan worden, dient uit meerdere open sensor data platformen gehaald te worden (API's).
10. *Overzichtelijk:* De toolbox dient op een begrijpelijke manier ingedeeld te worden.
11. *Opensource mogelijkheid:* bij de ontwikkeling wordt er gebruik gemaakt van opensource software, waardoor de ontwikkelde producten in een breder spectrum verwerkt kunnen worden.
12. *Combineren objecten:* het moet mogelijk zijn om data van verschillende objecten met elkaar te vergelijken en combinaties te maken. Een voorbeeld hiervan is om de data uit meerdere

sensorlocaties te visualiseren in één grafiek, waardoor het mogelijk wordt gemaakt om hieruit vergelijkingen te maken.

Should have

13. *Inzicht geven leefomgeving*: de gebruiker krijgt de mogelijkheid om inzicht te krijgen hoe het gaat met zijn/haar leefomgeving.
14. *Weersinvloeden*: het wordt mogelijk gemaakt om weersinvloeden, zoals wind of regen, te kunnen combineren met de data in het platform.
15. *Toolbeschrijving*: het toevoegen van een overzichtelijke en duidelijke beschrijving over het product, wanneer er bij gebruik enige kennis vereist wordt.
16. *Milieukwaliteit beschrijving*: het toevoegen van een duidelijke beschrijving over de milieukwaliteit(en) die geselecteerd zijn.
17. *Opvragen tijdreeks*: de gebruiker krijgt de mogelijkheid om een tijdreeks op te kunnen vragen van een aantal sensorlocaties.
18. *Tijdsvergelijking*: de gebruiker kan verschillende tijdspannes zelf instellen (uren, dagen en weken). Hierdoor kunnen meerdere sensoren beter met elkaar vergeleken worden.
19. *Instellingen*: de gebruiker krijgt de mogelijkheid om een aantal dingen aan te passen binnen de toolbox, zoals: de weergave van grafieken en achtergrondkaarten.
20. *Eenvoud ontwikkeling*: Het moet met onze kennis mogelijk zijn om de toolkit te ontwikkelen.
21. *Downloadbaar*: de gebruiker kan de data, data-analyses en datavisualisaties in meerdere bestandformaten downloaden en vervolgens gebruiken voor andere doeleinden.

Could have

22. *Dynamische weergave data*: of de data wordt dynamisch weergegeven, of de gebruiker krijgt de mogelijkheid om de data dynamisch weer te geven.
23. *Design*: de data moet zo gevisualiseerd worden, dat deze aansluit bij meerdere platformen en niet bij een enkel platform.
24. *Ruwe data*: het dient mogelijk te zijn om de ruwe data van een sensor te downloaden.

Would have

25. *Puntenwolk*: Het moet mogelijk zijn om met behulp van een puntenwolk (interpolatie) een fijnstofwolk te genereren.
26. *Geluidsanalyses*: Met verschillende tools moet het mogelijk zijn om analyses uit te voeren op het gebied van geluid.

5. Mogelijkheden toolbox

Voordat er gestart kan worden met het ontwikkelen van het platform, dient er onderzoek te worden gedaan naar de softwaremogelijkheden waarin dit gerealiseerd kan worden. Hierbij is het belangrijk om te bekijken of het binnen de softwaremogelijkheid op een realistische manier mogelijk is om het platform in te ontwikkelen. Hiermee wordt bedoeld dat het mogelijk moet zijn om met de huidige kennis en rekening houdend met de benodigde tijd mogelijk moet zijn om het platform te kunnen ontwikkelen. Tot slot is het belangrijk dat het ontwikkelde platform in een eventueel later stadium geïntegreerd kan worden binnen andere applicaties. Dit is te realiseren door gebruik te maken van API's. De betekenis en werking van API's worden in het onderstaande kopje verder toegelicht. De softwareprogramma's waar uiteindelijk een literatuuronderzoek voor is uitgevoerd zijn RStudio, FME diverse tools binnen de Esri software. Tot slot is er gekeken welk softwareprogramma het beste aansluit aan de eisen uit het MoSCoW-model.

5.1 Fundamentele informatie

5.1.1 API's

In de eerste plaats is het belangrijk om te weten wat een API is, zodat er gericht gekeken kan worden welke softwareprogramma's dit ondersteunen. Een API staat voor Application Programming Interface. Een API maakt het mogelijk om andere systemen toegang te geven tot een ander systeem. In andere woorden maakt een API het mogelijk om verschillende systemen met elkaar te laten communiceren en gegevens uit te wisselen.

Om het heel simpel uit te leggen kan een API vergeleken worden met een stekker van een stekkerdoos. De stekkerdoos kan je zien als het systeem en de stekker als de API. Wanneer de stekker in de stekkerdoos past kunnen ze met elkaar communiceren. Echter zijn er wereldwijd verschillende stekkerdozen, waardoor het niet altijd past. De documentatie van de API verteld dan op welke stekkerdozen de stekker daadwerkelijk past.

Een voorbeeld van een API is de volgende link <http://xml.buienradar.nl/>. Deze link geeft je een XML beschrijving over het weer in Nederland. Op basis van dit bestand kan je het mogelijk maken om in je eigen applicatie het weer uit deze API te lezen en te visualiseren in je applicatie (B. Timmers, 05-06-2018).

Voor ons project is het uiteindelijk dus de bedoeling dat de ontwikkelde tool kan worden weggeschreven als een API, waarmee het mogelijk wordt gemaakt om de tool te kunnen integreren binnen andere sensor data platformen. Het is dus niet de bedoeling dat wij de tool zelf gaan integreren op andere platformen. De belangrijkste partijen die gebruik zullen maken van deze API zijn het Kadaster en het RIVM. Met behulp van deze API hebben zij de mogelijkheid om te toolbox te integreren of na te bouwen naar eigen wensen.

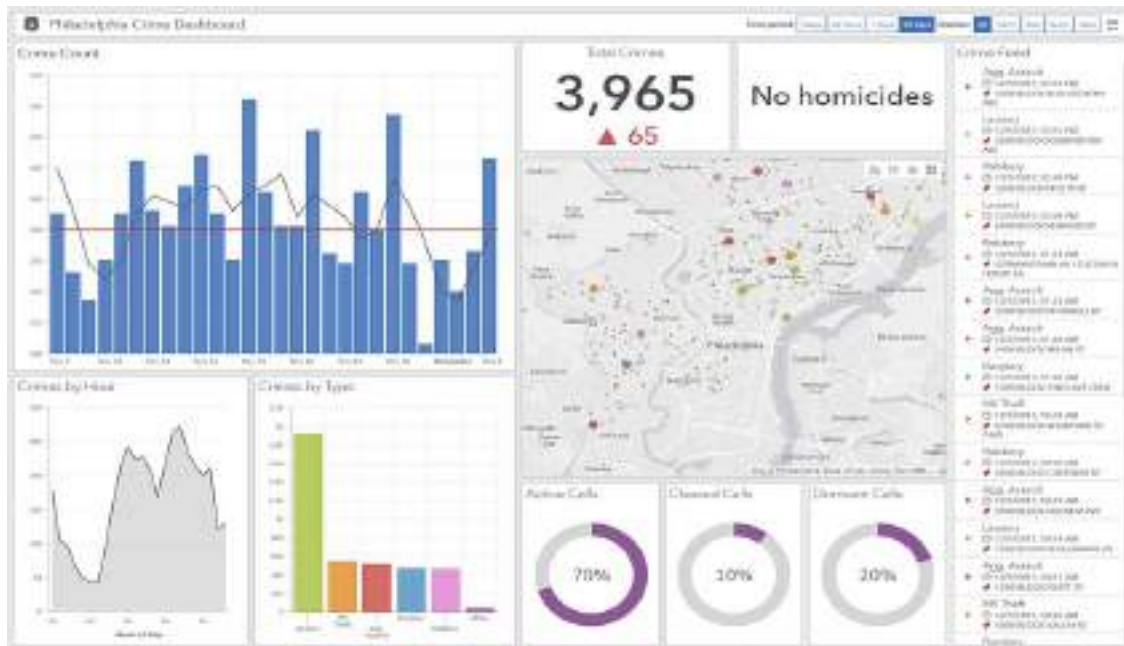
5.1.2 Dashboard

Tijdens de opleiding zijn er verschillende momenten geweest waarop er is gewerkt met dashboards. Tijdens de inventarisatie van de gebruikerswensen (MoSCoW lijst) werd al snel verondersteld dat wellicht veel eisen hierin verwerkt kunnen worden. Om een goed beeld te krijgen naar de mogelijkheden is er een literatuuronderzoek en een diepgaand praktijkonderzoek naar de Operation Dashboard tool (Esri) uitgevoerd. De resultaten uit het literatuuronderzoek zijn hieronder te lezen.

Een dashboard is een applicatie, waarin je de mogelijkheid hebt om geografische informatie op een overzichtelijke manier te visualiseren en te monitoren. Dashboards zijn ontworpen om op één scherm meerdere elementen weer te geven dat samen één verhaal vertellen. Deze elementen bieden een uitgebreid overzicht van je gegevens en maken in één oogopslag de belangrijkste inzichten inzichtelijk. Voorbeelden van elementen zijn kaarten, grafieken, lijsten en meters. Met deze

elementen kan worden gespeeld om duidelijker te maken waar de aandacht op gevestigd moet worden.

Dashboards kunnen voor allerlei verschillende doeleinden gebruikt worden. Zo kunnen ze bijvoorbeeld ontworpen worden om te vertellen wat er op dit moment gebeurt, om hier activiteiten op aan te passen. Een voorbeeld hiervan is in het onderstaande figuur te zien, waar ze voor de stad Philadelphia de criminaliteit op wijkniveau bijhouden. Sommige dashboards kunnen ontworpen worden voor leidinggevenden, die geïnteresseerd zijn in het monitoren over de voortgang van projecten. Andere dashboards zijn analytischer opgesteld en worden gebruikt om gegevenstrends of andere gegevenskenmerken te achterhalen. Tot slot kunnen dashboards informatief zijn, waar een verhaal met bijbehorende gegevens verteld kan worden (Esri, z.d).



Figuur 16: Dashboard over criminaliteit in de stad Philadelphia, bron toevoegen

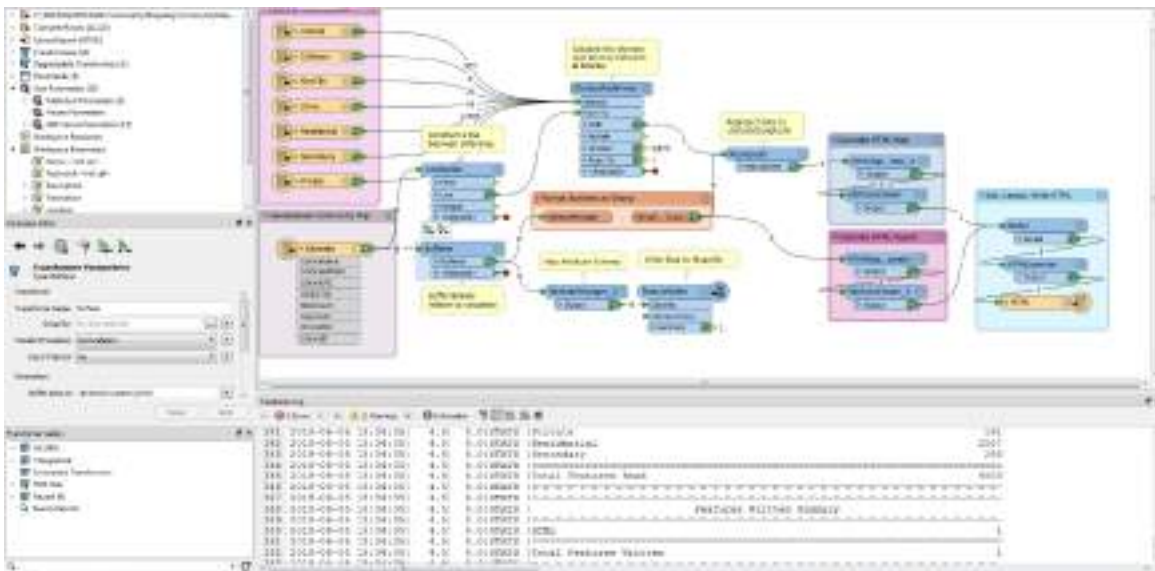
Gebruikers kunnen met behulp van verschillende interacties zelf het dashboard bedienen. Door middel van deze interacties zijn de gebruikers op een gebruiksvriendelijke manier bezig met het analyseren van gegevens. Wanneer bijvoorbeeld de tijdspanne binnen het dashboard veranderd wordt, veranderen de elementen hierin mee. Alle elementen zijn dus met elkaar verbonden en gelinkt aan de acties die de gebruiker doorvoert. Door al deze mogelijkheden sluit een dashboard goed aan op de vooropgestelde eisen uit het MoSCoW model en kan het van toepassing zijn voor het project. In programma's als FME en ArcGIS Pro (Operation Dashboard) is het mogelijk om zonder al te veel kennis van programmeertalen een dashboard te ontwikkelen. Het vervolgonderzoek moet uitwijzen wat de mogelijkheden hierin zijn en of het geschikt is om er de toolbox mee te ontwikkelen.

5.2 Mogelijkheden software

5.2.1 FME

FME is een dataverwerkingsprogramma, waarin je enorm veel mogelijkheden hebt om je data te bewerken en te analyseren. Dit alles wordt gerealiseerd met behulp van een FME model dat je zelf ontwikkelt (zie figuur 17). Links in het model laad je verschillende datasets en/of databronnen in (readers) en vervolgens bewerk je deze met verschillende transformers (blauwe kopjes in figuur 17). Transformers zijn als het ware tools die je kunt gebruiken, waarmee je de data kunt transformeren. Binnen de transformers zijn er verschillende punten die ingesteld dienen te worden. Wanneer je het ontwikkelde model laat uitvoeren (runt) schrijft FME een script (onderin figuur 17). Hiermee wordt de benodigde data ingeladen, getransformeerd aan de hand van de instellingen in de transformers en tot slot weggeschreven naar een uitgaande dataset. Deze uitgaande dataset wordt een writer genoemd (rechter oranje kopje in figuur 17) en kan worden weggeschreven naar verschillende bestandsformaten. FME maakt het dus mogelijk om op een redelijk eenvoudige manier data te bewerken, waarbij de gebruiker niet al te veel kennis nodig heeft over programmeertalen.

Een voordeel van het werken met FME is dat het volledig transparant is. Zo kan de gebruiker precies zien welke stappen zijn gezet en wat voor effect dit heeft op datasets. Deze transparantie zorgt er ook voor dat er veel informatie beschikbaar is op het internet, wat het eenvoudiger maakt om een model te ontwikkelen. Daarnaast is deze manier van werken geheel geautomatiseerd. Dit betekent dat wanneer je instellingen in een bepaalde tool wilt aanpassen niet handmatig alle voorgaande stappen nogmaals hoeft uit te voeren. Je hoeft namelijk alleen maar het model vanaf het gewijzigde punt uit te voeren, waarna alle wijzigingen worden doorgevoerd naar de uitgaande dataset. Tot slot is FME geen open source programma, waardoor niet iedereen zomaar toegang heeft tot een ontwikkeld model.

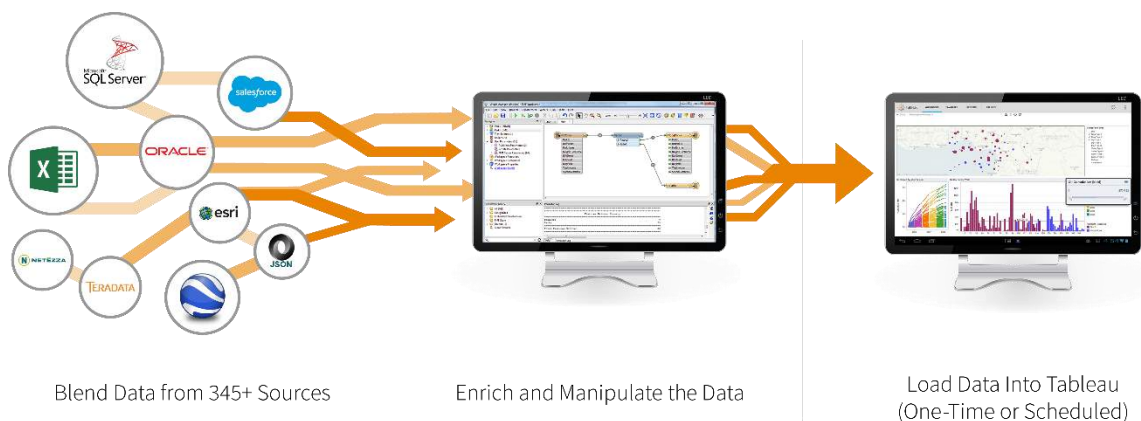


Figuur 17: Een voorbeeld van een gerealiseerd FME model, (Safe Software, z.d)

Binnen FME ga je te werk zoals in figuur 18 staat weergegeven. Dit figuur geeft aan dat de eerste stap is om data binnen te halen en te combineren. De volgende stap is om de data te bewerken met behulp van de honderden transformers die binnen FME desktop beschikbaar zijn. Voorbeelden van bewerkingen die hiermee uitgevoerd kunnen worden zijn het verwijderen, combineren en wijzigen van gegevens binnen een dataset.

Vervolgens kan je deze data wegschrijven naar verschillende bestandsformaten. Voor het binnenhalen en wegschrijven van data worden meer dan 345 verschillende bestandsformaten ondersteund.

Tot slot heb je de mogelijkheid om de data te publiceren naar de FME server. Dit is een online platform waar je de mogelijkheid om je model verder te automatiseren (dagelijkse updates), modellen kunt delen met andere gebruikers, eenvoudig het model kunt runnen en de betreffende output data kunt downloaden, meldingen kunt automatiseren en service apps kunt bouwen. Dit laatste is een goede toevoeging voor dit onderzoek, doordat het hierdoor mogelijk wordt gemaakt om binnen FME een toolbox (omgeving) te ontwikkelen. Een goed voorbeeld hiervan is een dashboard, dat in het rechterscherm van figuur 18 te zien is. Binnen een dashboard heb je de mogelijkheid om data te visualiseren en analyseren op veel verschillende mogelijkheden. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om dit te doen met behulp van kaarten, grafieken en diagrammen. (Safe, z.d)



Figuur 18: Werkwijze binnen FME, (Safe Software, z.d)

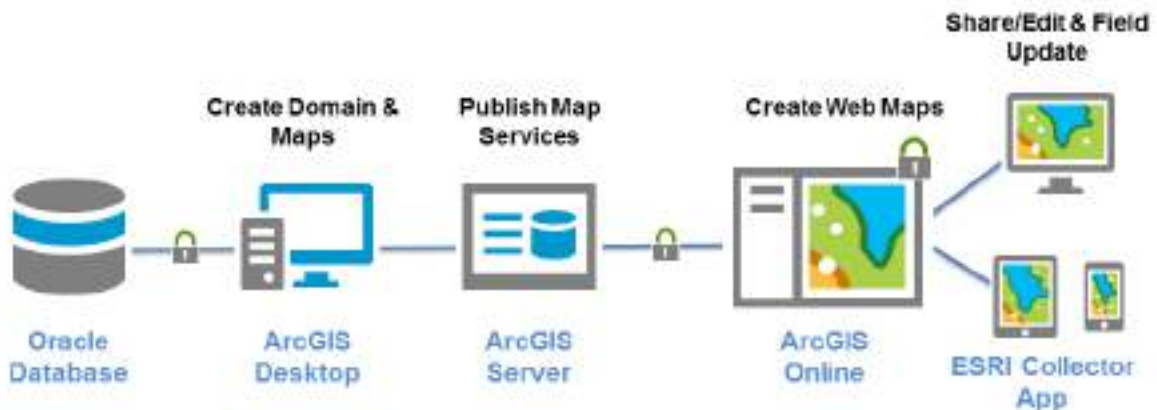
Naast de functionaliteiten binnen FME is het belangrijk om te bekijken hoe FME omgaat met API's. FME kan communiceren met API's door middel van readers, transformers en writers. Voor web services die ondersteund worden door FME zijn speciale transformers ontwikkeld. Voorbeelden hiervan zijn WFS readers (Web Feature Service), Esri ArcGIS Online Feature Service readers/writers en verschillende Twitter Transformers. Voor web services die niet worden ondersteund door FME is er een transformer genaamd de HTTPCaller, die toegang geeft tot duizenden verschillende API's. Hoogstwaarschijnlijk dient er tijdens deze casus gebruik te worden gemaakt van deze transformer om de gewenste API's binnen te halen.

Al deze verschillende readers, transformers en writers vormen je verbindingpunt wanneer je een API wilt inlezen en wanneer je je werk in FME wilt uitbreiden naar een web service. De interface om deze link te kunnen leggen is eenvoudig te volgen, waarin een URL en methode ingevuld dient te worden (FME Community, 2019).

Concluderend is FME een goede optie om de toolbox in te ontwikkelen. Er zijn verschillende mogelijkheden om een werkende sensor data toolbox (omgeving) te realiseren en het vervolgens mogelijk te maken om het te laten integreren binnen andere sensor data platformen met behulp van API's. Het praktijkonderzoek moet verder uitwijzen wat de precieze mogelijkheden zijn binnen FME en of dit inderdaad een softwareprogramma is, waarin de gewenste toolbox ontwikkeld kan worden. Tot slot is FME een betaald softwareprogramma, maar dit hoeft niet tot problemen te leiden, doordat het Kadaster alle bestanden rondom het huidige SE Dataplatform beheert. Het kadaster heeft verschillende FME licenties, waardoor het mogelijk wordt dat die organisatie de uitgevoerde stappen en resultaten kan beheren.

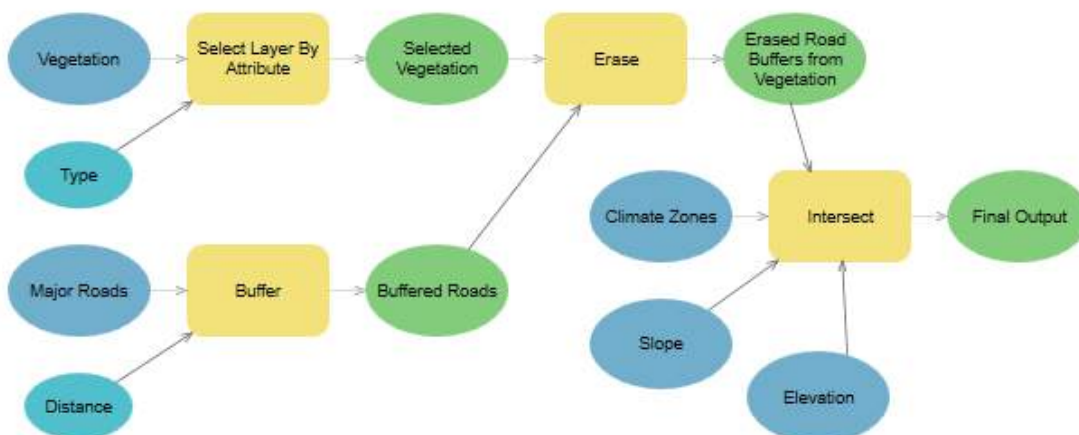
5.2.2 ArcGIS Pro (Esri software)

Met het programma ArcGIS Pro is het mogelijk om meerdere databronnen samen te voegen om er vervolgens bruikbare kaarten van te maken. Hiervoor kan je verschillende 2D- en 3D-analysetools gebruiken voor het ontdekken van ruimtelijke patronen en trends. Hiernaast heb je een set tools tot de beschikking waarmee je ruimtelijke data kunt bewerken, evalueren en beheren. Tot slot heb je de mogelijkheid om je kaarten en datasets te publiceren naar ArcGIS Online, waarin je de mogelijkheid hebt om kaarten interactief te maken. Hierdoor kunnen gebruikers (werkgroepen) de data op eenvoudige manier bekijken, analyseren en eventueel aanpassen (Esri, z.d).



Figuur 19: Werkwijze binnen de Esri software, (Herbold, 2013)

Binnen de Esri software ga je via het bovenstaande schema te werk (figuur 19). Je hebt namelijk verschillende databronnen die je inleest in ArcGIS Pro (Desktop). Hierin is het mogelijk om de data te bewerken, analyseren en visualiseren om het vervolgens te publiceren naar de ArcGIS Server. Via de ArcGIS Server kan je met het programma ArcGIS Online verschillende web maps ontwikkelen. Voorbeelden hiervan zijn interactieve kaarten, dashboards en story maps (presentatievorm voor kaartmateriaal). Deze web maps kunnen vervolgens gedeeld en gewijzigd worden door andere gebruikers. De software die binnen Esri beschikbaar is is niet open source, waardoor niet iedereen zomaar toegang heeft tot de ontwikkelde materialen.



Figuur 20: Een voorbeeld van model in de Modelbuilder, (ArcGIS Pro, z.d)

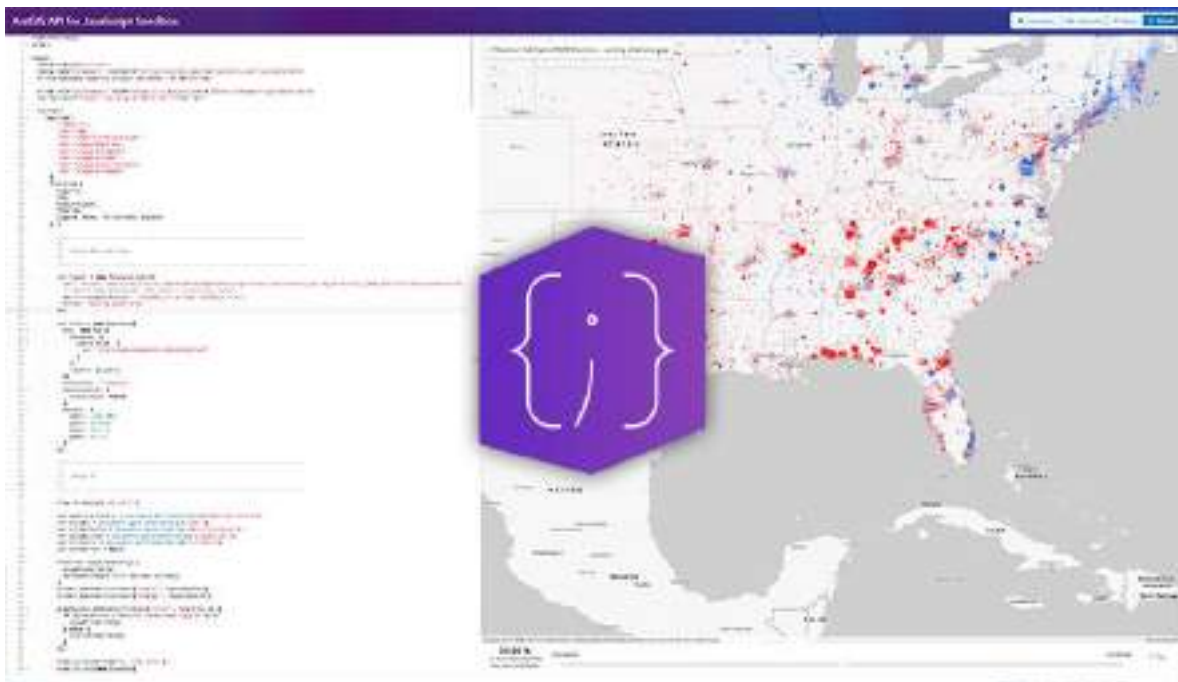
Naast de bovenstaande opties heb je binnen het ArcGIS Pro platform toegang tot de modelbuilder (zie figuur 20). De modelbuilder heeft eigenlijk hetzelfde concept als een model in FME alleen maak je nu gebruik van de tools die ArcGIS Pro tot de beschikking heeft. Zo lees je in dit model dus ook

data in (blauwe blokjes) om het vervolgens te bewerken en te analyseren met behulp van de tools (gele blokjes). Uit elke tool komt een getransformeerde dataset (groene blokjes) die uiteindelijk één of meerde uitgaande datasets vormen (blokje Final Output). De datasets kunnen vervolgens weer gepubliceerd worden naar ArcGIS Online waar er een Web Map (interactie kaart) van gemaakt kan worden. Hierdoor krijgen andere gebruikers de mogelijkheid om de datasets te bekijken en eventueel te veranderen.

Een voordeel van het werken met de Modelbuilder is dat het net als FME volledig transparant is. Zo kan de gebruiker precies zien welke stappen zijn gezet en wat voor effect dit heeft op de datasets. Ook is hierdoor veel informatie te vinden op het internet, dat het eenvoudiger maakt om een model te ontwikkelen. Daarnaast is deze manier op dezelfde manier geautomatiseerd als in FME. Dit betekent dat wanneer je instellingen in een bepaalde tool wilt aanpassen niet handmatig alle voorgaande stappen nogmaals hoeft uit te voeren. Je hoeft namelijk alleen maar het model vanaf het gewijzigde punt uit te voeren, waarna alle wijzigingen worden doorgevoerd naar de uitgaande dataset.

Naast de functionaliteiten binnen ArcGIS Pro is het belangrijk om te bekijken hoe het omgaat met API's. ArcGIS Pro heeft in vergelijking met FME hierin een stuk minder opties. Zo zijn er maar een klein aantal API's die geïntegreerd zijn met het ArcGIS Pro platform. Voorbeelden hiervan zijn XML bestanden, Shapefiles, Geodatabases en Tile Packages. De belangrijkste API die Esri aan te bieden heeft is 'ArcGIS API For Javascript' (zie figuur 21). Deze API maakt het mogelijk om op een redelijk eenvoudige manier een Web App van je datavisualisaties te bouwen dat geïntegreerd kan worden binnen webapplicaties. Binnen deze API heb je de mogelijkheid om bestaande widgets te gebruiken, zoals een legenda, 3D visualisaties en verschillende kaartlagen.

Hiernaast heb je de mogelijkheid om eigen widgets te ontwikkelen. Veel codes over deze widgets zijn te vinden op verschillende webpagina's. Deze API maakt het dus mogelijk om zonder al te veel kennis te hebben over programmeertalen een API te ontwikkelen, waarmee je je kaartmateriaal vanuit Esri kunt visualiseren op je eigen webapplicaties (Javascript). Wanneer je dit zelf zou ontwikkelen in Javascript gaat hier veel meer tijd en moeite inzitten en in veel gevallen heb je ook gespecialiseerde programmeurs nodig (Powell, 2016).



Figuur 21: De API 'ArcGIS API For Javascript', (ArcGIS for Developers, z.d)

Tot slot heb je binnen het ArcGIS Online platform de mogelijkheid om gebruik te maken van de **Web App Builder**. Deze tool maakt het mogelijk om een webapp te maken, waarmee je data kunt weergeven en analyseren. Dit allemaal is te realiseren zonder te programmeren. De Web App Builder bevat allerlei tools waarmee 2D en 3D- webapps gemaakt kunnen worden. Ontwikkelaars kunnen eventueel eigen widgets en thema's bouwen om de Web App uit te breiden (Esri, z.d).

Concluderend is het softwarepakket van Esri een goede optie om de toolbox in te ontwikkelen. Er zijn verschillende mogelijkheden om een werkende sensor data toolbox (omgeving) te realiseren en het vervolgens mogelijk te maken om het te laten integreren binnen andere sensor data platformen met behulp van de API 'ArcGIS API For Javascript'. Het vervolgonderzoek moet verder uitwijzen wat de precieze mogelijkheden zijn binnen het gehele Esri softwarepakket. De focus ligt hier met name bij het onderzoeken van de mogelijkheden in de Modelbuilder, de ArcGIS API For Javascript en de Web App Builder. Net als FME is ook de software van Esri (ArcGIS Pro) niet open source. Echter hoeft dit niet direct tot problemen te leiden, doordat het kadaster het huidige SE Dataplatform beheert en zij hoogstwaarschijnlijk toegang hebben tot deze software.

5.2.3 RStudio

Vanuit de gehouden bijeenkomst met het RIVM is naar voren gekomen dat het RIVM momenteel bezig is met een prototype dashboard genaamd 'Sensoren Hollandse Luchten' (RIVM, z.d.). Voor de ontwikkeling van dit platform is het softwareprogramma "RStudio" gebruikt. RStudio is ontwikkeld voor het aanbieden van gratis open source tools waarmee wetenschappers hun werk op grotere schaal kunnen ontwikkelen en delen. RStudio bestaat uit een set geïntegreerde tools die specifiek zijn ontworpen om productiever bezig te zijn met R. Het programma bevat een console, een editor die directe code-uitvoering ondersteunt en een aantal tools die gebruikt kunnen worden voor diverse doeleinden. Binnen het softwareprogramma RStudio is het mogelijk om meerdere R Packages te installeren (RStudio, z.d. - a).

De R Packages komen tot stand door het desbetreffende ontwikkelingsbedrijf als de gebruikers van het softwareprogramma. Door een groot aanbod van diverse packages, kan RStudio voor diverse doeleinden gebruikt worden. De doeleinden kunnen onderverdeeld worden in categorieën. Zo heb je bijvoorbeeld packages die meer gericht zijn op het *analyseren en verkennen* binnen RStudio, zoals: 'Tidyverse' en 'Dplyr'. Maar er zijn ook packages die zich specifiek focussen op *communicatie en interactie*, zoals: 'Rmarkdown' en 'Shiny' (RStudio, z.d. - b).

Het laatstgenoemde R-package 'Shiny' wordt gebruikt door het RIVM voor het dashboard "Sensoren Hollandse Luchten". Met deze package kunnen er eenvoudig, vanuit R, interactieve webapplicaties gebouwd worden. Daarnaast zijn er nog een aantal andere opties, zoals: stand-alone applicaties op een webpagina hosten, insluiting in Rmarkdown documenten of het ontwikkelen van dashboards. Het is daarnaast ook mogelijk om eigen gemaakte Shiny-applicaties uit te breiden met CSS-thema's, HTML-widgets en JavaScript-acties. CSS, HTML en Javascript zijn standaard programmeertalen waarmee bijvoorbeeld websites in elkaar gezet kunnen worden. Door deze toe te passen bij een Shiny-applicatie, kan er enige personalisatie toegepast worden wat in RStudio niet wordt volledig wordt aangeboden.

Wanneer de keuze wordt gemaakt om de Shiny-applicatie op het internet te plaatsen, zijn er twee mogelijkheden om dit te waarborgen: via de Cloud of ter plekke (via RStudio). Om de applicatie via de Cloud op het internet te plaatsen, wordt shinyapps.io gebruikt. Met shinyapps.io kan je eenvoudig, zonder dat je zelf een server bezit of weet hoe je een firewall configureert, applicaties op het internet implementeren en beheren.

Daarnaast komt hier geen extra hardware of installaties bij kijken. Gelet op de veiligheid heeft shinyapps.io ook grote voordelen. Elke Shiny-applicatie draait in een eigen beschermde omgeving en de toegang is ten alle tijden SSL-versleuteld* (RStudio, z.d. - c).

RStudio geeft ook de mogelijkheid dat een Shiny-applicatie via het bedrijf zelf wordt geplaatst op het internet. RStudio Connect dient hiervoor gebruikt te worden. Dit programma is een

publicatieplatform waar al het werk, wat binnen de R-softwareprogramma's uitgevoerd wordt, op een centrale plek houdt. Daarnaast kunnen alle bestanden binnen no-time gepubliceerd worden, wat uiteindelijk ook het hoofddoel is van het programma (RStudio, z.d. - d).



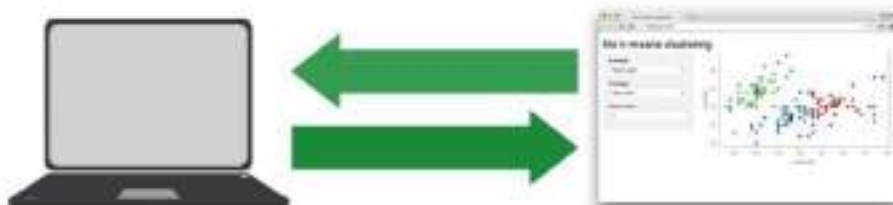
Figuur 22: Schematische weergave onderverdeling RStudio

R-package Shiny is als het ware een bezorgauto voor een R-script. Een R-script is een script waaruit acties uitgevoerd kunnen worden. Shiny zorgt ervoor dat dit script beschikbaar wordt gesteld voor mensen die niet bekend zijn met R programma's of -scripts. Wanneer er bijvoorbeeld analyses in het R-script staan en je zet met behulp van Shiny dit script online, kunnen mensen de analyses uitvoeren in bijvoorbeeld de vorm van een 'pushbutton' methode. Hierdoor wordt burgerwetenschap ondersteund, waarbij de burger op een laagdrempelige manier sensordata kan analyseren en interpreteren. Een goed voorbeeld van een applicatie waar een "pushbutton" methode wordt toegepast is de COVID-19 tracker. In de applicatie kan de gebruiker verschillende regio's plotten en ook vergelijkingen leggen met andere virusuitbraken (Parker, 2020).

Voor de ontwikkelaar is het van belang om te weten hoe het R-script in elkaar gezet moet worden. Kennis opdoen over hoe je een dergelijke Shiny applicatie in elkaar zet is dus van belang.

5.2.3.1 De Basis van Shiny

Wanneer je een Shiny applicatie in elkaar zet op een eigen computer of laptop, zal de applicatie vanuit dit apparaat uitgevoerd worden (zie figuur 23). Wanneer de applicatie al gehost is op het internet en er wordt binnen de applicatie een optie veranderd, zal het script op het apparaat opnieuw runnen en een nieuw resultaat laten zien op het internet.



Figuur 23: Schematische weergave werking Shiny applicatie, (Rstudio, z,d)

Daarnaast is het ook nog mogelijk om een Shiny applicatie te hosten vanuit een webserver, ook wel een Cloud-omgeving genoemd (zie figuur 24). Door ervoor te zorgen dat de webserver het R-script uitvoert, kunnen mensen gebruik maken van een Shiny applicatie die voortdurend up to date gehouden wordt.



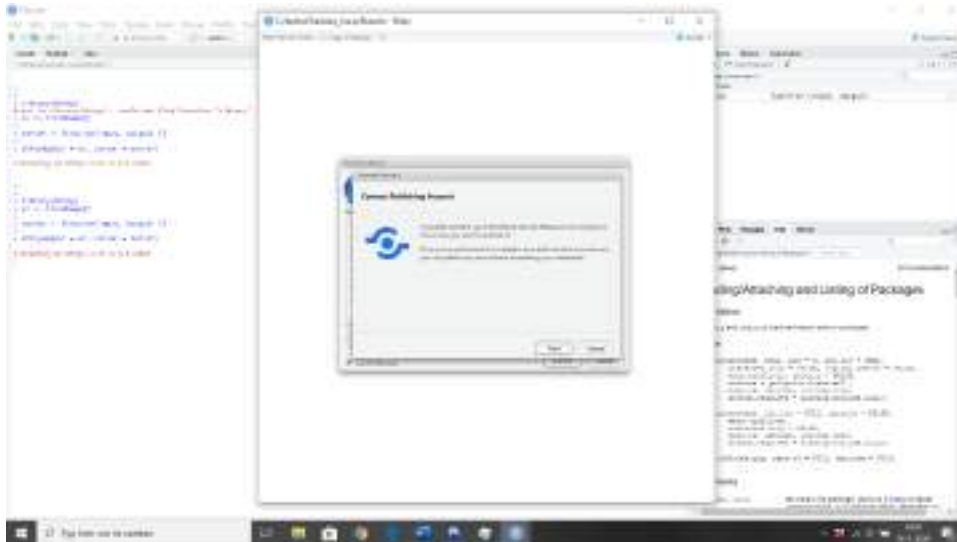
Figuur 24: Schematische weergave hosten Shiny applicatie, (Rstudio, z.d)

Een Shiny applicatie bestaat uit twee hoofdcomponenten:

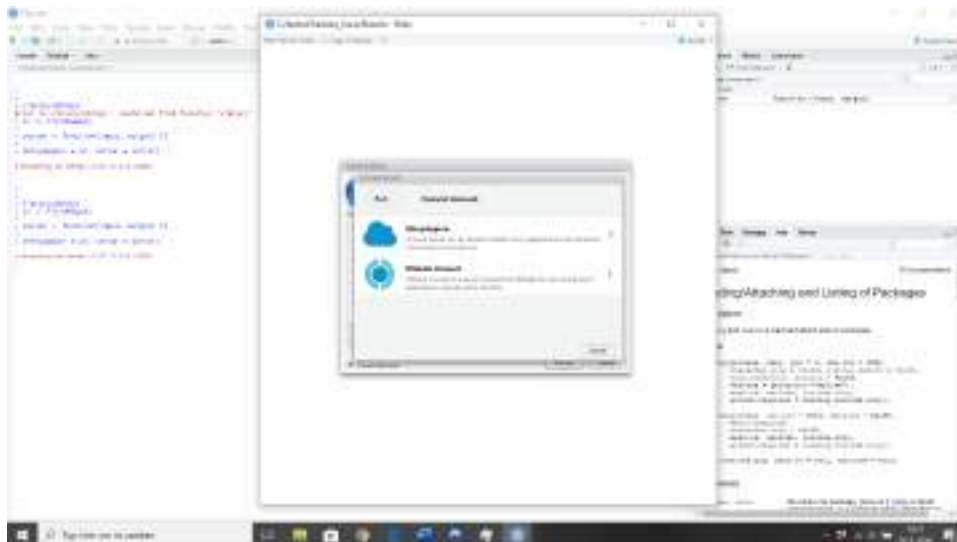
- **User Interface (UI):** de webpagina die mensen zien wanneer ze naar de desbetreffende website gaan. Vaak wordt dit gewaarborgd met behulp van HTML, maar dit is ook mogelijk via R.
- **Server Instructies:** instructies die de server verteld wat er uitgevoerd moet worden wanneer een persoon een verandering doorvoert op de webpagina. Het wordt zo ingedeeld dat je er zelf niet constant bij hoeft te zijn om alles te controleren (RStudio, z.d. - f).

Bij het uitvoeren van de bovenstaande code, komt er een deelscherm tevoorschijn. Wanneer je in dit deelscherm 'publish' aanklikt (om het te kunnen publiceren op het internet) komt er een pop-up tevoorschijn (zie figuur 25). Deze pop-up geeft aan dat je eerst een account moet aanmaken voordat je iets kan publiceren. Door vervolgens op 'next' te klikken, krijg je de mogelijkheid om te verbinden met een account (zie figuur 26). Het account kan in dit geval via ShinyApps.io of via RStudio Connect geregeld zijn.

Bij ShinyApps.io wordt alles door RStudio zelf geregeld waardoor je niet de mogelijkheid krijgt om het gemaakte product te publiceren in diverse websites. Bij RStudio Connect wordt het mogelijk gemaakt om diverse scripts, documenten of dergelijke andere producten op meerdere manieren te delen via het web.



Figuur 25: publiceer pop-up (1/2)



Figuur 26: publiceer pop-up (2/2)

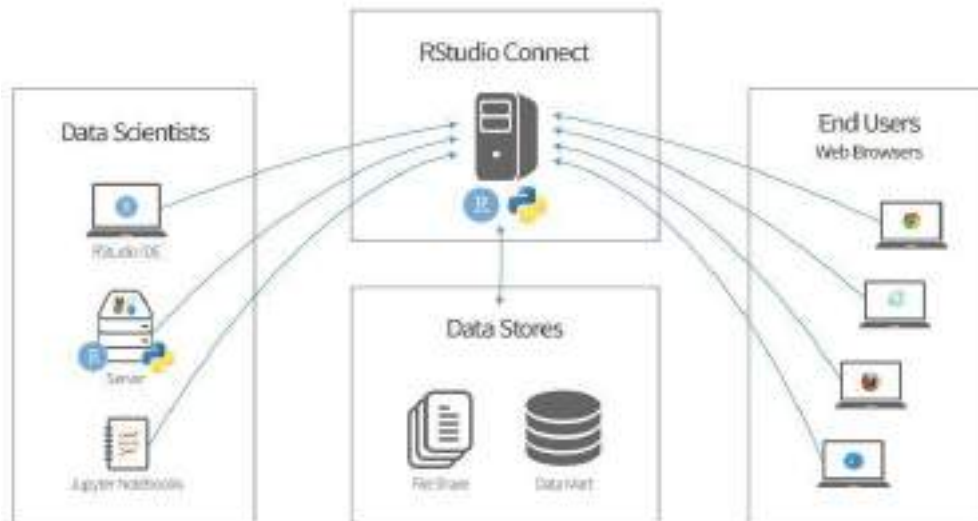
5.2.3.2 RStudio Connect

Is een publicatieplatform gemaakt voor het delen van R-Markdown rapporten, API's, dashboards, plots et cetera. Alle soorten bestanden kunnen met behulp van RStudio Connect vanuit één centrale plek gedeeld worden.

Doordat RStudio Connect centraal staat binnen de software infrastructuur van RStudio, kunnen gebruikers effectief en zonder veel kennis makkelijk producten publiceren op het internet. Vanuit de IDE* van RStudio wordt dit gewaarborgd. (RStudio, z.d. - g).

In figuur 27 wordt weergegeven welke functionaliteiten RStudio Connect verzorgd. RStudio Connect geeft zowel wetenschappers als dergelijke andere eindgebruikers de mogelijkheid om diverse soorten bestanden op te roepen. De dataopslag en filesharing mogelijkheden zijn erg uitgebreid.

Bron: (RStudio, z.d. - g)



Figuur 27: structuur RStudio Connect, bron: <https://rstudio.com/assets/img/RStudio-Connect-1-16->

RStudio Connect is geen opensource software, maar het is nog wel mogelijk om een gratis proefperiode te starten van 45 dagen. Na deze proefperiode moet er een abonnement afgesloten worden.

5.2.3.3 API's in RStudio

Het is mogelijk om in een R-script APIs op te roepen om de meest up to date informatie te kunnen gebruiken.

De manier hoe het R-script in elkaar wordt gezet, bepaalt ook direct of het script opnieuw gerunt kan worden als er nieuwe data binnenkomt vanuit een API. Wanneer dit het geval is, zullen dataframes en plots automatisch geüpdatet worden wanneer de data veranderd. Hierdoor hoeft je niet handmatig databestanden op te halen (zoals .csv bestanden).

Er zijn meerdere soorten API's beschikbaar op het web. Het is belangrijk om te weten welke API je wilt oproepen voordat je deze gaat verwerken in een script.

Web API's zijn verdeeld in zogenaamde 'resources'. Deze resources stelt objectinformatie voor die opgeroepen kan worden. Om bij een specifieke resource uit te komen, is het handig om te weten hoe de structuur van de opgeroepen API in elkaar zit.

Er zijn verschillende tools waarmee toegang tot een web API's gewaarborgd wordt:

1. Pakketten die API kan oproepen en kan verwickelen voor elke gegeven service (zoals 'RGoogleAnalytics')
2. Voor het uitvoeren van verzoeken (zoals 'httr')
3. Voor het ontleden van het antwoord (zoals 'jsonlite' of 'xml2')

Vervolgens kan er, met hulp van pakketten (zoals 'dplyr' of 'tidyr'), de data getransformeerd en in kaart gebracht worden. Het uiteindelijke doel hiervan: data van een onbewerkt formaat naar een ander formaat omzetten, zodat de data zo geschikt mogelijk is maken voor het uitvoeren van diverse doeleinden (uitvoeren analyses) (Farmer, 2019).

Voor de ontwikkeling van een sensor data visualisatie tool, is het verstandig om sensordata API's vanuit sensor databronnen te verwerken. De verwerking zal moeten lijden naar concrete en duidelijke visualisaties. Het is mogelijk om te onderzoeken of diverse platformen beschikken over een API die onderdelen in de datavisualisatie uitvoert, wat uiteindelijk gebruikt kan worden voor de visualisatie tool.

De eindgebruikers worden gedefinieerd als burgerwetenschappers die specifiek luchtkwaliteit data willen analyseren. Om dit te waarborgen moet het mogelijk zijn om enkele handelingen te

verrichten, dit kwam naar voren bij de handleidingen-input en enkele interviews. Zo willen de eindgebruikers zo gericht mogelijk selecties en analyses uitvoeren. De data die hierbij van te pas komt moet daarbij op een eenvoudige wijze visueel gemaakt worden. Dit zorgt voor verduidelijking van de data en verbeterd indirect de communicatie tussen verschillende partijen.

Bij de ontwikkeling van een data visualisatie tool, worden eindgebruikers in staat gesteld om zelf data te analyseren, visualiseren, selecteren en vergelijken. Door diverse acties, zoals het visualiseren van tijdreeksen, worden data-analyses beschikbaar gesteld voor de eindgebruikers.

Om de bruikbaarheid van de bestaande sensordata API's te peilen, is er een praktijkonderzoek uitgevoerd naar deze API's.

5.3 Conclusies literatuuronderzoek

In het voorgaande literatuuronderzoek is er onderzoek gedaan naar verschillende softwaremogelijkheden, waarin een toolbox gerealiseerd kan worden. Dit onderzoek had als doelstelling om een globaal te overzicht te creëren of het betreffende softwarepakket hier mogelijk geschikt voor is. Hierbij is er met name gefocust op het qua kennis en tijd mogelijk is om de toolbox te ontwikkelen. Hiernaast is er nog onderzoek gedaan of het mogelijk is om met API's te werken.

Met de uitkomsten van het reeds genoemde onderzoek is er een vervolgonderzoek gestart. Hierbij is er gekeken naar wat de mogelijkheden in de praktijk zijn en is een diepgaander literatuuronderzoek uitgevoerd. Om het onderzoek op de belangrijkste punten te specificeren is ervoor gekozen om de eisen uit het MoSCoW-model om te zetten naar eisen die van belang zijn voor een programma om er een toolbox in te ontwikkelen. De prioritering van de nieuwe eisen blijft staan zoals het in het voorgaande MoSCoW-model het geval was. Uiteindelijk is er voor elk programma gekeken of er aan de opgestelde eisen kan worden voldoen, waarbij het meeste belang wordt gehecht aan de must hases. Binnen het Esri softwarepakket is er apart onderzoek gedaan naar twee visualisatietools binnen ArcGIS Online in combinatie met de mogelijkheden die ArcGIS Pro (Modelbuilder) te bieden hebben. De twee visualisatietools zijn 'Operation Dashboard' en de 'Web App Builder'. Dit onderzoek is apart uitgevoerd, doordat deze twee tools niet te combineren zijn en hierdoor apart van elkaar beoordeeld moeten worden. De resultaten en conclusies van deze vervolgonderzoeken zijn in de onderstaande tabellen te vinden.

5.3.1 Operation Dashboard (Esri)

In de tabel 3 staan de resultaten weergegeven naar het onderzoeken van de functionaliteiten (eisen) voor het programma Operation Dashboard binnen het Esri softwarepakket.

Tabel 3: Vergelijking Operation Dashboards (Esri) met eisen uit het MoSCoW-model.

Eisen	Aanwezig in Operation Dashboard?
<i>Must have's</i>	
Toevoegen tekstvakken (probleemstelling/ toolbeschrijvingen)	✓
Genereren Pop Ups (metadata)	✓
Eenvoudig in gebruik (kennisniveau)	✓
Weergave open data *	✓
Integreerbaar (API's)	✓
Grafieken	✓
Kaarten	✓
Legenda	✓
Data halen uit meerdere sensor data platformen (API's)	✓
Overzicht creëren (indeling)	✓
Opensource	✗
Combineren objecten (vergelijkingen/ combinaties) *	✓
<i>Should have's</i>	
Visualisatie weersinvloeden	✗
Aanpassing tijd	✗
Data vergelijken in de tijd	✗
Instelopties gebruiker	✓
Eenvoud ontwikkeling (huidige kennis)	✓
Data downloadbaar	✗
<i>Could have's</i>	
Dynamische weergave data	✓
Aanpassen Design toolbox *	✓
Beschikbaar maken ruwe data	✗
<i>Would have's</i>	
Puntenwolk	✓
Geluidsanalyses	✓

Opmerking (*):

Wanneer de data openbaar weergegeven dient te worden moet de data eerst publiekelijk met iedereen gedeeld worden. Dit is van belang om de data te kunnen integreren binnen sensor data platformen. Bij het combineren van objecten is het voor de gebruiker niet mogelijk om bepaalde datasets in één grafiek te zetten om er vergelijkingen mee te maken. De vergelijkingen vinden plaats met behulp van vooraf opgestelde grafieken en kaarten, die niet door de gebruiker veranderd kunnen worden. Tot slot kan het design van de toolbox aangepast worden met behulp van een aantal standaard instellingen. Mocht het design echter worden aangepast naar specifieke wensen dient dit te worden gedaan door de programmeer codes aan te passen.

Vanuit de resultaten uit dit onderzoek is te concluderen dat Operation Dashboards (Esri) in mindere mate geschikt is voor de ontwikkeling van de toolbox.

5.3.2 Web App Builder (Esri)

In tabel 4 staan de resultaten weergegeven naar het onderzoeken van de functionaliteiten (eisen) voor het programma Web App Builder binnen het Esri softwarepakket.

Tabel 4: Vergelijking Web App Builder (Esri) met eisen uit het MoSCoW-model.

Eisen	Aanwezig in de Web App Builder
<i>Must have's</i>	
Toevoegen tekstvakken (probleemstelling/ toolbeschrijvingen)	✓
Genereren Pop Ups (metadata)	✓
Eenvoudig in gebruik (kennisniveau)	✓
Weergave open data *	✓
Integreerbaar (API's)	✓
Grafieken	✓
Kaarten	✓
Legenda	✓
Data halen uit meerdere sensor data platformen (API's)	✓
Overzicht creëren (indeling)	✓
Opensource	✗
Combineren objecten (vergelijkingen/ combinaties) *	✓
<i>Should have's</i>	
Visualisatie weersinvloeden	✓
Aanpassing tijd	✓
Data vergelijken in de tijd	✓
Instelopties gebruiker	✓
Eenvoud ontwikkeling (huidige kennis)	✓
Data downloadbaar	✓
<i>Could have's</i>	
Dynamische weergave data	✓
Aanpassen Design toolbox *	✓
Beschikbaar maken ruwe data	✓
<i>Would have's</i>	
Puntenwolk (interpolatie)	✓
Geluidsanalyses	✓

Opmerking (*):

Wanneer de data openbaar weergegeven dient te worden moet de data eerst publiekelijk met iedereen gedeeld worden. Dit is van belang om de data te kunnen integreren binnen sensor data platformen. Bij het combineren van objecten is het voor de gebruiker mogelijk om data toe te voegen aan de app. Hiernaast kan het design van de toolbox aangepast worden met behulp van een aantal standaard instellingen. Mocht het design echter worden aangepast naar specifieke wensen dient dit te worden gedaan door de programmeercodes aan te passen. Met behulp van programmeercodes kunnen er ook specifieke widgets worden toegevoegd. Binnen de Web App Builder zijn al veel bestaande widgets te gebruiken, maar deze kunnen dus op eigen initiatief worden uitgebreid.

Vanuit de resultaten uit dit onderzoek is te concluderen dat de Web App builder (Esri) goed geschikt is voor de ontwikkeling van de toolbox.

5.3.3 FME (server)

In tabel 5 staan de resultaten weergegeven naar het onderzoeken van de functionaliteiten (eisen) voor het FME (server).

Tabel 5: Vergelijking FME (server) met eisen uit het MoSCoW-model.

Eisen	Aanwezig in FME (server)?
<i>Must have's</i>	
Toevoegen tekstvakken (probleemstelling/ toolbeschrijvingen)	✓
Genereren Pop Ups (metadata)	✓
Eenvoudig in gebruik (kennisniveau)	✓
Weergave open data	✓
Integreerbaar (API's)	✓
Grafieken	✓
Kaarten	✓
Legenda	✓
Data halen uit meerdere sensor data platformen (API's)	✓
Overzicht creëren (indeling)	✓
Opensource	✗
Combineren objecten (vergelijkingen/ combinaties)	✗
<i>Should have's</i>	
Visualisatie weersinvloeden *	?
Aanpassing tijd *	?
Data vergelijken in de tijd *	?
Instelopties gebruiker	✓
Eenvoud ontwikkeling (huidige kennis)	✗
Data downloadbaar	✓
<i>Could have's</i>	
Dynamische weergave data	✓
Aanpassen Design toolbox	✓
Beschikbaar maken ruwe data	✗
<i>Would have's</i>	
Puntenwolk (interpolatie)	✓
Geluidanalyses	✓

Opmerking (*):

Tijdens het diepgaande onderzoek naar het programma FME Server is er onderzocht wat het bijbehorende doel is. Vanuit deze gedachten kan er geconcludeerd worden dat het doel van FME server niet aansluit op het doel van het project. Het doel van FME Server is namelijk om workspaces (FME workflows) en databestanden te visualiseren en het voor gebruikers mogelijk te laten maken om dit te downloaden. Het doel van het project was ook om het mogelijk te laten maken om (geografische) analyses uit te voeren, maar hier is FME Server niet direct voor gemaakt. Door deze onderzoeksresultaten is het voor bepaalde eisen ook niet vast te stellen of dit binnen FME nu wel of niet mogelijk is. De eisen waarover dit gaat zijn in de tabel weergegeven met een vraagteken.

Vanuit de resultaten uit dit onderzoek is te concluderen dat FME (Server) in mindere mate geschikt is voor de ontwikkeling van de toolbox.

5.3.4 RStudio

In tabel 6 staan de resultaten weergegeven naar het onderzoeken van de functionaliteiten (eisen) voor het programma RStudio.

Tabel 6: Vergelijking RStudio met eisen uit het MoSCoW-model.

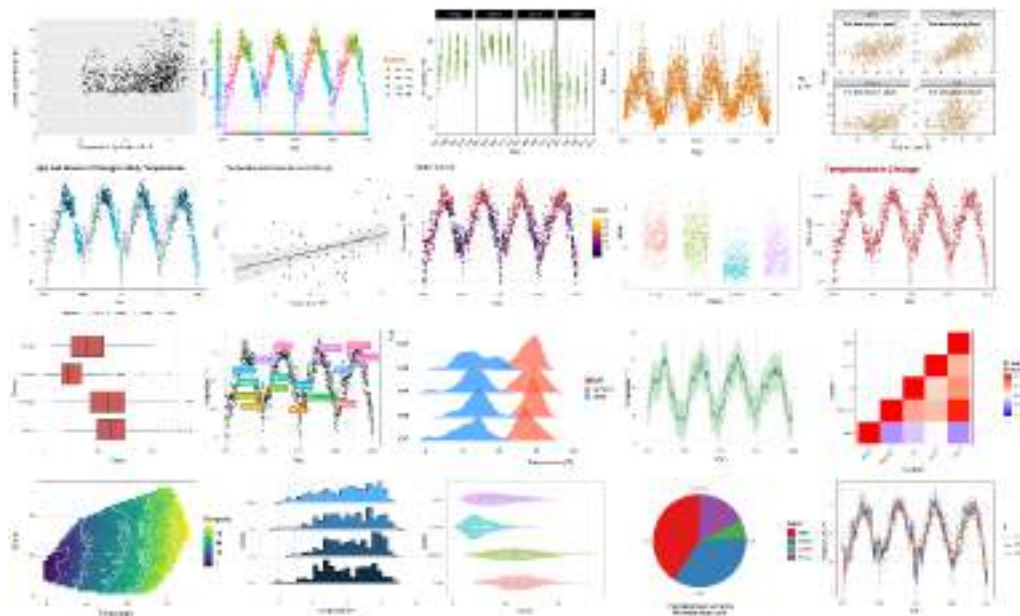
Eisen	Aanwezig in RStudio?
<i>Must have's</i>	
Toevoegen tekstvakken (probleemstelling/ toolbeschrijvingen)	✓
Genereren Pop Ups (metadata)	✓
Eenvoudig in gebruik (kennisniveau)	✓
Weergave open data	✓
Integreerbaar (API's)	✓
Grafieken	✓
Kaarten	✓
Legenda	✓
Data halen uit meerdere sensor data platformen (API's)	✓
Overzicht creëren (indeling)	✓
Opensource	✓
Combineren objecten (vergelijkingen/ combinaties)	✓
<i>Should have's</i>	
Visualisatie weersinvloeden	✓
Aanpassing tijd	✓
Data vergelijken in de tijd	✓
Instelopties gebruiker	✓
Eenvoud ontwikkeling (huidige kennis) *	✗
Data downloadbaar	✓
<i>Could have's</i>	
Dynamische weergave data	✓
Aanpassen Design toolbox	✓
Beschikbaar maken ruwe data	✓
<i>Would have's</i>	
Puntenwolk (interpolatie)	✓
Geluidanalyses	✓

Opmerking (*):

Gedurende het onderzoek is RStudio grondig bekeken. Vanuit dit onderzoek is te concluderen dat RStudio erg geschikt is voor de ontwikkeling van de toolbox voor het project. Dat dit mogelijk is met RStudio is vanzelfsprekend. Het softwareprogramma kan voor diverse doeleinden gebruikt worden, de opties binnen het programma maken dit mogelijk. De gebruiker van de software kan dusdanig zelf bepalen welke opties, in dit geval in de vorm van pakketten, hij installeert.

Een goed voorbeeld van een RStudio product is de Shiny applicatie van het RIVM genaamd "Hollandse luchten". Naast applicaties is RStudio ook geschikt voor het leveren van andere producten, zoals RMarkdown bestanden waar in kan worden gegaan op een ontwikkeld stuk R code.

De opties die nodig zijn voor het behalen van het doel zijn aanwezig. Zoals al eerder benoemd worden de verschillende opties beschikbaar gesteld in de vorm van pakketten. Wanneer een gebruiker bijvoorbeeld de package ggplot2 installeert, krijgt diegene de mogelijkheid om data in diverse vormen te visualiseren (zoals: grafieken of kaarten). Op figuur 28 is te zien wat zowel de visualisatiemogelijkheden zijn met ggplot2.



Figuur 28. Visualisatiemogelijkheden RStudio package 'ggplot2', bron toevoegen

De ontwikkelaars van RStudio geeft gebruikers daarnaast ook de optie om gemaakte producten gemakkelijk te delen. Het softwareprogramma staat nauw in verband met het internet, wat het programma juist zo interessant maakt. Hiermee wordt bedoeld dat er mogelijkheden zijn om gemaakte RStudio producten makkelijk te delen of te publiceren via bijvoorbeeld de RStudio Cloud. Dit zorgt voor meer interactie binnen projecten, zowel met medeontwikkelaars als met eventuele eindgebruikers. Het enigste nadeel, is dat de programmeertaal 'R' niet makkelijk is om binnen een aantal dagen volledig onder de knie te hebben. Het is van belang om voortdurend de uitdaging aan te gaan om hierdoor uiteindelijk een goed eindproduct neer te zetten.

5.3.5 Conclusie softwareonderzoek

In tabel 7 staan de resultaten van de onderzoeken naar de functionaliteiten (eisen) van de vier softwareprogramma's weergegeven.

Tabel 7: Vergelijking softwareprogramma's met eisen uit het MoSCoW-model.

Eisen	Operation Dashboards	Web App Builder	FME (Server)	RStudio
<i>Must have's</i>				
Toevoegen tekstvakken (probleemstelling/ toolbeschrijvingen)	✓	✓	✓	✓
Genereren Pop Ups (metadata)	✓	✓	✓	✓
Eenvoudig in gebruik (kennisniveau)	✓	✓	✓	✓
Weergave open data	✓	✓	✓	✓
Integreerbaar (API's)	✓	✓	✓	✓
Grafieken	✓	✓	✓	✓
Kaarten	✓	✓	✓	✓
Legenda	✓	✓	✓	✓
Data halen uit meerdere sensor data platformen (API's)	✓	✓	✓	✓
Overzicht creëren (indeling)	✓	✓	✓	✓
Opensource	✗	✗	✗	✓
Combineren objecten (vergelijkingen/ combinaties)	✓	✓	✗	✓
<i>Should have's</i>				
Visualisatie weersinvloeden	✗	✓	?	✓
Aanpassing tijd	✗	✓	?	✓
Data vergelijken in de tijd	✗	✓	?	✓
Instelopties gebruiker	✓	✓	✓	✓
Eenvoud ontwikkeling (huidige kennis)	✓	✓	✗	✗
Data downloadbaar	✗	✓	✓	✓
<i>Could have's</i>				
Dynamische weergave data	✓	✓	✓	✓
Aanpassen Design toolbox	✓	✓	✓	✓
Beschikbaar maken ruwe data	✗	✓	✗	✓
<i>Would have's</i>				
Puntenwolk (interpolatie)	✓	✓	✓	✓
Geluidanalyses	✓	✓	✓	✓

In tabel 7 zijn de resultaten van de onderzoeken naar de vier softwareprogramma's naast elkaar gezet. Op deze manier zijn onderlinge verschillen goed te zien en kunnen verschillende conclusies worden getrokken.

De Web App Builder van Esri mist maar één belangrijke must have. Het programma is namelijk geen opensource software, waardoor er licenties zitten verbonden bij de ontwikkeling van een platform. Het werken met betaalde software neemt verschillende belemmeringen met zich mee. De grootste belemmering is dat een aantal belangrijke doelgroepen van het platform niet of beperkt met betaalde software werken of willen werken, waaronder ook de Radboud Universiteit. Hierdoor kan het probleem ontstaan dat het platform niet gebruikt gaat worden, wat als gevolg heeft dat een aantal doelen niet gewaarborgd worden.

De overige twee programma's die zijn onderzocht, FME en Operation Dashboards, worden ook niet gebruikt om het platform in te ontwikkelen. Dit met name om dezelfde reden als dat de Web App Builder niet wordt gebruikt, namelijk dat het geen open source software is. Hiernaast zijn er een aantal belangrijke eisen niet aanwezig in de programma's. Bij het programma 'Operation Dashboards' ging dit name om het feit dat de analytische mogelijkheden voor gebruikers vrij beperkt zijn. Analyses vinden namelijk plaats met behulp van vooraf opgestelde grafieken en kaarten, die door de gebruiker niet veranderd kunnen worden. Bij het programma FME lagen de beperkingen met name bij de server omgeving. Het doel van deze omgeving is namelijk om workspaces (FME workflows) en databestanden te visualiseren en het voor gebruikers mogelijk te laten maken om dit te downloaden. FME Server is dus niet gemaakt om er (geografische) analyses mee uit te voeren. Door de bovenstaande belemmeringen is ervoor gekozen om de toolbox in beiden programma's niet te ontwikkelen.

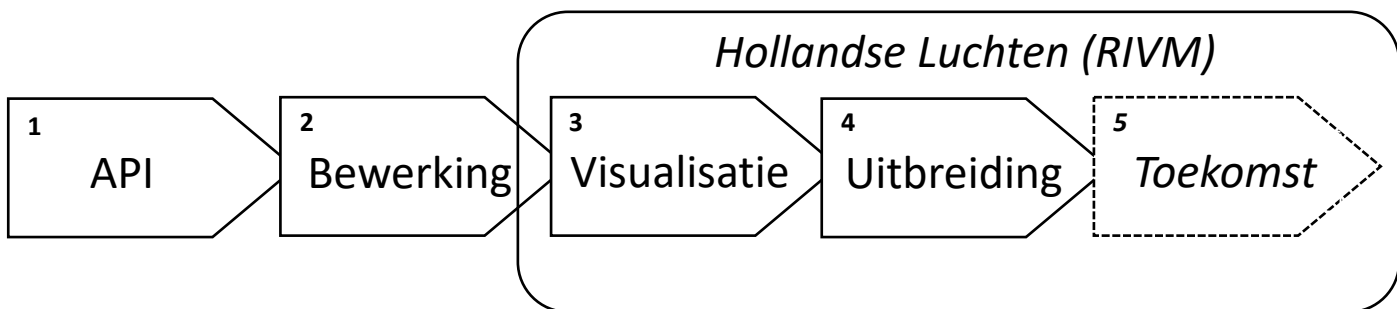
RStudio komt uit het onderzoek het best naar voren komt. Het programma voldoet als enige programma aan alle opgestelde must haves, waardoor het uitermate geschikt is om hiermee het platform te ontwikkelen. Het belangrijkste voordeel, is dat het in vergelijking met de andere programma's, opensource is. Hierdoor is het makkelijk te gebruiken, te integreren en kan het breed worden toegepast. Het enigste minpunt van het programma is dat het niet heel eenvoudig is om er een dergelijk platform mee te ontwikkelen. Hierdoor kan het wat meer tijd en moeite kosten om tot de gewenste resultaten te komen. Al met al sluit dit programma het best aan op al de opgestelde eisen. Voor de uitvoering van de vervolgstappen in het onderzoek, wordt het softwareprogramma RStudio gebruikt.

6. Ontwikkeling platform

In voorgaande hoofdstukken is er toegelicht waar het sensor data platform aan dient te voldoen en welk softwareprogramma gebruikt gaat worden voor de ontwikkeling van het platform. In dit hoofdstuk worden de vervolgstappen op weg naar de realisatie van het platform beschreven en worden de belangrijkste stappen die hierbij zijn gemaakt toegelicht.

6.1 Stappenplan

Voordat er gestart kan worden met de ontwikkeling van het platform is er een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan beschrijft de vijf stappen die doorlopen dienen te worden om tot het meest ideale resultaat te komen (zie figuur 29). Deze stappen worden hieronder kort toegelicht. In de rest van dit hoofdstuk worden de stappen uitgebreider besproken.



Figuur 29: Stappenplan voor de ontwikkeling van de applicatie

Stap 1: Bij de eerste stap worden twee verschillende API's (Samen Meten en Lufdaten) ingelezen binnen het programma RStudio.

Stap 2: Bij de tweede stap wordt de data uit beide API's bewerkt, zodat het kan worden gebruikt voor de visualisatie. De API's worden in twee verschillende bestanden bewerkt.

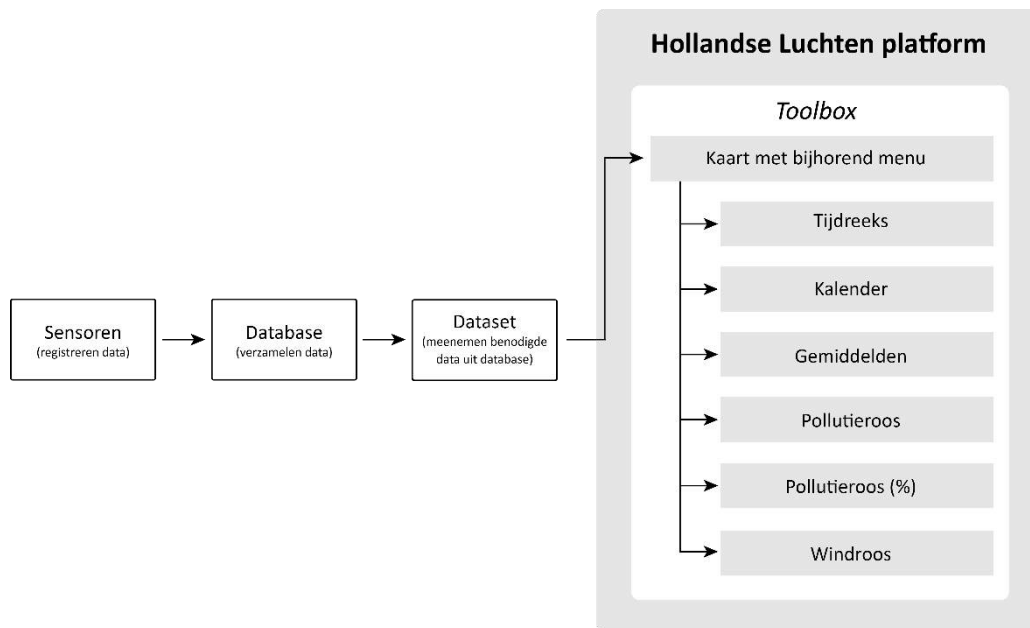
Stap 3: Bij de derde stap wordt de bewerkte data gevisualiseerd in het Hollandse Luchten platform. Dit platform bevat verschillende statische grafieken en analysemogelijkheden en is door het RIVM ontwikkeld.

Stap 4: Bij de vierde stap wordt het Hollandse Luchten platform uitgebreid met verschillende functies. Zo wordt er onder andere een interactieve grafiek-, kaart- en een downloadfunctie toegevoegd.

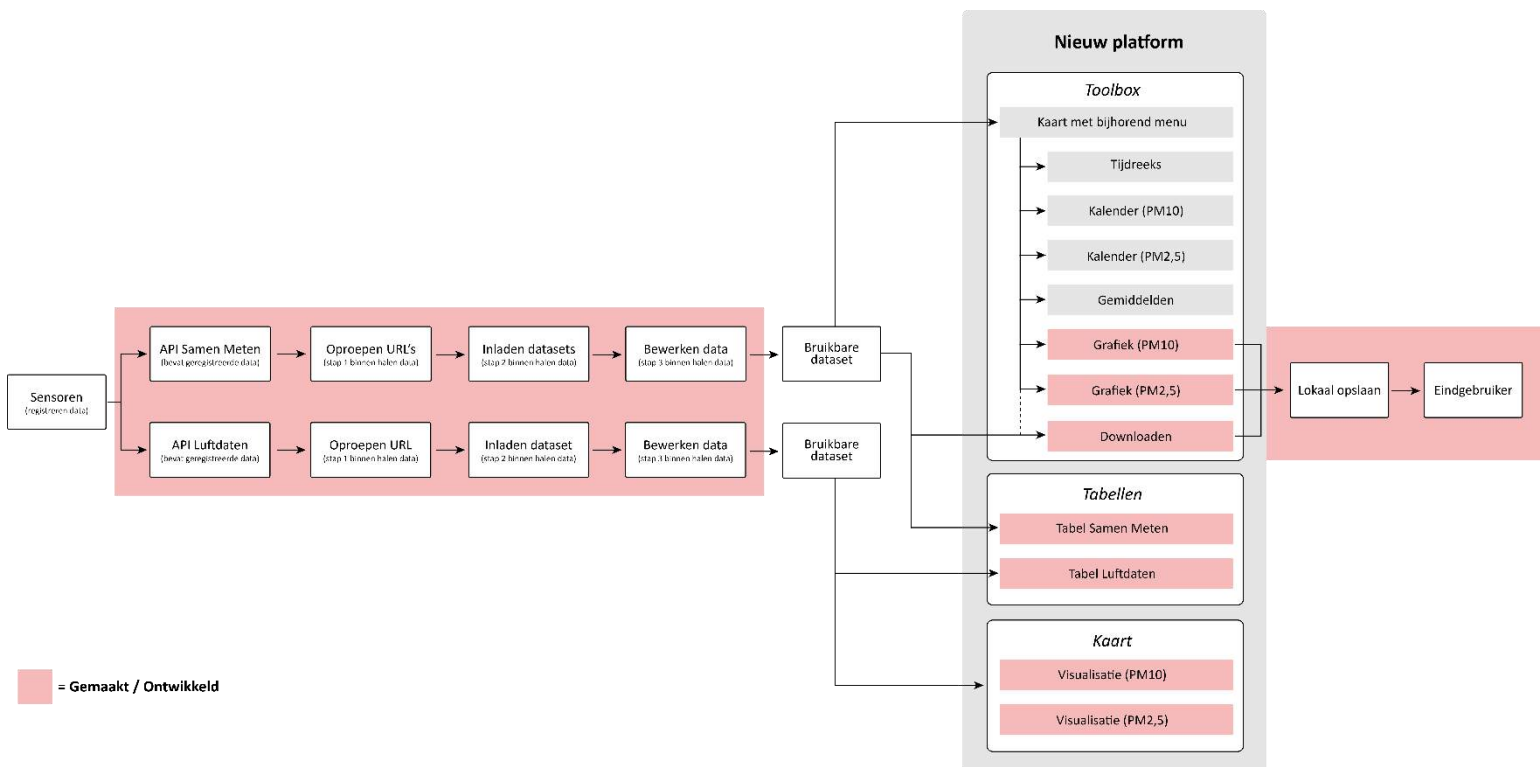
Stap 5: Bij de laatste stap wordt er nagedacht over de toekomstvisie. Zo worden er verschillende vervolgadvisies opgesteld en een nieuw ontwerp gemaakt voor het huidige platform.

6.2 Fundatie en transformatie platform

Voor de ontwikkeling van het platform is er, in overeenkomst met het RIVM, besloten om het huidige Hollandse Luchten platform te gebruiken als fundatie. Door het Hollandse Luchten platform reverse te engineeren*, kon het platform naar eigen hand aangepast en uitgebreid worden. In **figuur X** wordt de huidige datastroom van het platform weergegeven. Vervolgens zijn er een aantal aanpassingen doorgevoerd. In **figuur XX** is te zien hoe de datastroom in het nieuwe platform eruit ziet.



Figuur X: datastrooming huidige Hollandse Luchten platform



Figuur XX: datastrooming nieuwe platform

6.3 Binnenhalen API's en databewerking

Bij de ontwikkeling van het platform wordt er gebruik gemaakt van twee verschillende API's. Eén API is afkomstig van het Lufdaten sensorplatform en één API is afkomstig van het Samen Meten sensor dataportaal van het RIVM. De API's worden gebruikt om sensordata binnen te halen en deze om te zetten dat het kan worden gevisualiseerd in een applicatie. Op beiden API's worden diverse bewerkingen uitgevoerd die, na toelichting over het stappenplan hoe een dergelijke API opgeroepen moet worden, verder worden toegelicht.

6.3.1 Stappenplan oproepen API

Het stappenplan, wat nader behandeld zal worden, geeft weer welke stappen doorlopen moeten worden voordat een dergelijke API wordt opgeroepen en de bijhorende data wordt geïntegreerd in een product. Dit plan zorgt ervoor dat er in een later stadium, van bijvoorbeeld een onderzoek, geen grote obstakels worden veroorzaakt wanneer er gebruik gemaakt gaat worden van een API.

1. Soort API (uitvoering: uitvogelen soort API)

Het is belangrijk om eerst te kijken wat voor soort API er opgeroepen en gebruikt gaat worden. Er zijn verschillende soorten API's. Zo zijn er web-georiënteerde API's zoals het Simple Object Access Protocol (SOAP) en de Representational State Transfer (REST), maar ook programma-georiënteerde API's zoals Java API's. Elke soort API kan met verschillende functies opgeroepen worden (Schoemaker, 2019).

2. Structuur API (uitvoering: begrijpen structuur API)

Vervolgens is het belangrijk om de structuur van de desbetreffende API te begrijpen. Een dergelijke web API is bijvoorbeeld altijd via een link op te roepen. Wanneer deze link wordt ingevuld in een webbrowser, komt er een webpagina tevoorschijn. Deze webpagina laat de structuur van de desbetreffende API zien. De structuur van de API kan op het eerste gezicht onoverzichtelijk overkomen, maar door de structuur beter te bestuderen is het mogelijk om bepaalde patronen te herkennen.

Afhankelijk van hoe de structuur van een API in elkaar zit, kan het even duren voordat enige patronen ontdekt zijn. Een API kan altijd een eigen structuur hebben, dit is afhankelijk van het bedrijf of organisatie die de API heeft ontwikkeld. Een modernere API voldoet aan standaarden voor het waarborgen van ontwikkelaarsvriendelijkheid, waarbij alle informatie over de API goed is gedocumenteerd (Hoogenraad, 2018). Het goed om te onderzoeken hoe, wanneer en door wie de API is ontwikkeld. Zo kan er, met de gevonden resultaten, een tijdsinschatting gemaakt worden hoe lang het duurt om de structuur van een API te begrijpen.

3. Softwareprogramma (uitvoering: oproepen en gebruiken API)

Na het begrijpen van de structuur van de API is het van noodzaak om vast te hebben gesteld in welk softwareprogramma de API opgeroepen en gebruikt gaat worden. Het kan namelijk per softwareprogramma verschillen hoe de API ingeroepen moet worden. Dit verschil ligt bij de diverse programmeertalen die bestaan en de functies waarover een programmeertaal beschikt. Vaak staat in de documentatie van de API bijna altijd aangegeven hoe de API opgeroepen moet worden bij een bepaalde programmeertaal, maar het kan ook voorkomen dat bij een bepaalde programmeertaal dit niet het geval is. Het is dan verstandig om in het algemeen op te zoeken hoe een bepaalde API opgeroepen kan worden wanneer er gebruik wordt gemaakt van een programmeertaal. Websites zoals Stackoverflow of GitHub bevatten vaak waardevolle informatie die ook van toepassing kan zijn bij het inroepen en gebruiken van API's in softwareprogramma's.

6.3.2 API Lufdaten

Link naar documentatie API: <https://github.com/opendata-stuttgart/meta/wiki/APIs>

De API van Lufdaten bevat real time data van verschillende sensoren binnen Europa. De documentatie van de Lufdaten API is in de bovenstaande link te vinden. Het formaat van de API is in application/JSON, waardoor het mogelijk is om er in RStudio mee te werken. Als eerste is de API omgezet van JSON bestand naar een dataframe (tabel), waardoor alle data overzichtelijk is weergegeven. Vervolgens is alle data gefilterd op Nederland en zijn de coördinaten omgezet naar numerieke waardes. Dit is van belang wanneer de data gevisualiseerd wordt in een interactieve kaart.

Binnen de gemaakte dataframe is een kolom aanwezig die een zogenaamde 'lijst' bevat met de desbetreffende geregistreerde sensordata (PM 10 en PM 2,5); het bevat informatie over de sensordata en wat voor soort type data het is. Om met de data uit de API in een platform te kunnen werken, is de dataframe uitgepakt en omgezet naar twee individuele kolommen, zodat alle data in één overzichtelijke tabel weergegeven staat. Hierna zijn alle overbodige kolommen uit de tabel gefilterd en de kolomnamen aangepast zodat alle kolommen en desbetreffende waardes overeenkomen met de originele dataset van het Hollandse Luchten platform.

Na het leggen van de basis, is de sensordata binnen de tabel verder bewerkt. Als eerste zijn de meetwaardes 'temperatuur' en 'luchtvochtigheid' uit de data gefilterd. Vervolgens is de kolom met de PM 10- en PM 2,5 waardes omgezet naar twee aparte kolommen. Vervolgens zijn alle ongewenste tekens in beide kolommen verwijderd, zodat er geen problemen zouden ontstaan bij het verwerken van de data in het platform. Tot slot zijn de kolommen omgezet van tekstwaardes naar numerieke waardes, zodat er met de gegevens gewerkt kan worden in het platform.

Nadat alle data van de Lufdaten API is bewerkt wordt deze data opgeslagen als een RDS bestand (R bestand), waardoor het eenvoudig binnen andere R bestanden kan worden ingeladen. Dit draagt ook bij aan het overzichtelijk houden van de codes binnen verschillende R bestanden. Binnen het RStudio-script voor het inlezen van deze API is een uitgebreide uitleg te vinden over de stappen die zijn gezet. Deze uitleg is te vinden in bijlage 3 Het resultaat na het uitvoeren van de bovenstaande bewerkingen is te vinden in figuur 30.

#	date	kit_id	lat	lon	location.country	sensor_id	sensor.sensor_type.name	sensor.sensor_type.manufacturer	P1	P2
4	2020-06-08 09:54:02	19080	51.75900	5.88800	NL	32310	S05011	Nova Fitness	3.06	2.78
5	2020-06-08 09:54:02	0442	52.08400	5.23800	NL	18056	S05011	Nova Fitness	0.60	0.53
6	2020-06-08 09:54:02	5460	53.26840	6.773250	NL	18915	S05011	Nova Fitness	1.80	0.80
7	2020-06-08 09:54:02	23231	52.35900	4.926000	NL	37340	S05011	Nova Fitness	15.03	14.40
8	2020-06-08 09:54:02	26302	52.18077	5.164590	NL	49593	S05011	Nova Fitness	1.56	0.90
9	2020-06-08 09:54:01	27701	51.85200	5.562322	NL	42014	S05011	Nova Fitness	4.60	2.80
10	2020-06-08 09:54:01	25469	51.84909	5.845896	NL	36759	S05011	Nova Fitness	2.40	2.20
11	2020-06-08 09:54:01	2785	51.41800	6.144000	NL	5525	S05011	Nova Fitness	5.00	4.90
12	2020-06-08 09:54:00	9672	51.81900	4.380000	NL	17892	S05011	Nova Fitness	1.17	1.07
13	2020-06-08 09:54:00	23304	52.16071	5.238000	NL	37665	S05011	Nova Fitness	1.15	0.73
14	2020-06-08 09:54:00	12633	50.85200	5.676000	NL	24465	S05011	Nova Fitness	3.22	2.85
15	2020-06-08 09:54:00	17676	52.25400	4.439000	NL	11004	S05011	Nova Fitness	0.95	0.90
16	2020-06-08 09:54:00	20815	52.73900	4.752000	NL	34081	S05011	Nova Fitness	3.95	0.89
17	2020-06-08 09:54:00	26209	52.12578	4.657988	NL	40517	PM25003	Fluotraum	2.00	2.00
18	2020-06-08 09:54:00	10074	52.01900	4.726000	NL	18026	S05011	Nova Fitness	2.15	0.70
19	2020-06-08 09:53:59	15825	51.23200	5.678000	NL	38772	S05011	Nova Fitness	6.37	4.20
20	2020-06-08 09:53:59	0448	52.03400	5.158000	NL	16669	S05011	Nova Fitness	1.52	1.20
21	2020-06-08 09:53:59	10824	51.83200	4.869000	NL	27230	S05011	Nova Fitness	0.90	0.80
22	2020-06-08 09:53:59	22371	51.02200	5.818000	NL	46641	S05011	Nova Fitness	2.23	2.03
23	2020-06-08 09:53:59	19259	51.89000	5.328000	NL	32906	S05011	Nova Fitness	5.25	1.37

Figuur 30: Resultaat van de Lufdaten API na diverse bewerkingen

6.3.3 API Samen Meten

Link naar documentatie API: <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/dataportaal/api-application-programming-interface>.

De API van het Samen Meten platform geeft toegang tot datastromen die door verschillende soorten sensoren in Nederland worden verzameld. De API is verdeeld in verschillende categorieën, die er één voor één voor zorgen dat alle informatie structureel onderverdeeld is. De Samen Meten API is in application/JSON formaat, waardoor het mogelijk is om er in RStudio mee te werken. Om de juiste informatie op te roepen is het van belang dat de juiste elementen worden toegevoegd aan de volgende link: <https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0> "....+ ".

6.3.3.1 Structuur API

Wanneer bovenstaande link wordt ingevuld in een webbrowser komt de informatie, zoals weergegeven in figuur 31, tevoorschijn. Op de webpagina worden de verschillende belangrijke elementen beschreven; elke beschrijving bestaat uit een naam en een URL link.

```
{
  "value": [
    {
      "name": "Observations",
      "url": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Observations"
    },
    {
      "name": "Things",
      "url": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things"
    },
    {
      "name": "ObservedProperties",
      "url": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/ObservedProperties"
    },
    {
      "name": "Locations",
      "url": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Locations"
    },
    {
      "name": "Sensors",
      "url": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Sensors"
    },
    {
      "name": "HistoricalLocations",
      "url": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/HistoricalLocations"
    },
    {
      "name": "Datastreams",
      "url": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams"
    },
    {
      "name": "FeaturesOfInterest",
      "url": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/FeaturesOfInterest"
    }
  ]
}
```

Figuur 31: startscherm API Samen Meten

Binnen de API wordt de mogelijkheid gegeven om te navigeren naar verschillende hoofdelementen, maar het vinden van een logische structuur is voorsnog erg ingewikkeld. Om te kunnen begrijpen hoe de structuur in elkaar zit is het van belang om te kijken welk element welke informatie bevat, om zo een overzicht te creëren waar bepaalde datasegmenten zijn weggeschreven. In tabel 8 worden de desbetreffende hoofdelementen individueel behandeld.

.....+ (hoofdelement)	Functie
<i>Things</i>	<p>Geeft alle meetkasten weer. Elke meetkast heeft een eigen identificatienummer met bijhorende eigenaar. Voorbeeld weergave 'thing' in de API:</p> <pre data-bbox="300 595 1520 936"> { "@iot.nextlink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things?\$top=20&\$skip=20", "value": [{ "@iot.id": 30565, "@iot.selflink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(30565)", "name": "LTD_31883", "description": "LTD_31883", "properties": { "owner": "lufdaten", "project": "Lufdaten" }, "Locations@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(30565)/Locations", "Datastreams@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(30565)/Datastreams", "HistoricalLocations@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(30565)/HistoricalLocations" }] } </pre>
<i>Observed Properties</i>	<p>Geeft de naam en omschrijving weer van de waarden die door een sensor verzameld wordt (sensor maakt deel uit van een meetkast). Voorbeeld weergave 'observed property' in de API:</p> <pre data-bbox="300 1126 1520 1355"> { "value": [{ "@iot.id": 32, "@iot.selflink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/ObservedProperties(32)", "name": "pm25_kal", "description": "fijnstof gekalibreerd < 2.5microm", "definition": "https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal/help/sensortype.pdf", "Datastreams@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/ObservedProperties(32)/Datastreams" }] } </pre>
<i>Locations</i>	<p>Geeft de locatiegegevens weer van een specifieke meetkast. Voorbeeld weergave 'location' in de API:</p> <pre data-bbox="300 1503 1489 1877"> { "@iot.nextlink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Locations?\$top=20&\$skip=20", "value": [{ "@iot.id": 23184, "@iot.selflink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Locations(23184)", "name": "loc-name-LTD_31883", "description": "loc-desc-LTD_31883", "encodingType": "application/vnd.geo+json", "location": { "coordinates": [52.1, 5.348], "type": "point" }, "Things@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Locations(23184)/Things", "HistoricalLocations@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Locations(23184)/HistoricalLocations" }] } </pre>

<p><i>Sensors</i></p>	<p>Geeft weer wat voor soort sensor er aanwezig is in een specifieke meetkast. Voorbeeld weergave 'Sensor' in de API:</p> <pre data-bbox="341 293 1410 539"> { "value": [{ "@iot.id": 55, "@iot.selfLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Sensors(55)", "name": "Palmas huisje", "description": "11", "encodingType": "application/pdf", "metadata": "https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal/help/sensortype.pdf", "Datastreams@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Sensors(55)/Datastreams" }] } </pre>
<p><i>Observations</i></p>	<p>Geeft de volgende datawaarden weer; tijd van meting en het bijhorend resultaat. Elke datastroom heeft zijn eigen observaties. Voorbeeld weergave 'Observation' in de API:</p> <pre data-bbox="309 763 1458 1039"> { "@iot.nextLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Observations?\$top=20&\$skip=20", "value": [{ "@iot.id": 43512026, "@iot.selfLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Observations(43512026)", "phenomenonTime": "2020-05-17T01:08:00.000Z", "result": 8.912, "Datastream@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Observations(43512026)/Datastream", "FeatureOfInterest@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Observations(43512026)/FeatureOfInterest", "resultTime": null }] } </pre>
<p><i>Datastreams</i></p>	<p>Geeft de verschillende datastromingen weer van een meetkast, voorbeelden: PM 10 (fijnstof) en temp (temperatuur). Elke aparte eenheid staat voor een eigen sensor. Elke meetkast heeft een aantal eigen sensoren (dus ook een aantal datastromen). Voorbeeld weergave 'Datastream' in de API:</p> <pre data-bbox="341 1308 1458 1659"> { "@iot.nextLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams?\$top=20&\$skip=20", "value": [{ "@iot.id": 107919, "@iot.selfLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(107919)", "name": "LD_31883-6-pres", "description": "LD_31883-6-pres", "unitOfMeasurement": { "definition": "http://www.qudt.org/qudt/owl/1.0.0/unit/Instances.html", "symbol": "hPa" }, "ObservationType": "http://www.opengis.net/def/observationType/OGC-OM/2.0/OfMeasurement", "Thing@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(107919)/Thing", "Sensor@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(107919)/Sensor", "Observations@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(107919)/Observations", "ObservedProperty@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(107919)/ObservedProperty" }] } </pre>

<p><i>Features Of Interest</i></p>	<p>Geeft een aantal belangrijke datawaarden weer per feature, hier gaat het vooral om informatie die in andere elementen ook worden behandeld (bijv.: de coördinaten bij 'location'). Voorbeeld weergave 'Feature of Interest' in de API:</p> <pre data-bbox="304 327 1437 685"> { "@iot.nextlink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/FeaturesOfInterest?\$top=20&\$skip=20", "value": [{ "@iot.id": 16351, "@iot.selflink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/FeaturesOfInterest(16351)", "name": "loc-nase-181_58969", "description": "loc-desc-181_58969", "encodingType": "application/vnd.geo+json", "feature": { "coordinates": [51.881, 4.432], "type": "point" }, "@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/FeaturesOfInterest(16351)/Observations" }], }</pre>
<p>Historical Locations</p>	<p>Geeft een aantal waarden weer die in voorgaande hoofdelementen al voor zijn gekomen (in dit geval de tijdsaanduiding). Voorbeeld weergave 'Historical Location' in de API:</p> <pre data-bbox="296 819 1485 1043"> { "@iot.nextlink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/HistoricalLocations?\$top=20&\$skip=20", "value": [{ "@iot.id": 23182, "@iot.selflink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/HistoricalLocations(23182)", "time": "2020-05-18T01:51:52.645Z", "Thing@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/HistoricalLocations(23182)/Thing", "Locations@iot.navigationLink": "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/HistoricalLocations(23182)/Locations" }], }</pre>

Tabel 8: hoofdelementen API 'Samen Meten'.

6.3.3.2 Oproepen API

Naast dat het belangrijk is om te weten hoe de API in elkaar zit, is het ook van belang om te weten hoe de desbetreffende API opgeroepen moet worden. Bij het oproepen van de API, door het invullen van de URL link, wordt er een bepaalde reactie teruggestuurd. De waardes die terug worden gestuurd zijn afhankelijk van de URL link die wordt ingevuld bij het oproepen van de API. Zo kan er in de URL link een specifieke meetkast of datastroom opgevraagd worden. Het is van belang om te weten welke waardes opgeroepen moeten worden, zodat de juiste URL link gecreëerd wordt waarmee specifieke waardes opgevraagd kunnen worden.

Afhankelijk van hoe de URL link wordt ingevoerd, komen er twee elementen tevoorschijn:

1. informatie over het specifieke element en 2. navigatielinks naar andere bijhorende elementen.
- Door goed naar de voorbeelden te kijken in tabel 8, zie je dat er bij bepaalde elementen meer informatie en links worden weergegeven dan bij andere elementen. Elk element bevat specifieke waardes.

Daarnaast wordt er bij het oproepen van de API een limiet gesteld aan het aantal waardes wat binnengehaald kan worden. Eén URL link kan maximaal twintig waardes bevatten. Om meer waardes op te roepen, bijvoorbeeld bij 'Observations', moet er aan het einde van de huidige link het volgende toegevoegd worden: "...?&top=20&\$skip=20". Wanneer deze link tevoorschijn komt en wordt ingevoerd zullen de waardes, die werden weggelaten, worden getoond. Wanneer een element meer waardes bevat, is het mogelijk om in het 'skip=...' element in stappen van twintig alle waardes langs te gaan.

6.3.3.3 API binnenhalen en bewerken

Bij het binnenhalen en bewerken wordt beschreven hoe één meetkast vanuit de Samen Meten API wordt verwerkt in RStudio. Om meerdere meetkasten in te laden moet het script per meetkast ingevuld worden. De stappen in het proces die hierbij van toepassing zijn, worden in de uitwerking aangewezen.

Om de benodigde waardes en informatie vanuit de API op te roepen in RStudio, moeten eerst een aantal URL links opgegeven worden. In dit geval gaat het om specifieke informatie en data voor één meetkast. Om overzichtelijkheid en reproduceerbaarheid te waarborgen is er een RStudio script ontwikkeld voor het oproepen en bewerken voor een unieke meetkast (zie bijlage 3).

In het onderstaande stappenplan wordt ingegaan op hoe alle URL links, die de desbetreffende waardes en informatie bevatten, in elkaar zijn gezet. Dit stappenplan moet per meetkast opnieuw uitgevoerd worden.

Stappenplan invullen URL-links

1. Ophalen specifieke meetkast

Het is altijd van belang om eerst te weten welke meetkast ingeroepen moet worden. Wanneer er een meetkast is gespecificeerd kan er verder gekeken worden naar de bijhorende waardes zoals locatie en datawaardes. Voor het uitkiezen van een meetkast kan er bijvoorbeeld gezocht worden op het Samen Meten dataportaal. Wanneer een meetkast is gespecificeerd, wordt de volgende link ingevuld.

Link: <https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things>

Bij het invullen van bovenstaande link, komt er een lijst tevoorschijn met twintig individuele meetkasten. Afhankelijk van het meetkast identificatienummer, in dit geval *LTD_22481*, moet er handmatig gezocht worden naar het bijhorende ‘things’ nummer. De API zelf bevat tientallen meetkasten, waardoor handmatig zoeken vaak lang kan duren.

Link: [https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things?&top=20\\$skip=560](https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things?&top=20$skip=560)

Uiteindelijk uitgekomen bij het juiste meetkast identificatienummer, wordt het bijhorend ‘Things’ nummer meegenomen bij het invullen van de eerste belangrijke link (onder weergegeven).

Eindresultaat link: [https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things\(30017\)](https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(30017))

Bevat: identificatienummer- en de eigenaar van de meetkast. Beide elementen worden verwerkt in het uiteindelijke eindresultaat.

2. Ophalen locatiegegevens

Vervolgens is het van belang om de locatiegegevens van de meetkast te benaderen en in te roepen. Bij deze stap wordt er gezocht naar de specifieke locatiegegevens van één meetkast. Hierdoor ontstaat de tweede belangrijke link (onder weergegeven).

Eindresultaat link: [https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things\(30017\)/Locations](https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(30017)/Locations)

Bevat: het coderingstype van de API en de coördinaten (latitude en longitude). Beide elementen worden verwerkt in het uiteindelijke eindresultaat.

3. Ophalen sensordatastromen

Vervolgens is het van belang om de sensordata, die door de sensoren in de meetkast wordt geregistreerd, op te halen. Als eerste is het belangrijk om uit te zoeken of de meetkast de juiste datastromen bevat, het kan zijn dat een meetkast fijnstof wel registreert maar de luchtvochtigheid niet. Bij deze stap wordt er gezocht naar de datastromen van één meetkast, waarbij de volgende link ingevuld wordt.

Link: [https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things\(30017\)/Datastreams](https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(30017)/Datastreams)

Bij het invullen van bovenstaande link komt er een lijst tevoorschijn met alle datastromen van de meetkast. Om de juiste data op te roepen is het van belang om de juiste datastroomnummers te noteren. Als voorbeeld wordt de datastroom PM 2,5 gebruikt, die als datastroom het nummer '104771' toegewezen heeft gekregen. Bij specificatie van de datastroom wordt de volgende link ingevuld.

Link: [https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams\(104771\)](https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771))

[Bij het invullen van bovenstaande link, komt er informatie tevoorschijn over de gespecificeerde datastroom \(beschrijving, symbool etc.\). Vervolgens wordt de stap genomen om informatie over de datastroom binnen te halen, in dit geval gaat het om de observaties en de bijhorende informatie over de observaties. Om dit te bewerken wordt de bovenstaande link op twee manieren verder uitgewerkt \(onder weergegeven\).](#)

Eindresultaat links (1/2): [https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams\(104771\)/Observations](https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations)

Bevat: sensorwaardes en bijhorende datum en tijdstip. Beide elementen worden verwerkt in het uiteindelijke eindresultaat.

Voor het ophalen van de sensorwaarden uit de datastroom wordt de bovenstaande link gebruikt. Bij het invullen van de link komt er een lijst tevoorschijn met twintig sensorwaarden. Om meer waarden in te roepen zijn er nieuwe links opgegeven, zoals in tabel 9 wordt weergegeven.

<i>Links</i>	<i>Aantal sensorwaarden uit datastroom</i>
(+) /Observations	20
(+) /Observations?&top=20\$skip=20	20
(+) /Observations?&top=20\$skip=40	20
(+) /Observations?&top=20\$skip=60	20
Totaal	80

Tabel 9: ingevulde links om sensorwaarden uit datastroom op te halen

Eindresultaat links (2/2): [https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams\(104771\)/ObservedProperty](https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/ObservedProperty)

Bevat: omschrijving van de opgehaalde sensorwaarden. Het element wordt verwerkt in het uiteindelijke eindresultaat.

Om vervolgens de bijhorende beschrijving van de sensorwaarden op te roepen wordt de bovenstaande link gebruikt.

Stap 3 in het stappenplan “invullen URL-links” is een iteratief proces voor de volgende datastromingen: PM 10, PM 10 gekalibreerd, PM 2,5 en PM 2,5 gekalibreerd. Voor de vier datastromingen zijn de juiste datastroomnummers ingevuld in aparte URL links. In figuur 32 worden alle links in een RStudio script weergegeven.

```

23 Infor1 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(10012)"
24 Infor2 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Things(10012)/Locations"
25
26 # We 2.5 data
27 Infor3 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations"
28 Infor4 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations?Step=20&skip=20"
29 Infor5 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations?Step=20&skip=40"
30 Infor6 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations?Step=20&skip=60"
31
32 # We 10 data
33 Infor8 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations"
34 Infor9 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations?Step=20&skip=20"
35 Infor10 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations?Step=20&skip=40"
36 Infor11 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations?Step=20&skip=60"
37 Infor12 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v1.0/Datastreams(104771)/Observations?Property"
38
39 # We 2.5 gekalibreerde data
40 Infor13 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations"
41 Infor14 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations?Step=20&skip=20"
42 Infor15 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations?Step=20&skip=40"
43 Infor16 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations?Step=20&skip=60"
44 Infor17 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations?Property"
45
46 # We 10 gekalibreerde data
47 Infor18 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations"
48 Infor19 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations?Step=20&skip=20"
49 Infor20 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations?Step=20&skip=40"
50 Infor21 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations?Step=20&skip=60"
51 Infor22 <- "https://api-samenmeten.rivm.nl/v2.0/Datastreams(104772)/Observations?Property"

```

Figuur 32: overzicht ingevulde API URL links voor één meetkast.

- *Einde stappenplan invullen URL-links* -

Na het invullen van de belangrijke URL links, is de stap gemaakt naar het oproepen van de informatie en data. Als eerst zijn de desbetreffende links in individuele objecten geplaatst. Vervolgens zijn de desbetreffende objecten in individuele werkruimtes geplaatst, waarna met een speciale functie de informatie en data is opgehaald. Om een duidelijke onderscheiding te maken welke werkruimte welke informatie en data bevat, zijn de werkruimtes in speciaal opgezette werkruimtes met een unieke naamgeving geplaatst.

Vervolgens is de stap genomen om deze werkruimtes om te zetten naar bewerkbare bestanden, voor de uiteindelijke verwerking van de data in het platform. Als eerste zijn de werkruimtes omgezet naar tekstbestanden, zodat deze omgezet konden worden naar JSON bestanden. Alle JSON bestanden zijn vervolgens omgezet naar dataframes (tabellen) om alle informatie en data overzichtelijk weer te geven en makkelijk bewerkbaar te maken.

Na het invoeren en bewerkbaar maken van de informatie en data kon de stap gemaakt worden naar het aanpassen en bewerken van de verschillende dataframes. Als eerste zijn in de individuele dataframes kolommen verwijderd met overbodige informatie (navigatie URL links). Vervolgens zijn de kolomnamen van alle datastroomkolommen aangepast, om de overzichtelijkheid van de dataframes te waarborgen. Om alle dataframes samen te voegen, is er in elke dataframe een kolomnaam toegevoegd (naam meetkast) waarmee alle dataframes aan elkaar gekoppeld konden worden.

In het resulterende dataframe worden vervolgens de kolommen en bijhorende waardes verder bewerkt, zodat de dataframe makkelijk geïntegreerd kan worden binnen het platform. Om dit te waarborgen moest de notatie van de waardes in de locatie- en datumkolommen aangepast worden. Vervolgens is er gekeken of alle kolommen de juiste klasse (bijv.: numeriek) toegewezen hadden gekregen en zodoende zijn er bij een aantal kolommen in de dataframe de klassen aangepast.

Nadat alle data van de Samen Meten API is bewerkt, wordt de resulterende dataframe opgeslagen als RDS bestand (RStudio formaat bestand). Door het RDS bestand dezelfde naam te geven als de ingeroepen meetkast, kan er bij het ophalen van meerdere meetkasten makkelijk een onderscheid gemaakt worden in welke RDS bestand bij welk meetkast hoort.

In het RStudio script van de Samen Meten API is er een uitgebreide uitleg te vinden over de stappen die zijn gezet. De uitleg is te vinden in bijlage 3. Het uiteindelijke dataframe is te zien in figuur 33.

id	date	bit_id	properties.owner	value.encodingType	lat	lon	pn15	description.pn15	pn10	description.pn10	pn15_kal	description.pn15.kal	pn10.kal	description.pn10.kal
1	2020-06-01 019000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	147	fjntaf = 2.5m/zoom	261	fjntaf = 10m/zoom	4205	fjntaf = 2.5m/zoom	13268	fjntaf = 10m/zoom
2	2020-06-01 020000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	157	fjntaf = 2.5m/zoom	349	fjntaf = 10m/zoom	3580	fjntaf = 2.5m/zoom	9408	fjntaf = 10m/zoom
3	2020-06-01 021000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	158	fjntaf = 2.5m/zoom	312	fjntaf = 10m/zoom	3126	fjntaf = 2.5m/zoom	10470	fjntaf = 10m/zoom
4	2020-06-01 040000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	160	fjntaf = 2.5m/zoom	383	fjntaf = 10m/zoom	4080	fjntaf = 2.5m/zoom	15290	fjntaf = 10m/zoom
5	2020-06-01 050000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	162	fjntaf = 2.5m/zoom	373	fjntaf = 10m/zoom	4240	fjntaf = 2.5m/zoom	9298	fjntaf = 10m/zoom
6	2020-06-01 060000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	158	fjntaf = 2.5m/zoom	382	fjntaf = 10m/zoom	4982	fjntaf = 2.5m/zoom	5008	fjntaf = 10m/zoom
7	2020-06-01 070000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	148	fjntaf = 2.5m/zoom	287	fjntaf = 10m/zoom	4770	fjntaf = 2.5m/zoom	8291	fjntaf = 10m/zoom
8	2020-06-01 080000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	154	fjntaf = 2.5m/zoom	326	fjntaf = 10m/zoom	4126	fjntaf = 2.5m/zoom	6640	fjntaf = 10m/zoom
9	2020-06-01 090000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	150	fjntaf = 2.5m/zoom	520	fjntaf = 10m/zoom	5405	fjntaf = 2.5m/zoom	9344	fjntaf = 10m/zoom
10	2020-06-01 020000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	156	fjntaf = 2.5m/zoom	382	fjntaf = 10m/zoom	3126	fjntaf = 2.5m/zoom	6208	fjntaf = 10m/zoom
11	2020-06-02 020000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	178	fjntaf = 2.5m/zoom	388	fjntaf = 10m/zoom	4000	fjntaf = 2.5m/zoom	3900	fjntaf = 10m/zoom
12	2020-06-02 040000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	194	fjntaf = 2.5m/zoom	488	fjntaf = 10m/zoom	4104	fjntaf = 2.5m/zoom	11480	fjntaf = 10m/zoom
13	2020-06-02 050000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	248	fjntaf = 2.5m/zoom	478	fjntaf = 10m/zoom	8088	fjntaf = 2.5m/zoom	11904	fjntaf = 10m/zoom
14	2020-06-02 060000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	260	fjntaf = 2.5m/zoom	587	fjntaf = 10m/zoom	7884	fjntaf = 2.5m/zoom	18135	fjntaf = 10m/zoom
15	2020-06-02 070000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	300	fjntaf = 2.5m/zoom	482	fjntaf = 10m/zoom	6270	fjntaf = 2.5m/zoom	16386	fjntaf = 10m/zoom
16	2020-06-02 080000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	348	fjntaf = 2.5m/zoom	688	fjntaf = 10m/zoom	10290	fjntaf = 2.5m/zoom	21185	fjntaf = 10m/zoom
17	2020-06-02 090000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	300	fjntaf = 2.5m/zoom	580	fjntaf = 10m/zoom	6012	fjntaf = 2.5m/zoom	17080	fjntaf = 10m/zoom
18	2020-06-02 100000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	308	fjntaf = 2.5m/zoom	578	fjntaf = 10m/zoom	5985	fjntaf = 2.5m/zoom	13200	fjntaf = 10m/zoom
19	2020-06-02 110000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	368	fjntaf = 2.5m/zoom	434	fjntaf = 10m/zoom	6038	fjntaf = 2.5m/zoom	14762	fjntaf = 10m/zoom
20	2020-06-02 120000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	348	fjntaf = 2.5m/zoom	528	fjntaf = 10m/zoom	5982	fjntaf = 2.5m/zoom	19114	fjntaf = 10m/zoom
21	2020-06-02 130000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	350	fjntaf = 2.5m/zoom	548	fjntaf = 10m/zoom	4914	fjntaf = 2.5m/zoom	15948	fjntaf = 10m/zoom
22	2020-06-02 140000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	340	fjntaf = 2.5m/zoom	811	fjntaf = 10m/zoom	4488	fjntaf = 2.5m/zoom	12484	fjntaf = 10m/zoom
23	2020-06-02 160000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	350	fjntaf = 2.5m/zoom	570	fjntaf = 10m/zoom	4908	fjntaf = 2.5m/zoom	14400	fjntaf = 10m/zoom
24	2020-06-02 160000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	378	fjntaf = 2.5m/zoom	451	fjntaf = 10m/zoom	5426	fjntaf = 2.5m/zoom	13686	fjntaf = 10m/zoom
25	2020-06-02 170000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	268	fjntaf = 2.5m/zoom	521	fjntaf = 10m/zoom	7585	fjntaf = 2.5m/zoom	15620	fjntaf = 10m/zoom
26	2020-06-02 180000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	326	fjntaf = 2.5m/zoom	486	fjntaf = 10m/zoom	7020	fjntaf = 2.5m/zoom	14260	fjntaf = 10m/zoom
27	2020-06-02 190000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	400	fjntaf = 2.5m/zoom	685	fjntaf = 10m/zoom	5180	fjntaf = 2.5m/zoom	18390	fjntaf = 10m/zoom
28	2020-06-02 200000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	301	fjntaf = 2.5m/zoom	628	fjntaf = 10m/zoom	6370	fjntaf = 2.5m/zoom	13258	fjntaf = 10m/zoom
29	2020-06-02 210000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	297	fjntaf = 2.5m/zoom	564	fjntaf = 10m/zoom	6280	fjntaf = 2.5m/zoom	18480	fjntaf = 10m/zoom
30	2020-06-02 220000	[70_2248]	LidBaker	application/mjpeg-jon	51.800	5.000	307	fjntaf = 2.5m/zoom	688	fjntaf = 10m/zoom	7718	fjntaf = 2.5m/zoom	18685	fjntaf = 10m/zoom

Figuur 33: eindresultaat oproepen en bewerken één meetkast.

6.4 Visualisatie data en uitbreiding functionaliteiten

Na het binnenhalen en bewerken van de data uit de API's, is de stap gemaakt naar het verwerken van de data in het platform. In dit hoofdstuk worden de huidige functionaliteiten van het Hollandse Luchten platform behandeld, waarna de functionaliteiten van het nieuwe platform aan bod komen.

6.4.1 Functionaliteiten Hollandse Luchten platform



Figuur 34: Hollandse Luchten prototype toolbox.

Het Hollandse Luchten platform is een prototype sensor dataplatform ontwikkelt voor het RIVM (zie figuur 34). Het platform is tot stand gekomen om burgers, overheidsinstellingen en andere partijen de vrijheid en mogelijkheid te geven om op een snelle manier een eigen vraagstuk of probleemstelling use case in het platform te analyseren en visualiseren. Om dit te waarborgen beschikt het platform over een aantal functionaliteiten. De functionaliteiten van het platform zijn onder te verdelen in twee hoofdcomponenten:

1. *Kaart met bijhorend menu*

In de kaart worden de sensoren weergegeven, waarin ook referentiestations van het KNMI en Hollandse Luchten zijn verwerkt. De kaart bevat daarnaast functies om in- en uit te zoomen, gebieden te selecteren in cirkel- en vierkantformaat en ook de mogelijkheid om deze gebieden te verwijderen.

Onder de kaart zijn de volgende functies verwerkt: een kies componentknop waarin een component (bijv.: PM 10) geselecteerd kan worden, een reset selectieknop die ervoor zorgt dat de selectie in de kaart gereset wordt, een functie om een aantal geselecteerde sensoren als groep op te slaan en een tijdreeks waarin de begin- en einddatum van de ingeladen sensordata wordt weergegeven.

2. Visualisatiemogelijkheden

Er zijn vijf tabbladen met visualisatiemogelijkheden. Elk tabblad heeft zijn eigen visualisatiemethode, dit zijn:

De tijdreeks

De tijdreeks laat, bij selectie van een sensor, een tijdreeksplot zien van de sensorwaarden per uur die wordt aangegeven in de tijdsbalk onder de kaart. De component die wordt weergegeven kan zelf door de gebruiker geselecteerd worden. De componentwaarden worden te allen tijde vergeleken met het dichtstbijzijnde meetstation van het landelijk luchtmeetnet (bron toevoegen). De gebruiker kan hierdoor de sensorwaarden vergelijken met referentiemetingen.

De kalender

De kalender geeft, bij selectie van een sensor, een kalenderplot weer waarin de gemiddelde dagconcentraties worden weergegeven. De gebruiker kan zelf een component selecteren en de begin- en einddatum veranderen in de tijdsbalk. De gebruiker kan met de kalender snel inzicht krijgen op welke dagen de concentratie hoog of laag was. De kalender beschikt over een schaalbalk waarin wordt weergegeven welke getallen bij welke kleur horen.

De gemiddelden

De gemiddelden geeft, bij selectie van een sensor, een gemiddelden plot weer waarin de gemiddelde concentraties per tijdsperiode getoond worden. Het plot bestaat uit vier grafieken, die elk bij een eigen tijdsaanduiding de gemiddelde concentratie laten zien. De gebruiker kan zelf een component selecteren en de begin- en einddatum veranderen in de tijdsbalk.

De pollutieroos

De pollutieroos geeft, bij selectie van een sensor, een pollutieroosplot weer waarin per windsector het gemiddelde van de sensormetingen wordt getoond wanneer de wind uit die verschillende richting waait. De gebruiker kan zelf een component selecteren en de datum veranderen in de tijdsbalk.

De pollutieroos (in percentages)

De percentage pollutieroos geeft, bij selectie van een sensor, een gewogen pollutieroos plot weer waarin per windsector wordt weergegeven welk aandeel de specifieke sector heeft in de totale gemiddelde concentratie. Per sector wordt de gemiddelde concentratie gewogen naar hoe vaak deze windrichting voorkomt. De gebruiker kan zelf een component selecteren en de datum veranderen in de tijdsbalk.

De windroos

De windroos geeft, bij selectie van een sensor, een windroos plot weer waarin de windrichting- en snelheid van het dichtstbijzijnde KNMI-stations wordt weergegeven. Voor elke windsector wordt er een grafiek getoond waarin wordt weergegeven hoeveel procent van de tijd de wind vanuit een richting waait. De gekleurde blokken geven de windsnelheid aan. De gebruiker kan alleen de datum aanpassen in de tijdsbalk.

6.4.2 Functionaliteiten nieuw platform

Om het Hollandse Luchten platform reverse te engineeren, is het noodzakelijk om over de bestanden te beschikken waarmee het platform is ontwikkeld. Het gaat in dit geval om de RStudio- en de HTML/CSS scripts. Het RIVM stelt alle bestanden beschikbaar via GitHub, een website waar de mogelijkheid wordt gegeven om software en bijhorende bestanden op te plaatsen ([bron GitHub RIVM](#)). Zodoende zijn de bestanden lokaal gedownload en binnen de softwareprogramma's RStudio en Brackets aangepast en bijgewerkt. De finale bestanden, die voortkomen uit het reverse engineeren van het Hollandse Luchten Platform, zijn openbaar beschikbaar gesteld op GitHub ([bron GitHub Eigen](#)).



Figuur 35: aangepaste prototype toolbox.

De toolbox (zie figuur 35) bevat, evenals de Hollandse Luchten applicatie, twee belangrijke elementen: de kaart met bijhorend menu en de visualisatie- en analyse mogelijkheden. Per onderdeel worden de sub-componenten toegelicht, de componenten bevatten de functionaliteiten waarmee de gebruiker in de toolbox met sensordata aan de slag kan gaan.

Kaart met bijhorend menu

In de kaart worden acht meetkasten weergegeven die via de Samen Meten API zijn ingeroepen (zie figuur 36). Bij het openen van de toolbox komt de gemeente Arnhem tevoorschijn. Dit is gedaan om de focus te leggen op de casus 'Arnhem's Peil'. Burgers die woonachtig zijn in de gemeente en in dit geval zijn aangesloten bij het Arnhem's Peil, kunnen zo makkelijk in hun eigen omgeving de omgevingskwaliteiten bekijken die door Lufdaten sensoren worden geregistreerd.

De functionaliteiten die de kaart bevat, zoals de in- en uitzoomfunctie, komen overeen met de functionaliteiten van de kaart in de Hollandse Luchten applicatie.

Het menu, dat zich onder de kaart bevindt (zie figuur 36), bevat dezelfde functionaliteiten als het menu dat zich bevindt in het Hollandse Luchten platform.



Figuur 36: kaart met bijhorend menu; aangepaste prototype toolbox.

Het is mogelijk om een component te selecteren en daarnaast kan er bij selectie van meerdere sensoren een groep aangemaakt worden. Het enige verschil zit in de tijdsbalk. Dit verschil komt voort uit het feit dat bij het oproepen van de sensordata uit de API, de tijds aanduiding van de teruggestuurde waardes slechts een aantal dagen terug gaat (maximaal vijf dagen).

Visualisatie- en analyse mogelijkheden

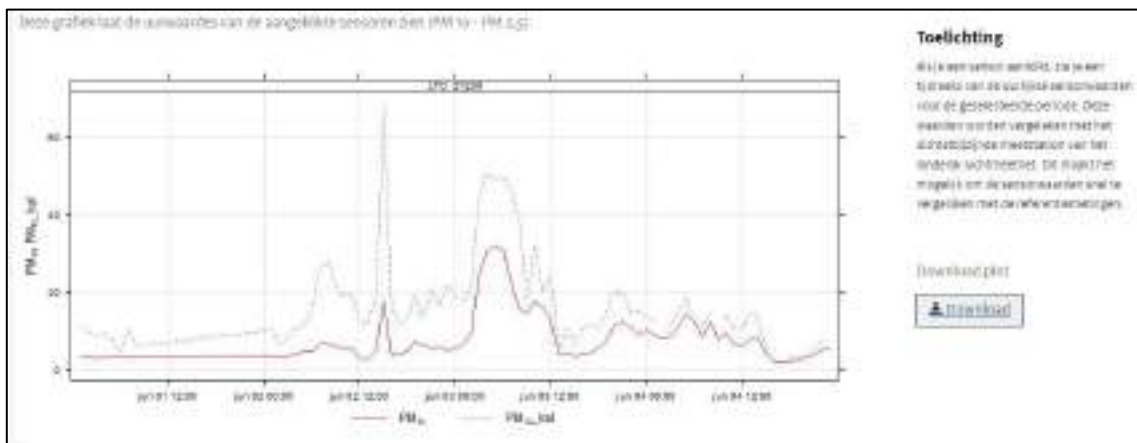
De toolbox beschikt over een aantal visualisatie- en analysemogelijkheden (zie figuur 37). Evenals de toolbox in de Hollandse Luchten platform, worden deze mogelijkheden verdeeld in tabbladen. De gebruiker kan binnen de toolbox zelf selecteren welk tabblad hij of zij voor zich wil hebben. Elk tabblad beschikt over een algemene toelichting, waarin kort wordt beschreven welke functie het desbetreffende geselecteerde tabblad vervult.



Figuur 37: overzicht tabbladen visualisatie- en analyse mogelijkheden.

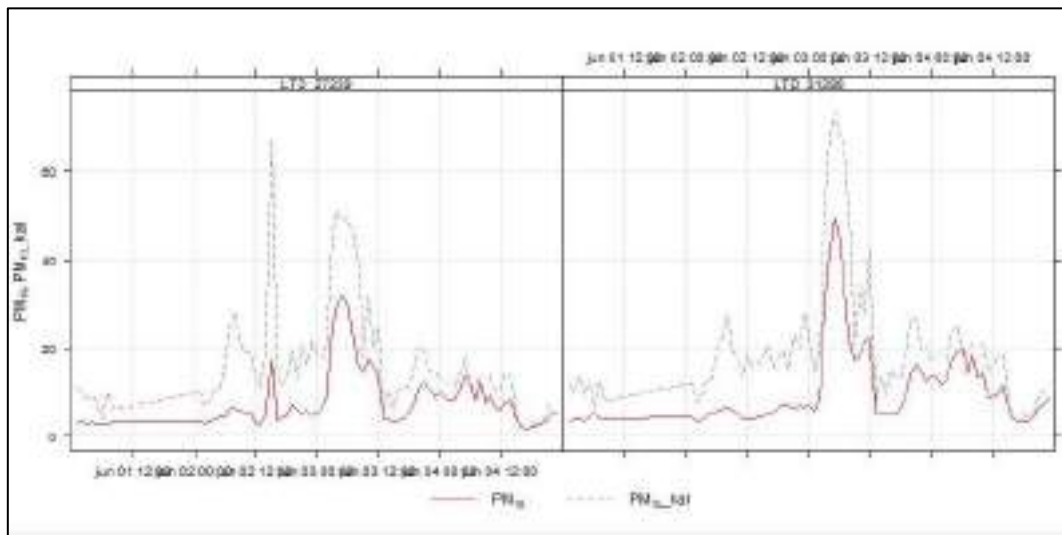
Tijdreeks plot

De tijdreeks bevat in grote lijnen dezelfde functionaliteiten als de tijdreeks van het Hollandse Luchten platform. Bij het selecteren van een sensor in de kaart komt er een plot tevoorschijn (zie figuur 38). Het plot bestaat uit een x-as met de tijdsaanduiding en een y-as met de componentaanduiding. Het is mogelijk om in het menu onder de kaart bij 'kies component' te selecteren welke component er in de y-as geplaatst wordt. De gebruiker wordt bij het kiezen van een component gelimiteerd tot het selecteren van PM 10 of PM 2,5. Bij selectie van de componenten PM 10 of PM 2,5, worden de gekalibreerde PM 10 of PM 2,5 waarden als vergelijking toegevoegd aan het plot.



Figuur 38: overzicht tabbladen visualisatie- en analyse mogelijkheden.

Wanneer de gebruiker meer dan een sensor selecteert, wordt er per sensor een grafiek gegenereerd en naast elkaar geplaatst (zie figuur 39). Elke grafiek bevat het nummer van de desbetreffende sensor zodat de gebruiker weet welke grafiek bij welke sensor hoort.



Figuur 39: tijdreeks grafieken van twee geselecteerde sensoren.

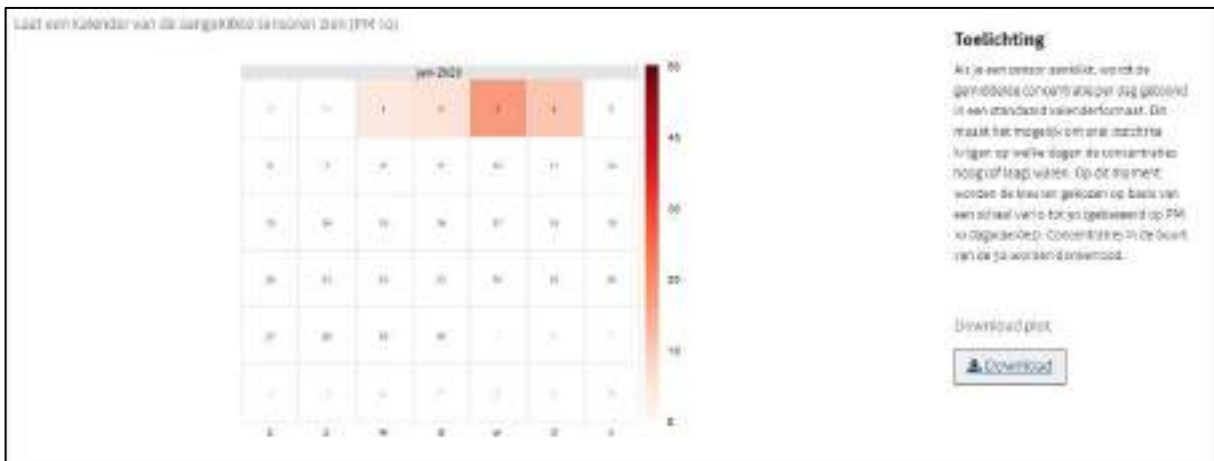
De tijdreeks beschikt daarnaast nog over een downloadknop (zie figuur 38). De downloadknop functioneert nog niet naar behoren. Wanneer de gebruiker op de knop klikt wordt de huidige pagina opgeslagen als html bestand, dus niet als afbeelding (png of jpeg formaat).

Kalender plot (PM 10 - PM 2,5)

De kalender bevat dezelfde functionaliteiten als de kalender in het Hollandse Luchten platform. Bij het selecteren van een sensor komt er een kalender tevoorschijn. In de kalender worden de dagwaardes berekend voor de geselecteerde component, met een bijhorende schaalbalk waarin de waardes in een kleurenverloop worden weergegeven (o tot 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$): hoe donkerder de kleur, hoe dichterbij de component tegen de dagwaarde aan zit.

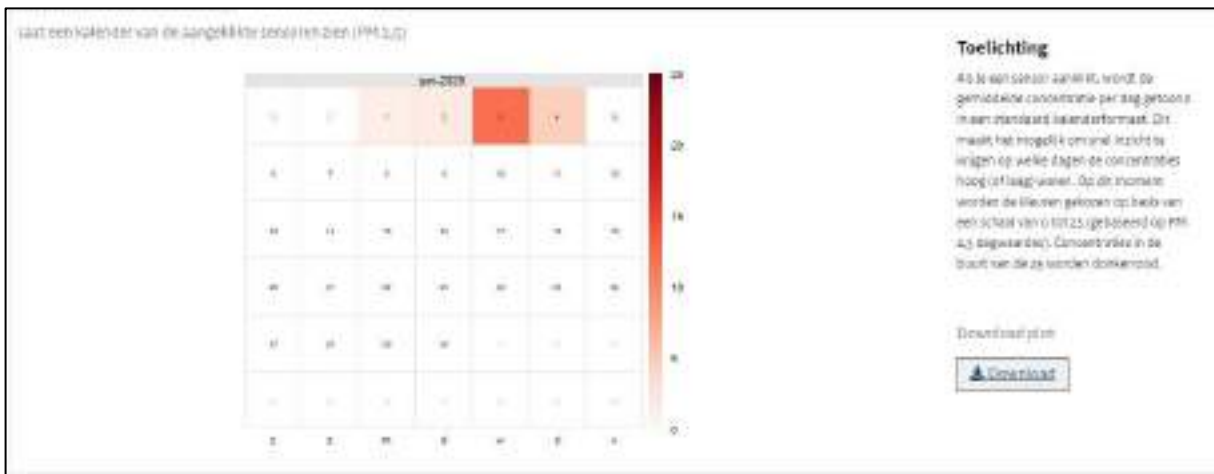
In het Hollandse Luchten platform is maar één kalendertabblad verwerkt, waarin zowel PM 10- als PM 2,5 waardes verwerkt werden. Hier is geen rekening gehouden met het feit dat PM 2,5 al bij een kleinere hoeveelheid (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de dagwaardes overschrijdt. Voor PM 10 ligt deze hoeveelheid een stuk hoger (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (**bron toevoegen**). Hiervoor zijn er nu twee kalenders ontwikkeld:

1. Kalender voor PM 10 en PM 10 gekalibreerd (zie figuur 40).



Figuur 40: kalender voor PM 10- en PM 10 gekalibreerde dagwaardes.

2. Kalender voor PM 2,5 en PM 2,5 gekalibreerd (zie figuur 41).



Figuur 41: kalender voor PM 2,5- en PM 2,5 gekalibreerde dagwaardes.

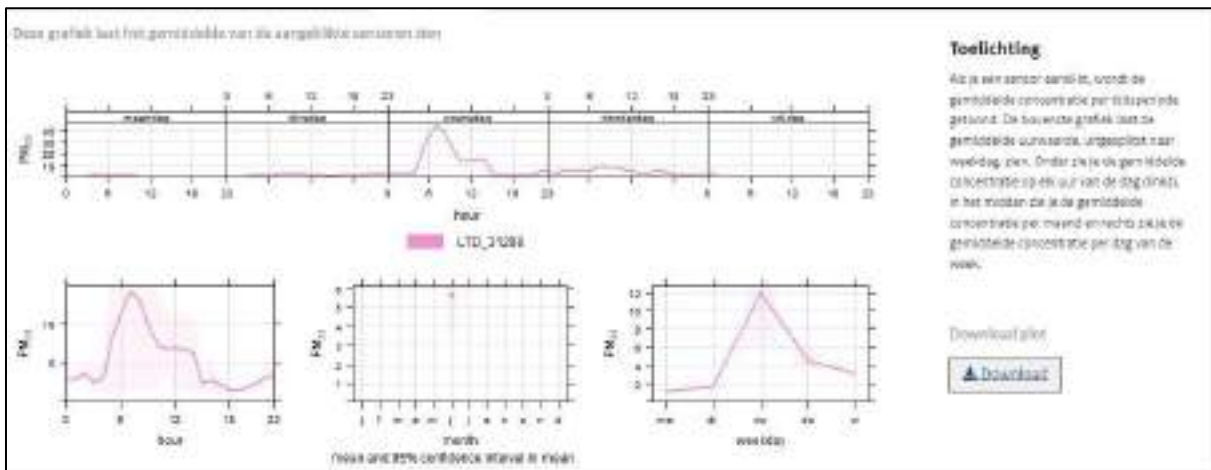
Het principe van de kalenders is hetzelfde gebleven, het enige verschil tussen beide kalenders is dat de waardes in de schaalbalken zijn aangepast. De gebruiker moet er bij de kalendertabbladen op letten dat hij of zij de juiste component heeft geselecteerd die aansluit op de kalender.

Beide kalenders beschikken daarnaast over een downloadknop. De downloadknop functioneert nog niet naar behoren. Wanneer de gebruiker op de knop klikt wordt de desbetreffende pagina, waar de gebruiker zich bevindt, opgeslagen als html bestand en niet als afbeelding (png of jpeg formaat).

Gemiddelden plot

De gemiddelden plot bevat dezelfde functionaliteiten als de gemiddelden plot in het Hollandse Luchten platform. Bij het selecteren van een sensor komen er vier verschillende grafieken tevoorschijn (zie figuur 42). De grafieken hebben elk hun eigen plot:

1. *Boven*: plot de gemiddelde uurwaarde, uitgesplitst naar een weekdag.
2. *Linksonder*: plot de gemiddelde concentratie per uur (voor één dag).
3. *Midden onder*: plot de gemiddelde concentratie per maand.
4. *Rechtsonder*: plot de gemiddelde concentratie per dag (voor één week).

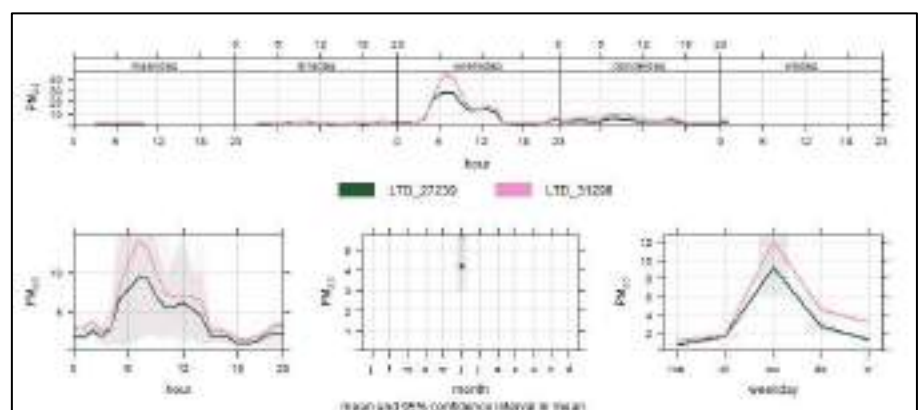


Figuur 42: de verschillende grafieken in het gemiddelden plot.

Evenals bij de tijdreeks plot, bestaan de grafieken in de gemiddelden plot uit een x-as met tijdsaanduiding en een y-as met de componentaanduiding. In het menu, onder de kaart, is het mogelijk om een component te selecteren voor de y-as en de tijdsaanduiding in de x-as wordt aangepast wanneer de tijdsbalk wordt verschoven.

De gemiddelden plot beschikt daarnaast nog over een downloadknop (zie figuur 42). De downloadknop functioneert nog niet naar behoren. Wanneer de gebruiker op de knop klikt wordt de huidige pagina opgeslagen als html bestand, dus niet als afbeelding (png of jpeg formaat).

Bij selectie van meerdere sensoren blijft de lay-out van het gemiddelden plot hetzelfde. Elke geselecteerde sensor krijgt een specifieke kleur toegewezen, wat als ondersteuning dient voor het uit elkaar houden van verschillende sensoren in het gemiddelden plot (zie figuur 43).

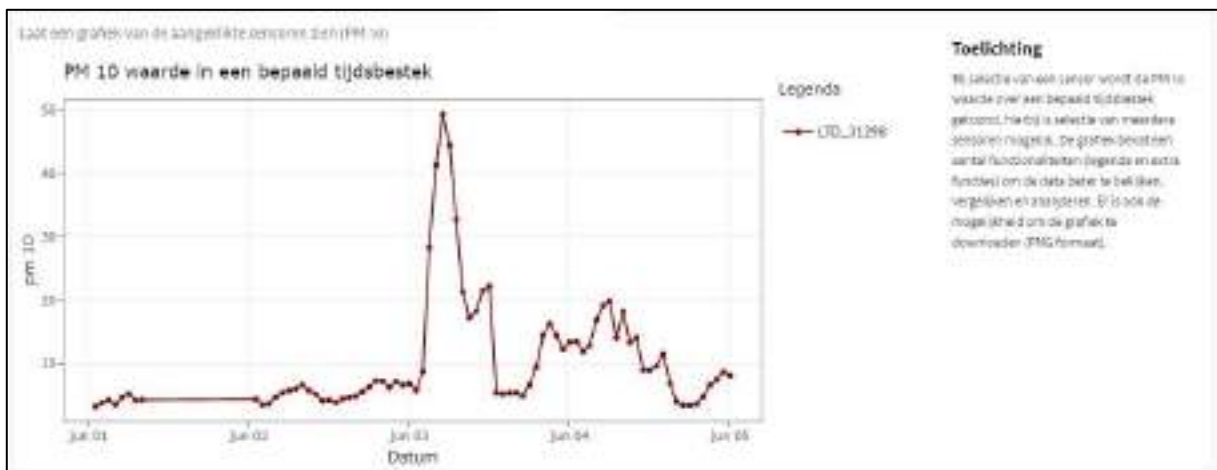


Figuur 43: weergave meerdere sensoren in het gemiddelden plot.

Grafiek (PM 10 – PM 2,5)

Het Hollandse Luchten platform bestond tot heden alleen uit statische plots, waardoor de gebruiker gelimiteerd werd tot alleen het visualiseren van de sensordata. Om de toolbox meer dynamiek en functionaliteit te geven zijn er twee interactieve grafieken ontwikkeld: voor PM 10 en PM 2,5 (voor voorbeeld zie figuur 44).

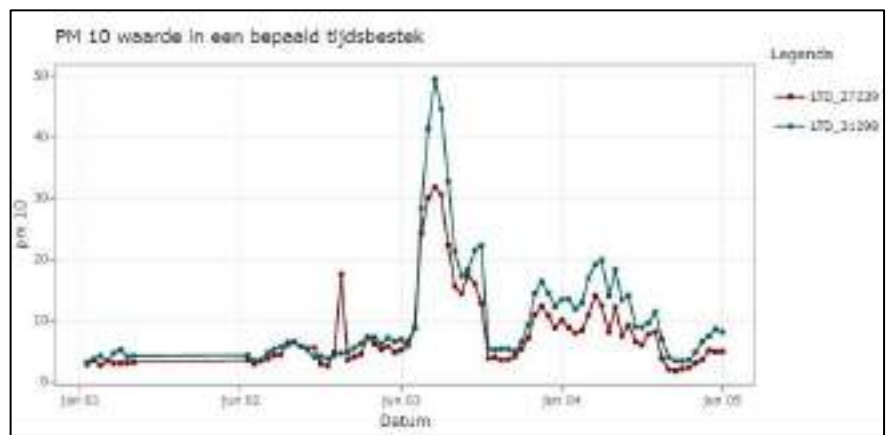
Bij het selecteren van een sensor komt een grafiek tevoorschijn met als x-as de tijdaanduiding en in de y-as de desbetreffende component (PM 10 of PM 2,5). De waarden die in de x- en y-as worden weergegeven kunnen niet veranderd worden door de gebruiker, de componentselectie en tijdbalk oefenen geen invloed uit op de interactieve grafieken. Naast de grafiek wordt in de legenda de geselecteerde sensor weergegeven, zodat de gebruiker wel te allen tijden weet welke lijn bij welke sensor hoort.



Figuur 44: weergave interactieve grafiek PM 10.

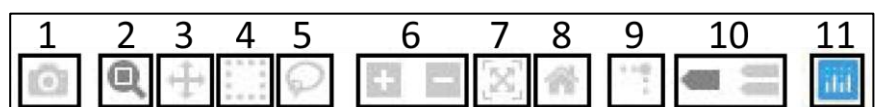
Wanneer er meerdere sensoren worden geselecteerd worden deze zowel in de grafiek als in de legenda weergegeven (zie figuren 44 en 45). De gebruiker kan wel enige verwarring ondervinden; bij

het selecteren van meerdere sensoren komt het voor dat de kleuren van de grafieklijnen van sensor naar sensor springen. In figuur 45 worden de PM 10 waardes van de sensor "LTD_31298" als rode lijn weergegeven, terwijl in figuur 45 deze waardes worden weergegeven in een turquoise kleur.



Figuur 45: weergave interactieve grafiek PM 10.

Wanneer de gebruiker met zijn muis over de grafiek beweegt, komt er een balk met opties tevoorschijn (zie figuur 46). In tabel 10 worden de opties nader toegelicht.



Figuur 46: balk met opties voor de interactieve grafiek.

Nummering	Naam	Toelichting
1	"Download plot as a png"	Sla de grafiek lokaal op (in png formaat)
2	"Zoom"	Klik en sleep om in te zoomen in de grafiek
3	"Pan"	Klik en beweeg in de grafiek
4	"Box Select"	Klik en sleep om een vierkantgebied te selecteren in de grafiek
5	"Lasso Select"	Klik en sleep in diverse richtingen om een gebied te selecteren in de grafiek
6	"Zoom in / Zoom out"	In- en uitzoomen in de grafiek
7	"Autoscale"	Automatisch verscalen naar originele weergave grafiek
8	"Reset axes"	Automatisch verscalen naar originele stand x- en y-as van de grafiek
9	"Toggle Spike Lines"	Creëren hulplijnen voor bekijken waardes van specifieke punten in de grafiek
10	"Show closest data on hover/Compare data on hover"	Informatie weergeven van specifieke datapunten om een sensor te bekijken/meerdere sensoren te vergelijken
11	"Produced with Plotly"	Doorverwijzing naar de desbetreffende website van Plotly (zie bijlage ...)

Tabel 10: informatie over opties interactieve grafiek

Downloaden

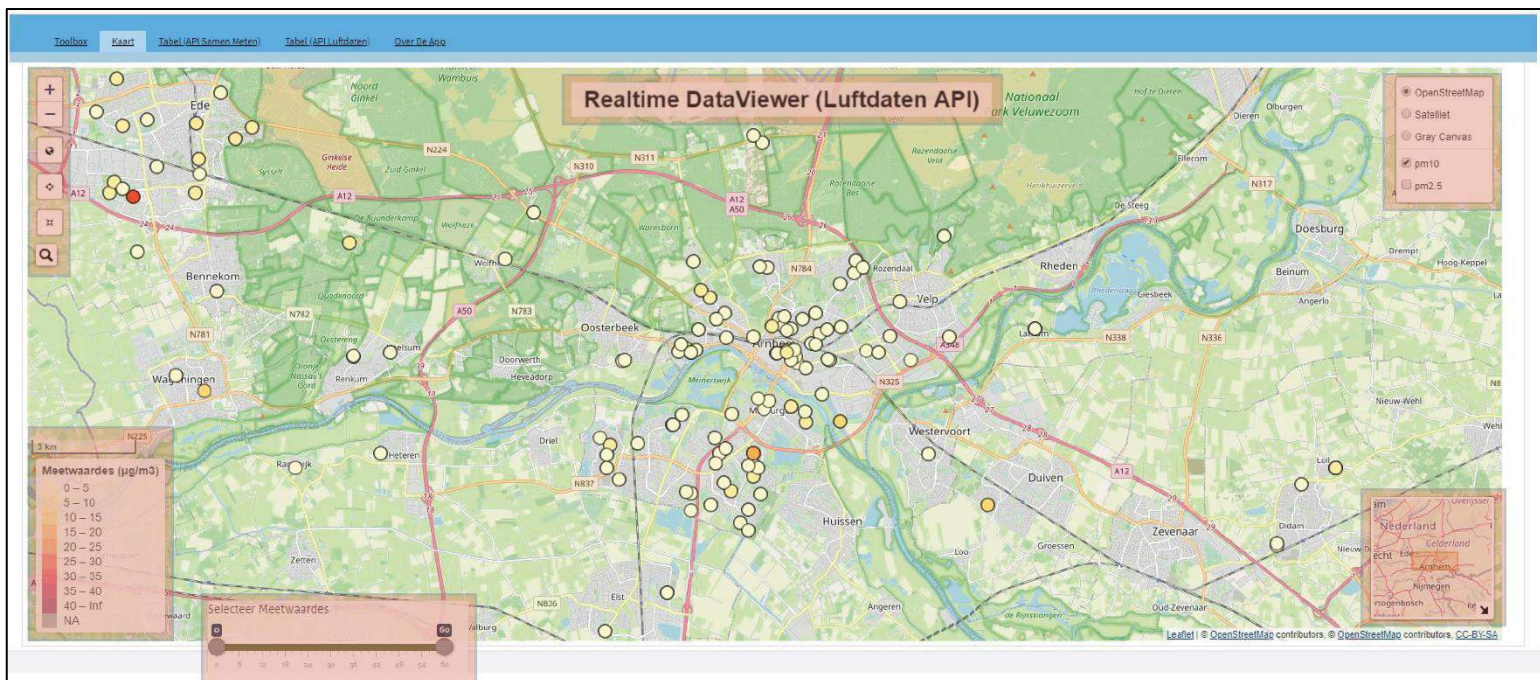
Om de gebruiker de mogelijkheid te geven om -buiten het platform om- meer te doen met de sensordata, is er een downloadfunctie toegevoegd (zie figuur 47). De gebruiker krijgt in de downloadfunctie de vrijheid om de datasets, die in de toolbox worden gebruikt, te downloaden. De gebruiker kan zelf handmatig in een drop-down menu een sensor selecteren. Daarnaast kan de dataset in meerdere bestandsformaten gedownload worden. Wanneer de gebruiker op de downloadknop drukt, wordt de geselecteerde sensor in het aangegeven formaattype lokaal op zijn/haar apparaat gedownload en opgeslagen.



Figuur 47: downloadfunctie in het platform.

De Kaart

De beslissing is genomen om de sensordata uit de Samen Meten API te verwerken in de toolbox, waardoor de Lufdaten API overblijft. Omdat de Lufdaten API geen historische waardes bevat, is er nagedacht over hoe de sensordata uit deze API in het platform verwerkt zou kunnen worden. Zonder historische waardes is het verder niet mogelijk om dergelijke grafieken te maken of analyses uit te voeren. Om gebruikers toch de mogelijkheid te geven om sensordata uit de Lufdaten API te kunnen bekijken, is de data verwerkt in een nieuwe kaart (zie figuur 48). De knop om te navigeren naar de kaart, bevindt zich in de blauwe navigatiebalk.



Figuur 48: Realtime DataViewer kaart in het platform.

De kaart, zoals in figuur 48 te zien, bevat een aantal functionaliteiten waarmee de gebruiker, in de kaart, kan navigeren en de data kan visualiseren:

De Kaart (visualisatie sensordata): de schermvullende kaart bevat de sensordata van de Lufdaten API. Elke sensor wordt in de kaart weergegeven als een kleine cirkel. Om de gebruiker direct een impressie te geven van de geregistreerde sensorwaardes (PM 10 of PM 2,5), wordt er aan de waardes een kleur gekoppeld van laag (lichtgeel) tot hoog (donkerrood). Wanneer een gebruiker over een sensor heen zweeft, zal de sensorwaarde weergegeven worden. Er kan ook op een sensor geklikt worden, waarna een pop-up scherm tevoorschijn komt met informatie over de desbetreffende sensor. De rest van de functies bevinden zich in de kaart:

1. *De Titelbalk:* vertelt de gebruiker wat voor soort data er in de kaart is verwerkt.
2. *De Legenda:* geeft de gebruiker de mogelijkheid om in de kaart de achtergrondkaart aan te passen en de sensorwaarde (PM 10 of PM 2,5) uit te kiezen die wordt gevisualiseerd in de kaart. Wanneer de gebruiker wisselt van datacomponent, veranderen de sensoren direct van kleur (verschil tussen PM 10 of PM 2,5).
3. *De Minimap:* geeft weer waar de gebruiker, als hij in de grote kaart beweegt, zich bevindt. De gebruiker kan zelf ook in de minimap naar een gebied navigeren, dit komt van pas wanneer een groter gebied overbrugd moet worden (bijvoorbeeld van Arnhem naar Amsterdam).

4. *De Slider*: geeft de gebruiker de mogelijkheid om de sensorwaardes (PM 10 en PM 2,5) te filteren binnen de kaart. Wanneer de gebruiker de slider van 0 tot 60 naar 20 tot 60 zet, zullen alleen de sensoren weergegeven worden die van de geselecteerde sensorwaarde tussen de 20 en 60 zitten.
5. *Kleurverloop*: geeft weer welke kleur aan welke sensorwaarde is gekoppeld. De gebruiker kan zo bijvoorbeeld in een oogopslag zien of sensoren in een bepaald gebied hogere of juist lagere waardes registreren.
6. *Navigatieknoppen*: de kaart biedt een aantal navigatieknoppen aan, die van boven naar onder nader worden toegelicht.
 - De 'in- en uitzoom' functie geeft de gebruiker de mogelijkheid om de kaart te verschalen.
 - De 'Zoom naar Nederland' functie geeft de gebruiker de mogelijkheid om snel te navigeren naar een kaartbeeld met heel Nederland in beeld.
 - De 'Mijn locatie' functie geeft de gebruiker de mogelijkheid om te navigeren naar zijn/haar huidige locatie.
 - De "Reset view" functie geeft de gebruiker de mogelijkheid om terug te navigeren naar de beginweergave van de kaart.
 - De "Zoek" functie geeft de gebruiker de mogelijkheid om een specifiek gebied op te zoeken en hier naar toe te navigeren.

De Tabellen

In het Hollandse Luchten platform krijgt de gebruiker niet de mogelijkheid om de sensordata, die in het platform is verwerkt, in tabelvorm te bekijken. Om ervoor te zorgen dat dit gewaarborgd is en er extra functionaliteiten in het platform worden toegevoegd, zijn de datasets van de ingeroepen API's omgezet naar tabellen (zie figuur 49 'API Samen Meten' en figuur 50 'API Lufdaten'). De gebruiker kan de tabellen oproepen en de diverse waardes bekijken die zich in de verschillende kolommen bevinden. De knoppen om te navigeren naar de tabellen, bevinden zich in de blauwe navigatiebalk.

Beide tabellen hebben de volgende overeenkomende functionaliteiten (weergegeven in figuur 49):

- De 'show-input' functie geeft de gebruiker de mogelijkheid om te bepalen hoeveel rijen van de tabel er in de desbetreffende pagina worden weergegeven. Bij het doorvoeren van een verandering in de show-input functie wordt de tabel in de lengte vergroot. Dit kan ervoor zorgen dat de gebruiker ver naar beneden moet scrollen om bij de paginafunctie te komen.
- De 'zoek' functie geeft de gebruiker de mogelijkheid om in de tabel specifieke elementen op te zoeken. Wanneer de gebruiker aan het zoeken is naar een specifieke sensor of tijdstip en dit invoert in de zoek functie, zal de tabel alle elementen filteren op de gespecificeerde zoekterm.
- De 'filter' functie, die zich direct onder de kolomnamen bevindt, geeft de gebruiker de mogelijkheid om waarden in een kolom te filteren. Zo kan de gebruiker bijvoorbeeld bij de kolom 'pm10' alle rijen met waardes tussen 2 en 3 microgram filteren. Voor een aantal kolommen functioneert de functie niet, hierbij gaat het om: 'value.EncodingType' en de beschrijvingen voor de sensorwaardes. Dit komt omdat deze kolommen alleen maar dezelfde waardes bevatten.
- De 'pagina' functie geeft de gebruiker de mogelijkheid om door de tabel te navigeren. De hoeveelheid pagina's wordt automatisch aangepast wanneer er bij de show-input functie een verandering wordt doorgevoerd.

Toolbox														
Kasari														
Tabel (API Samen Meten)														
Tabel (API Lufdaten)														
Over De Aan														
Show 10 entries														
Search:														
date	kit_id	properties.owner	value.encodingType	lat	lon	pm25	description.pm25	pm10	description.pm10	pm25_kal	description.pm25.kal	pm10_kal	description.pm10.kal	
All		All	All				All		All		All		All	
1	2020-05-31T23:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.47	fijnstof < 2,5microm	3.61	fijnstof < 10microm	4.305	fijnstof < 2,5microm	13.392	fijnstof < 10microm
2	2020-06-01T00:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.37	fijnstof < 2,5microm	3.49	fijnstof < 10microm	3.36	fijnstof < 2,5microm	9.485	fijnstof < 10microm
3	2020-06-01T01:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.38	fijnstof < 2,5microm	3.12	fijnstof < 10microm	3.136	fijnstof < 2,5microm	10.478	fijnstof < 10microm
4	2020-06-01T02:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.6	fijnstof < 2,5microm	3.83	fijnstof < 10microm	4.08	fijnstof < 2,5microm	10.298	fijnstof < 10microm
5	2020-06-01T03:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.62	fijnstof < 2,5microm	3.73	fijnstof < 10microm	4.24	fijnstof < 2,5microm	9.398	fijnstof < 10microm
6	2020-06-01T04:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.56	fijnstof < 2,5microm	3.52	fijnstof < 10microm	4.992	fijnstof < 2,5microm	5.005	fijnstof < 10microm
7	2020-06-01T05:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.48	fijnstof < 2,5microm	2.87	fijnstof < 10microm	4.77	fijnstof < 2,5microm	8.091	fijnstof < 10microm
8	2020-06-01T06:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.26	fijnstof < 2,5microm	3.04	fijnstof < 10microm	4.134	fijnstof < 2,5microm	5.64	fijnstof < 10microm
9	2020-06-01T23:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.5	fijnstof < 2,5microm	3.2	fijnstof < 10microm	3.405	fijnstof < 2,5microm	9.344	fijnstof < 10microm
10	2020-06-02T00:00:00Z	LTD_22481	Lufdaten	application/vnd.geo+json	51.992	5.928	1.56	fijnstof < 2,5microm	3.82	fijnstof < 10microm	3.136	fijnstof < 2,5microm	8.588	fijnstof < 10microm

Showing 1 to 10 of 640 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 64 Next

Figuur 49: Tabel API Samen Meten.

Toolbox										
Kasari										
Tabel (API Samen Meten)										
Tabel (API Lufdaten)										
Over De Aan										
Show 10 entries										
Search:										
date	kit_id	lat	lon	location.country	sensorid	sensor.location_type.name	sensor.location_type.manufacturer	PM10	PM25	
All	All	All	All	All	All	All	All			
1	2020-05-31T23:00:00Z	51.992	5.928	NL	3280	Indoor	None	1.47	3.61	
2	2020-06-01T00:00:00Z	51.992	5.928	NL	3281	Indoor	None	1.37	3.49	
3	2020-06-01T01:00:00Z	51.992	5.928	NL	3282	Indoor	None	1.38	3.12	
4	2020-06-01T02:00:00Z	51.992	5.928	NL	3283	Indoor	None	1.6	3.83	
5	2020-06-01T03:00:00Z	51.992	5.928	NL	3284	Indoor	None	1.62	3.73	
6	2020-06-01T04:00:00Z	51.992	5.928	NL	3285	Indoor	None	1.56	3.52	
7	2020-06-01T05:00:00Z	51.992	5.928	NL	3286	Indoor	None	1.48	2.87	
8	2020-06-01T06:00:00Z	51.992	5.928	NL	3287	Indoor	None	1.26	3.04	
9	2020-06-01T23:00:00Z	51.992	5.928	NL	3288	Indoor	None	1.5	3.2	
10	2020-06-02T00:00:00Z	51.992	5.928	NL	3289	Indoor	None	1.56	3.82	

Showing 1 to 10 of 640 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 64 Next

Figuur 50: Tabel API Lufdaten.

7. Toekomstvisie

De deur naar het verder ontwikkelen van het prototype sensor data platform, ligt wagenwijd open. Het platform kan op verschillende vlakken verder ontwikkeld worden. Een van de belangrijkste vlakken is de vormgeving van het platform. Door de vormgeving van het platform aan de gebruiker aan te passen, wordt de gebruiksdrempel verlaagd en wordt het de gebruiker zo aantrekkelijk mogelijk gemaakt om sensordata te visualiseren en te analyseren.

In dit hoofdstuk zal de opgestelde toekomstvisie, voor de vormgeving van het sensor data platform, behandeld worden. Om tot het eindresultaat te komen zijn de volgende cruciale stappen, in chronologische volgorde, genomen:

1. Onderzoek vormgeving
(selecteren voorbeeld applicatie)
2. Schetsen indeling
(creëren en uitwerken platform; **skeleton**)
3. Visuele uitwerking
(creëren en uitwerken platform; **surface**)
4. Verbindingen leggen
(platform mock-ups verbinden; eindresultaat)

De bovengenoemde stappen worden in de verschillende paragrafen nader toegelicht en behandeld. Om de stappen vlekkeloos te doorlopen wordt het 5S-model toegepast. Het 5S-model is een systematische vorm van visueel beheer en wordt als designraamwerk gebruikt voor het efficiënt creëren van een concrete toekomstige vormgevingsvisie voor het platform.

7.1 Onderzoek vormgeving

De eerste stap die tijdens dit onderzoek is gezet, is het onderzoeken van bestaande applicaties die met behulp van RStudio zijn ontwikkeld. Deze applicaties dienen ter inspiratie van de vervolgstappen, waarbij de stappen ‘Skeleton’ en ‘Surface’ worden uitgewerkt. Bij dit onderzoek wordt de nadruk gelegd op de toepasbaarheid van de eisen uit het MoSCoW-model. Dit komt er op neer dat er wordt onderzocht hoe applicaties gebruiksvriendelijkheid en functionaliteit waarborgen. Tot slot is het belangrijk dat de ontwikkelcode openbaar staat, zodat gebruikte ontwerpen eenvoudig toegepast kunnen worden bij het verder ontwikkelen van de vormgeving van het platform.

Het eerste voorbeeld is de applicatie “Exploring large hospital data for better use of antimicrobials”, ontwikkeld door Christian Luz ([bron1 toevoegen](#)). De applicatie, weergegeven in figuur 51, is ingedeeld in makkelijk herkenbare vlakken. De grijsgekleurde vlakken maken het mogelijk om gemakkelijk door de applicatie te navigeren en geven ook de mogelijkheid om de data in het platform op verschillende manieren te bekijken.



Figuur 51: voorbeeld applicatie 1, bron toevoegen

De applicatie gebruikt daarnaast ook verschillende manieren om de data te visualiseren, zodat de gebruiker op meerdere manieren de informatie kan interpreteren. De applicatie bevat daarnaast veel andere functionaliteiten, zoals het kunnen downloaden van de verschillende plots en de mogelijkheid om de desbetreffende plots te vergroten.

Het tweede voorbeeld is de applicatie “COVID-19 tracker”, ontwikkeld door Edward Parker (bron2 toevoegen). De applicatie, weergegeven in figuur 52, bestaat uit een navigatiebalk met verschillende tabbladen. In elk tabblad wordt op verschillende manieren ‘schermvullend’ data weergegeven. De echte eyecatcher van de applicatie is de kaart waarin de data op een overzichtelijke manier is gevisualiseerd.



Figuur 52: voorbeeld applicatie 2.

De applicatie bevat, naast de kaarten, ook functionaliteiten om de data op een kleiner schaalniveau te bekijken (per land) alsook andere functionaliteiten, zoals de mogelijkheid om de data in verschillende bestandsformaten te downloaden.

Link voorbeeld 1: <https://shiny.rstudio.com/gallery/hospital-data-antimicrobial.html>

Link voorbeeld 2: <https://shiny.rstudio.com/gallery/covid19-tracker.html>

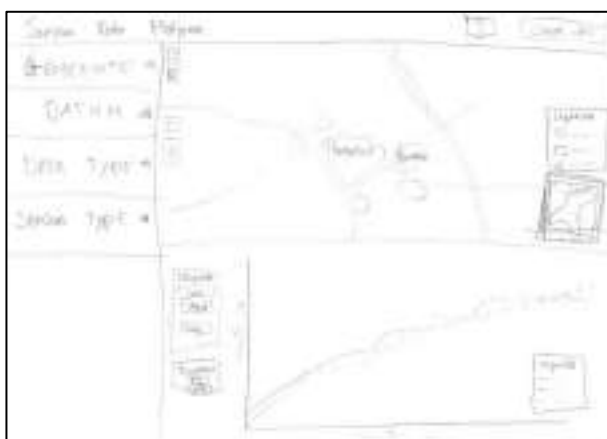
7.2 Schetsen indeling

Met de Skeleton methode uit het 5S model wordt er met behulp van schetsen nagedacht over een toekomstige indeling van het platform. Hierbij zijn de resultaten uit het MoSCoW-model en de onderzochte applicaties meegenomen. Er zijn eerst twee hoofdontwerpen gecreëerd die het best aansluiten op het verder ontwikkelen van de vormgeving van het platform. Vervolgens wordt één hoofdontwerp uitgekozen waarna alle losse onderdelen uit het gekozen hoofdontwerp verder worden uitgeschetst. Het proces naar het uitwerken van de losse onderdelen van een gekozen hoofdontwerp wordt hieronder nader toegelicht.

Hoofdontwerp 1

Het eerste hoofdontwerp is te vinden in figuur 53. Het ontwerp is verdeeld in vier onderdelen. Bovenin is een balk aanwezig waar de titel, helpfunctie en een toelichting van het desbetreffende platform te vinden zijn. Links in het ontwerp bevindt zich een zij-balk waarin de gebruiker de mogelijkheid krijgt om de gewenste data te selecteren, zoals: de gewenste datum, specifieke sensorwaardes of een bepaald gebied. De gemaakte selecties worden automatisch doorgevoerd naar de visualisatiemogelijkheden (grafieken en de kaart). Bovendien bevat de zij-balk een optie om de gemaakte selectie te downloaden.

Bovenin het ontwerp bevindt zich de mogelijkheid om handmatig sensorlocaties te selecteren. Om sensoren te selecteren kunnen locaties geselecteerd worden of kan er een gebied getekend worden die alle sensoren meeneemt die in dit gebied vallen. Tot slot is onderin een visualisatie te vinden waarin de door de gebruiker geselecteerde sensordata staan weergegeven. De waardes worden gevisualiseerd in de vorm van een interactieve grafiek.



Figuur 53: schets hoofdontwerp 1

Hoofdontwerp 2

Het tweede hoofdontwerp is te vinden in figuur 54. Het ontwerp is te verdelen in vijf onderdelen. Deze onderdelen zijn te benaderen via het hoofdscherm en de tabbladen in de bovenstaande balk. Het eerste onderdeel bestaat uit een interactieve kaart, waarin de diverse sensorlocaties staan weergegeven. In de kaart kan de gebruiker een selectie maken van de gewenste sensorlocaties. Dit kan door handmatig op een sensorlocatie te klikken of door een gebied in te tekenen.

Het tweede onderdeel (Analyse) bestaat uit visualisaties van de geselecteerde data. De belangrijkste visualisatie die hier van toepassing is, is de interactieve grafiek. Het derde onderdeel (Data) bestaat uit verschillende selectiemogelijkheden, zoals de datum en de sensorwaarden. Het vierde onderdeel is een helpfunctie, waar informatie over de werking van de applicatie opgeroepen kan worden. Tot slot (het vijfde onderdeel) is er een pagina aanwezig, waar informatie te vinden is over het platform en het desbetreffende project.



Figuur 54: schets hoofdontwerp 2.

Conclusie

Na de twee hoofdontwerpen naast elkaar te hebben gelegd, kan er worden geconcludeerd dat hoofdontwerp 1 het beste aansluit op de eisen uit het MoSCoW-model. Dit komt met name terug bij de eisen die betrekking hebben op de gebruiksvriendelijkheid. Doordat alle essentiële onderdelen, zoals de visualisatiemogelijkheden, zich op één pagina bevinden zijn alle functionaliteiten overzichtelijk weergegeven. De gebruiker heeft op deze manier snel het gevoel controle te hebben over de mogelijkheden die binnen het platform aanwezig zijn.

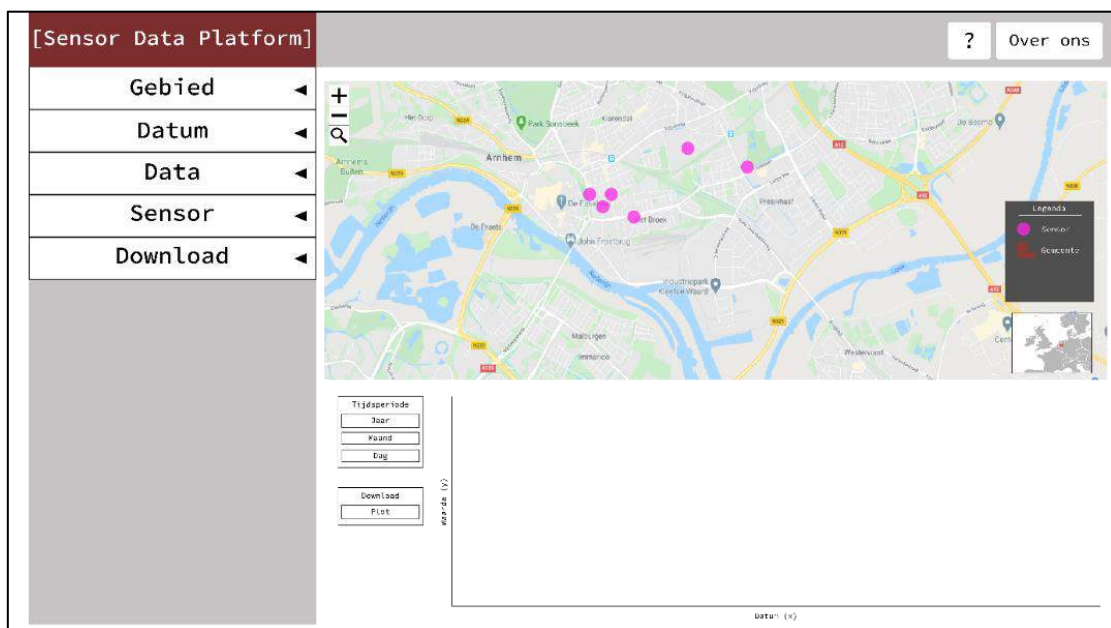
Wanneer de gebruiker daarnaast een selectie maakt van de data, wordt deze selectie direct gevisualiseerd in een interactieve grafiek. Dergelijke functionaliteiten die de gebruikersvriendelijkheid verbeteren, zoals net benoemd, missen in het tweede hoofdontwerp. Daarom is er voor gekozen om het eerste hoofdontwerp verder uit te schetsen. De gemaakte schetsen van de verschillende onderdelen zijn te vinden in bijlage 4.

7.3 Visuele uitwerking

Naar aanleiding van de resultaten van de schetsen uit het Skeleton onderzoek zijn er concrete visualisaties gemaakt in de vorm van mock-ups. Mock-ups zijn schermontwerpen die laten zien hoe een applicatie of platform er in grote lijnen uit komt te zien. Bij de ontwikkeling van de mock-ups is er verder nagedacht hoe de verschillende onderdelen aan elkaar gekoppeld en afgestemd dienen te worden. De doorgevoerde keuzes en eindresultaten worden nader toegelicht.

Mock-ups

Zoals al eerder vermeld was, bestaat het platform uit één hoofdpagina (zie figuur 55), waar alles te bedienen is en vanuit waar er naar verschillende pagina's genavigeerd kan worden. De hoofdpagina is ingedeeld in drie vlakken: het hoofd-, het filter- en het visualisatievlak. De beslissing is genomen om het platform overzichtelijk te houden zodat er meer nadruk gelegd kan worden op hoe de gebruiker de sensordata in het platform naar eigen wens kan gebruiken.

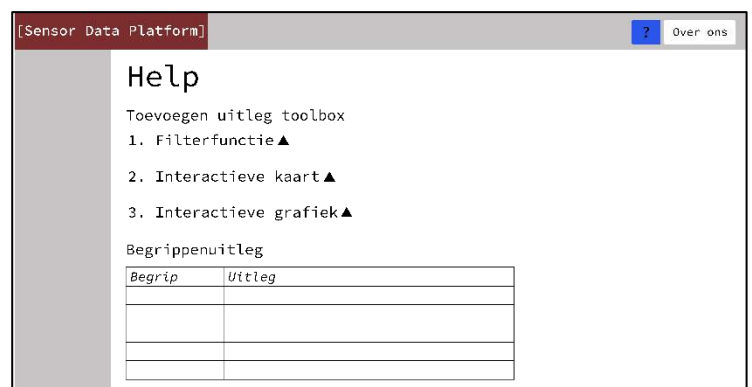


Figuur 55: hoofdpagina - toekomstig platform.

Het Hoofdvlak

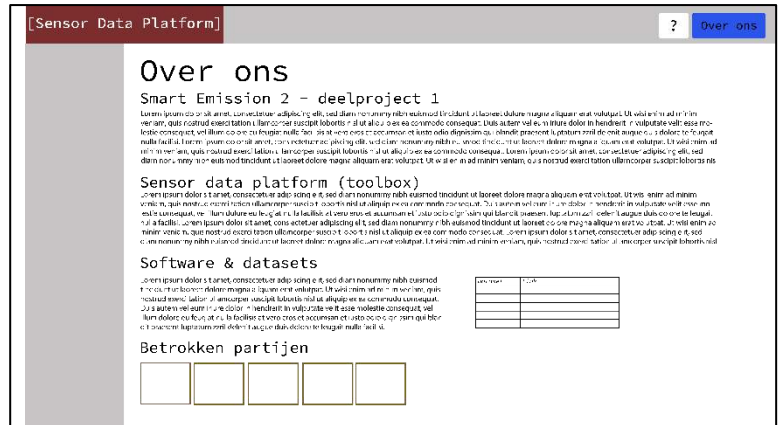
De hoofdbalk bestaat uit drie knoppen: de home-, de help- en de 'over ons' knop. De homeknop geeft de gebruiker de mogelijkheid om te allen tijde terug te navigeren naar de hoofdpagina. Dit kan van pas komen als een gebruiker zich bijvoorbeeld in de helppagina bevindt en de sensordata weer wil bekijken.

De helpknop navigeert de gebruiker naar een helppagina waarin feedback wordt gegeven over de verschillende functies in het platform en over de informatie die in het platform wordt weergegeven (zie figuur 56). Wanneer de gebruiker niet weet hoe hij een bepaalde functie moet gebruiken, kan hij deze makkelijk in de helppagina opzoeken.



Figuur 56: helppagina - toekomstig platform.

De ‘over ons’ knop navigeert de gebruiker naar een pagina waarin informatie te vinden is over het project dat de ontwikkeling van het platform in werking heeft gezet (zie figuur 57): hoe het platform ontwikkeld is, welke data en software hiervoor gebruikt is, de ontwikkelaars van het platform en als laatste de betrokken partijen. Deze pagina zorgt voor transparantie rondom het platform en geeft de gebruiker verdere inzage en mogelijkheid om bijvoorbeeld contact op te zoeken met de auteurs of bepaalde betrokken partijen.

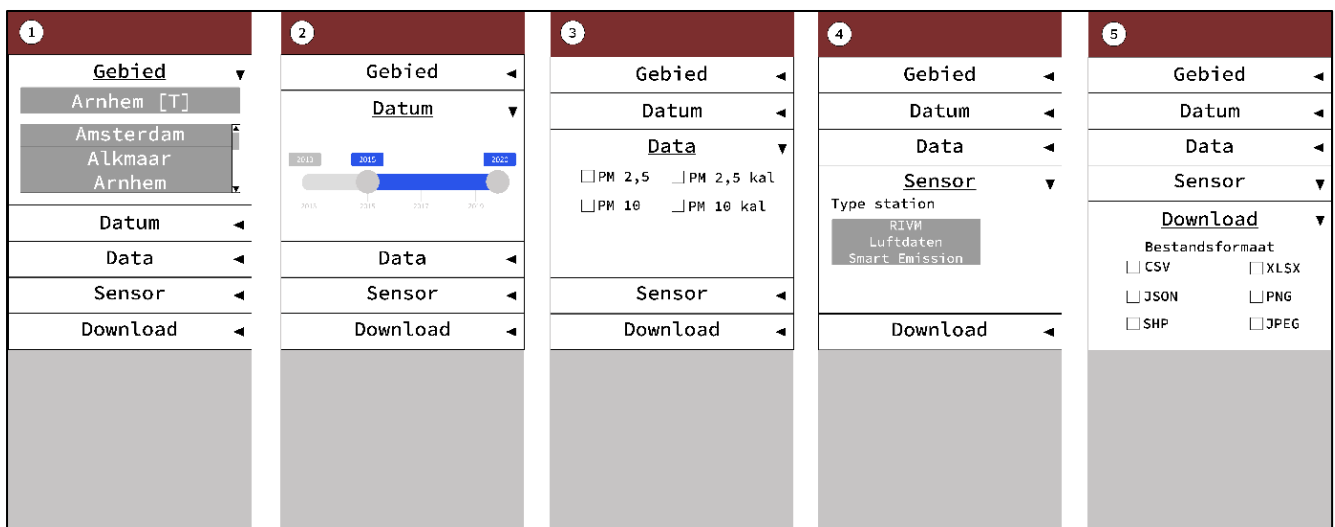


Figuur 57: over ons pagina - toekomstig platform.

Het is mogelijk om meer informatie in de help- en ‘over ons’ pagina’s te plaatsen. Het is hierbij wel van belang om alles zo overzichtelijk mogelijk te houden. Wanneer er meer informatie in het platform geplaatst moet worden, is het van belang om te kijken hoe dit op een simpele manier verwerkt kan worden zodat het platform zijn overzichtelijkheid niet verliest.

Het Filtervlak

Het filtervlak bestaat uit vijf drop-down secties: gebied, datum, data, sensor en download (zie figuur 58). Binnen elke sectie kunnen bepaalde elementen uit de data gefilterd worden met behulp van knoppen en sliders. Bij het filteren van de sensordata in het filtervlak, verandert de data weergegeven in het visualisatievlak tegelijkertijd mee. Wanneer de gebruiker kiest om bijvoorbeeld alleen sensoren mee te nemen in de gemeente Arnhem en dit vervolgens selecteert in het ‘gebied’ sectie in het filtervlak, zal de kaart in het visualisatievlak direct inzoomen en alleen de sensoren in de gemeente Arnhem laten zien. Omdat de kaart in dit geval in verbinding staat met de grafiek, zal de grafiek indirect ook beïnvloed worden door wat de gebruiker invult in het filtervlak.



Figuur 58: drop-down secties in het filtervlak – toekomstig platform.

De gebruiker krijgt daarnaast de mogelijkheid om de gefilterde data ook in diverse bestandsformaten te downloaden. Zo kan er lokaal op een apparaat gewerkt worden met de data uit het platform. Met het filtervlak heeft de gebruiker uiteindelijk de sensordata en de visualisatiemethodes in het visualisatievlak zelf in handen.

Het Visualisatievlak

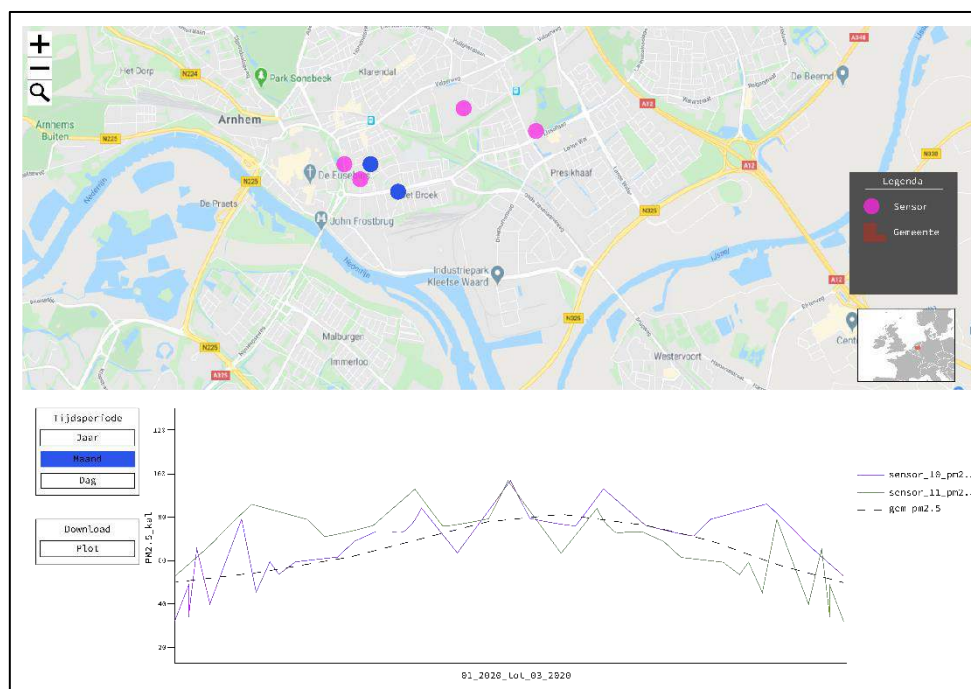
Het visualisatievlak bestaat uit twee belangrijke componenten: de interactieve kaart en de -grafiek. Beide componenten staan nauw in verband met elkaar. Wanneer een sensor geselecteerd wordt in de kaart, zullen de desbetreffende gegevens van de sensor weergegeven worden in de grafiek (zie figuur 59). De gebruiker kan daarnaast in het filtervlak de data, wat wordt weergegeven in het visualisatievlak, veranderen.

De interactieve kaart bestaat uit een aantal belangrijke functionaliteiten. Zo bevat het een legenda, waarin alle elementen in de kaart staan genoteerd. Onder de legenda bevindt zich een minimap die de gebruiker als navigatietool kan gebruiken in de kaart. Daarnaast kan er in- en uitgezoomd worden en kan er met een zoekfunctie specifiek gezocht worden naar een bepaald gebied in de kaart. De gebruiker kan daarnaast in de kaart zelf ook informatie opvragen van een sensor, door boven een sensor te zweven (*geeft: id van de sensor*) of door op de sensor te klikken (*geeft: pup-up met informatie*).

Er kan ook gedacht worden aan het uitbreiden van de functionaliteiten in de kaart. Zo zou er bijvoorbeeld een knop toegevoegd kunnen worden waardoor de kaart helemaal in beeld komt te staan. Daarnaast zou hier een visualisatiemogelijkheid toegevoegd kunnen worden waarbij de gebruiker in de kaart sensordata visualiseert.

De interactieve grafiek bestaat uit een aantal belangrijke functionaliteiten. Zo bevat het een legenda waarin de geselecteerde sensoren (uit de kaart) worden weergegeven. In de legenda kunnen sensoren aan- en uitgezet worden, wat betekent dat de gebruiker in de grafieklegenda kan bepalen welke sensoren worden weergegeven. Daarnaast kan in de grafiek de tijdsperiode, van de desbetreffende data, aangepast worden. De gebruiker kan dus naast de 'datum' sectie in het filtervlak, ook in de grafiek zelf bepalen in welke tijdsperiode de data weergegeven moet worden. De gebruiker krijgt ook nog de mogelijkheid om in de grafiek datapunten te bekijken, in- of uit te zoomen of de grafiek te downloaden als een plot.

Er kan ook worden gedacht aan het uitbreiden van de functionaliteiten in de grafiek. Als voorbeeld wordt er een lijngrafiek weergegeven, maar het is mogelijk om diverse soorten diagrammen en grafieken te gebruiken om data te visualiseren. Evenals bij de kaart zou een mogelijkheid om de grafiek te vergroten ook niet overbodig zijn, zeker om overzicht te houden als er meerdere sensoren geselecteerd zijn.



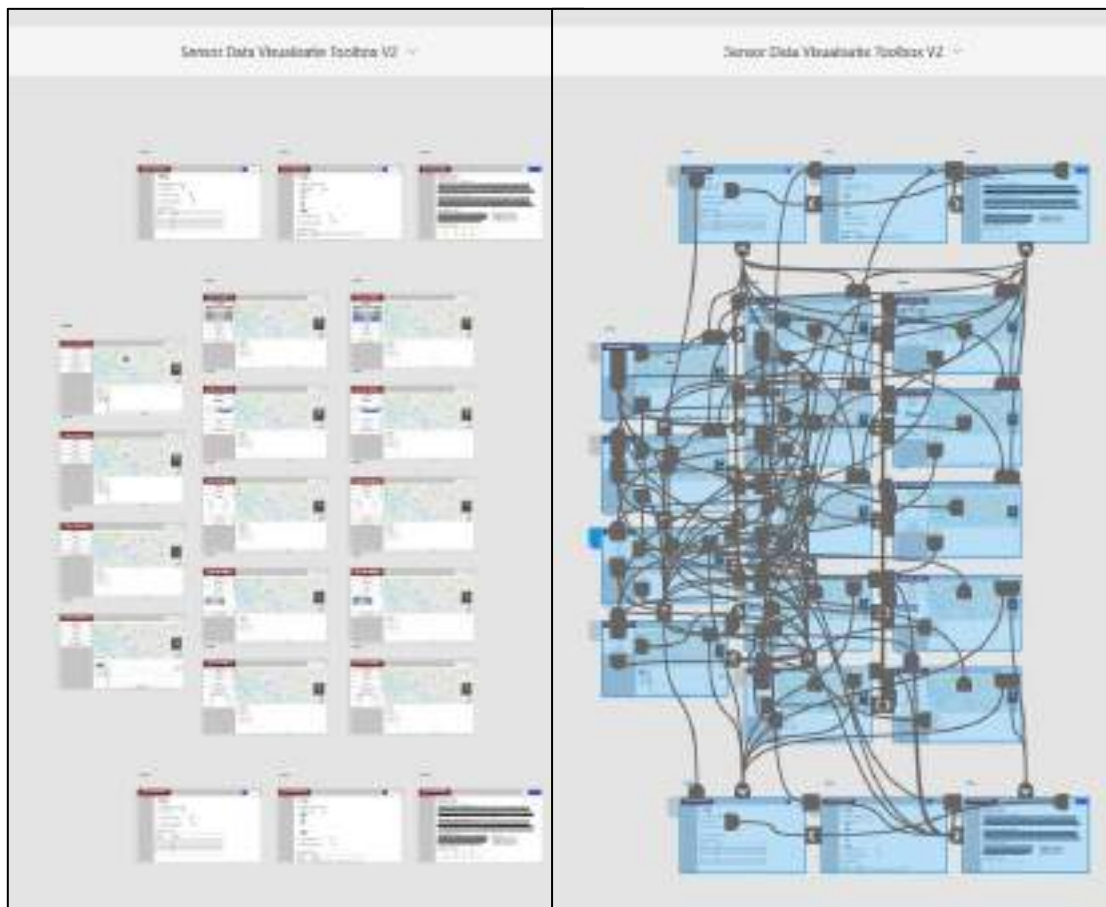
Figuur 59: verbinding tussen kaart en grafiek – toekomstig platform.

7.4 Verbindingen leggen

Om vervolgens een geheel te creëren van de gemaakte mock-ups, is er een 'real-life' platform ontwikkeld met behulp van het softwareprogramma Adobe XD. Adobe XD is een gebruikersvriendelijk softwareprogramma waarmee de structurele indeling van websites, applicaties en platforms ontwikkeld en getest kan worden (**bron3 toevoegen**). In figuur 60 is het eindresultaat te zien waarin alle essentiële verbindingen tussen de mock-ups zijn gelegd. Het platform, gemaakt in Adobe XD, is ook gepubliceerd en is te bereiken met onderstaande URL-link.

Eindresultaat link

<https://xd.adobe.com/view/9bbf7188-8e74-4249-4285-0df76172b03f-ed8e/?fullscreen&hints=off>



Figuur 60: eindresultaat verbonden mock-ups in Adobe XD.

Eindresultaat conclusie

Het eindresultaat is een sensor data platform met een simpele maar effectieve vormgeving, met als hoofdrolspeler de gebruiker. Alle functionaliteiten die in het huidige prototype sensor data platform niet verwerkt en/of verbonden konden worden, zijn verwerkt in een nieuw platform. Het nieuwe platform maakt het bekijken van sensordata niet alleen eenvoudiger maar ook aantrekkelijker en sluit aan bij het achterliggende doel van het prototype sensor data platform.

Bron1: <https://shiny.rstudio.com/gallery/hospital-data-antimicrobial.html>

Bron2: <https://shiny.rstudio.com/gallery/covid19-tracker.html>

Bron3: <https://www.adobe.com/nl/products/xd.html>

8. Discussie

In dit hoofdstuk worden, naar aanleiding van het uitgevoerde onderzoek, de discussiepunten besproken die van invloed kunnen zijn op de behaalde resultaten. Aan elk discussiepunt worden een of meerdere adviezen meegegeven die tijdens een dergelijk vervolgonderzoek opgepakt kunnen worden.

Het eerste discussiepunt betreft het beperkt aantal uitgevoerde datacontroles bij het verwerken van de data uit de API's van Lufdaten en Samen Meten, waardoor er maar een beperkt aantal fouten uit de dataset zijn gehaald. Binnen de R-scripts (zie bijlage 3) worden dubbele kolommen, coördinaten met foutieve waarden en kolommen zonder meetwaarden (PM10 en PM2,5) uit de dataset verwijderd. Er wordt van uitgegaan dat de opgeroepen sensordata nog fouten bevat. Deze fouten zouden tijdens een vervolgonderzoek verwijderd kunnen worden.

Een tweede discussiepunt is dat er geen (statistische) analyses zijn uitgevoerd over de sensordata van beide API's. Met behulp van analyses worden nieuwe inzichten verkregen, waar de verschillende tools op kunnen worden aangepast. Hieronder worden verschillende toepassingen besproken waar, tijdens een vervolgonderzoek, (statistische) analyses op kunnen worden uitgevoerd:

- De eerste toepassing is het aanpassen van het kleurverloop in de interactieve kaart op basis van de meetwaarden PM10 en PM2,5. Het huidige kleurverloop bevat verschillende categorieën die vanaf meetwaarde 0 met een stapgrootte van 5 toeneemt tot meetwaarde 40. In totaal zijn er dus 8 categorieën, waarbij een lage meetwaarde een gele kleur en een hoge meetwaarde een rode kleur krijgt. Echter is er geen statistische analyse uitgevoerd om deze stapgrootte vast te stellen. Dit betekent dat het kleurgebruik een vertekend beeld kan geven over de betreffende meetwaarden. Om zeker te weten of deze stapgrootte met het betreffende kleurgebruik geen vertekend beeld oplevert wordt er geadviseerd om in een vervolgonderzoek een statistische analyse uit te voeren, waarbij wordt gekeken naar de spreiding van de desbetreffende sensordata.
- De tweede toepassing is het verkrijgen van inzichten in opvallende meetwaarden. Zo zou er een statistische analyse uitgevoerd kunnen worden om uitschieters uit de dataset te filteren en te onderzoeken of deze uitschieters kloppende meetwaarden zijn. Door uitschieters te detecteren wordt de dataset betrouwbaarder en hierdoor geven ook de visualisaties in het platform een betrouwbaarder beeld.
- De derde toepassing is het toevoegen van extra functionaliteiten, waarmee de gebruiker zelf analyses kan uitvoeren. Deze analyses moeten het mogelijk maken om opvallende resultaten uit de visualisaties te verklaren. Een voorbeeld is een onverwachte piek in de grafiek, die wellicht te verklaren valt door een verandering in de windrichting. Wanneer deze functionaliteiten worden toegevoegd geven de resultaten uit de visualisaties een betrouwbaarder beeld. Vanuit deze gedachte wordt er geadviseerd om te onderzoeken welke analysemogelijkheden binnen het platform toegepast kunnen worden om de betrouwbaarheid van de visualisaties en de betreffende resultaten te vergroten.

Door de bovenstaande analyses uit te voeren wordt de betrouwbaarheid van het gehele platform vergroot, waardoor de resultaten breder toepasbaar zijn voor een groter scala aan doeleinden.

Een derde discussiepunt is dat de interactiviteit binnen de grafieken verbeterd kan worden door gebruik te maken van een time slider. Het is, om onderstaande redenen, nog niet gelukt om deze interactie te leggen:

- Ten eerste is het van belang om met behulp van de time slider de waardes in de grafiek aan te kunnen passen. Hiervoor dienen er voldoende historische waardes in de betreffende dataset aanwezig te zijn. Op dit moment is er voor vijf dagen aan historische data aanwezig (API Samen Meten). Dit is te weinig om de interactie te kunnen waarborgen. Er wordt geadviseerd om in een vervolgonderzoek voor minimaal een maand aan historische data binnen te halen.
- Ten tweede is het niet gelukt om de x- en y as in de grafiek interactief te maken. Dit betekent dat beiden assen niet mee veranderen met de input die de gebruiker normaliter in het platform kan doorvoeren. Zo is het niet mogelijk om op de y-as de gekozen component te zien. Op de x-as veranderen de tijdwaardes niet mee wanneer de gebruiker de time slider aanpast. Bij een vervolgonderzoek wordt er geadviseerd om deze interactie te realiseren, waardoor de betrouwbaarheid en gebruiksvriendelijkheid van het platform verbeterd wordt.

Een vierde discussiepunt is dat de downloadfuncties binnen het platform niet optimaal werken. Zo is het bij de statische grafieken (plots) niet mogelijk om de grafieken te downloaden als afbeelding in JPEG- en/of PNG-formaat. Hiernaast kan de gebruiksvriendelijkheid bij de downloadfunctie voor de sensordata verbeterd worden. Zo zou er onderzocht kunnen worden of een geselecteerde sensor in de kaart direct gelinkt kan worden aan het selectievenster in de downloadfunctie. Hierdoor wordt de betreffende sensor automatisch geselecteerd, wat de gebruiker veel tijd bespaart. Al met al wordt er bij een vervolgonderzoek geadviseerd om deze functies werkend te krijgen en te onderzoeken hoe de gebruiksvriendelijkheid hierbij verbeterd kan worden.

Een vijfde discussiepunt is dat er maar twee verschillende API's zijn ingeroepen en verwerkt in het platform. Wanneer er meer API's worden gebruikt wordt er meer sensordata verzameld. Door deze uitbreiding kunnen binnen het platform betere vergelijkingen worden gemaakt, wat de kans op het verkeerd interpreteren van gegevens verkleint. Een voorbeeld hiervan is dat opvallend hoge meetwaardes makkelijker vergeleken kunnen worden met andere meetwaardes in de buurt. Hierdoor kan de gebruiker wellicht een verklaring vinden voor de hogere meetwaarde en voorkom je een verkeerde interpretatie. Bij een vervolgonderzoek wordt er geadviseerd om het aantal API's uit te breiden, dat de betrouwbaarheid van het platform vergroot. Een suggestie voor een API die aan het platform kan worden toegevoegd is de API van Smart Emission. Een tweede suggestie zou zijn om het aantal sensorlocaties met betreffende meetwaardes voor de Samen Meten API verder uit te breiden.

Het laatste discussiepunt betreft de belemmeringen die naar voren komen bij het actueel houden van de data in het platform. Nu wordt de data actueel gehouden door het achterliggende script handmatig te runnen. Dit betekent dat één persoon het script dagelijks handmatig moet runnen om de sensordata in het platform actueel te houden. Wanneer dit niet gebeurt, blijft de data niet meer actueel en kan het doel van het platform niet meer behaald worden. Voor een vervolgonderzoek wordt dan ook geadviseerd om een alternatieve manier te bedenken om de data actueel te houden. Een suggestie zou zijn om te kijken of er binnen RStudio mogelijkheden zijn om het script, op een bepaalde tijd, automatisch te laten runnen.

9. Advies

In dit hoofdstuk worden, naar aanleiding van het uitgevoerde onderzoek, de adviespunten besproken die opgepakt kunnen worden bij een vervolgonderzoek. Bij een vervolgonderzoek wordt er geadviseerd om in beeld te brengen wat de mogelijkheden zijn bij het opzetten en het implementeren van een database. Het gebruiken van een database heeft een aantal voordelen, die hieronder nader worden toegelicht.

- Met behulp van een database is het mogelijk om historie op te bouwen. Zo bevat de API van Lufdaten alleen de meest actuele gegevens. Wanneer de API meerdere malen wordt binnengehaald bevat het alleen de meest actuele sensordata, waardoor het niet mogelijk is om historie op te bouwen.

Door de data weg te schrijven in een database, kan dit probleem worden opgelost. Door dit dagelijks uit te voeren wordt de data automatisch opgeslagen en wordt hiermee ook historische data opgebouwd. Wanneer dit voor meerdere API's wordt toegepast, zal het platform niet alleen meer data bevatten maar ook meer historische data. Hierdoor wordt de betrouwbaarheid van het platform verbeterd.

- Een tweede voordeel is dat het een stuk overzichtelijker wordt om de data uit de API's te bewerken. Binnen RStudio hoeven er namelijk geen scripts meer te worden geschreven, die vaak weinig overzicht bieden. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van een database kan de databewerking plaatsvinden op één centrale plek. Hierdoor wordt het eenvoudiger om overzicht te houden. De R-scripts kunnen vervolgens specifiek worden ingericht voor data-analyses en data-visualisaties.

- Een derde voordeel is dat het platform een stuk sneller data binnenhaalt. Voor een gebruiker kan het vrij lang duren om binnen het platform data op te vragen. Wanneer een gebruiker bijvoorbeeld in een kaart een sensor aanklikt kan het enige tijd duren voordat de kaart de betreffende sensorwaardes laat zien. Op dit moment leidt de hoeveelheid data nog niet tot vertragingen. Echter, wanneer de hoeveelheid verder wordt uitgebreid, kan dit wel tot flinke vertragingen leiden, wat niet ten goede komt aan de gebruiksvriendelijkheid van het platform.

Door de drie bovenstaande voordelen die een database te bieden heeft, wordt het sterk aanbevolen om tijdens een vervolgonderzoek te bekijken wat hierin de mogelijkheden zijn. Een suggestie voor een databaseprogramma is PostgreSQL. Dit programma is een opensource databasesysteem dat gebruik maakt van de scripttaal 'SQL' en diverse andere functies. Hiermee wordt het mogelijk gemaakt om enorme databestanden te bewerken en op te slaan (PostgreSQL, 2020).

Een ander adviespunt dat bij een vervolgonderzoek kan worden toegepast betreft het uitwerken van de toekomstvisie dat reeds in hoofdstuk 6 is toegelicht. Het uitwerken van de desbetreffende toekomstvisie heeft een tweetal voordelen die hieronder nader worden toegelicht.

- Gebruiksvriendelijkheid: Aan de hand van diverse workshops en de ingevulde platformhandleidingen (zie hoofdstuk 1) is naar voren gekomen dat gebruiksvriendelijkheid een belangrijk onderdeel is van een goed werkend en functionerend platform. Om de gebruiksvriendelijkheid te verbeteren is er een toekomstvisie opgesteld, waarbij met name is gelet op het zo eenvoudig mogelijk indelen van het platform. Op die manier bevinden alle visualisaties en instelmogelijkheden zich op één scherm. Op deze manier zijn alle mogelijkheden die het platform te bieden heeft, overzichtelijk weergegeven. Het uiteindelijke doel hiervan, is dat de gebruiker de mogelijkheid heeft om alle ingevoerde instellingen direct te kunnen zien in de visualisaties. Wanneer de toekomstvisie verder wordt uitgewerkt wordt de gebruiksvriendelijkheid aanzienlijk verbeterd ten opzichte van het huidige platform.

- Functionaliteiten: Bij het opstellen van het ideaal ontwerp is er nagedacht over de uitwerking van verschillende functionaliteiten. De functionaliteiten zijn zo ontworpen dat ze gemakkelijk in gebruik zijn te nemen en logisch zijn ingedeeld. Op dit gebied zijn er in het ontwerp twee grote veranderingen uitgewerkt ten opzichte van het huidige platform. De eerste verandering betreft de interactieve grafiek. Zo is er bij het ideale ontwerp maar één interactieve grafiek aanwezig in plaats van verschillende statische- en interactieve grafieken. Binnen deze interactieve grafiek zijn alle mogelijkheden die de andere grafieken samen bieden uitgewerkt. Zo is het binnen deze grafiek mogelijk om de tijdsduur te veranderen en hierbij de gemiddelde meetwaardes te visualiseren.

De tweede verandering betreft de instelmogelijkheden. Zo zijn bij het ideaal ontwerp alle instelmogelijkheden onder elkaar gezet en zijn er een tweetal nieuwe instellingen toegevoegd. Deze instellingen betreffen het selecteren van een gebied en het type sensor. De interactieve kaart wordt gebruikt om een of meerdere sensorlocaties te selecteren. Aan de hand van alle instellingen krijgt de gebruiker de gewenste data in de grafiek te zien. Wanneer in een vervolgpriject deze functionaliteiten met de betreffende indeling worden uitgewerkt wordt ook de gebruiksvriendelijkheid van het platform verbeterd.

Een derde adviespunt dat bij een vervolgonderzoek kan worden toegepast is het onderzoeken van de mogelijkheden voor het toepassen van een geschikte lay-out voor het sensor data platform. Bij het uitwerken van de toekomstvisie is namelijk alleen nagedacht over de indeling van het platform, terwijl er nog meer punten kunnen worden toegepast. Om deze toepassingen eenvoudiger te maken komen de Gestaltwetten van pas. Gestaltwetten zijn wetten die zorgen voor het eenvoudig overbrengen van een visuele boodschap. Wanneer deze eenvoud niet aanwezig is, wordt de visuele boodschap niet goed overgebracht naar de gebruiker en is het ontwerp onbruikbaar. Mede hierdoor is 'eenvoud' de belangrijkste regel bij het ontwerpen van een lay-out (ontwerp) en zijn de Gestaltwetten uitermate geschikt om toe te passen bij een vervolgonderzoek. De belangrijkste toepassingen uit deze Gestaltwetten worden hieronder toegelicht.

- Kleurgebruik: Een belangrijk punt waar over nagedacht kan worden is het kleurgebruik binnen het platform. Het kleurgebruik is de belangrijkste manier om de uitstraling van het platform te bepalen. Daarnaast zijn er verschillende manieren om met kleurgebruik het platform eenvoudiger te maken. Zo kun je met kleuren bepalen welke elementen op de voorgrond moeten komen en welke op de achtergrond. Daarnaast kun je met kleuren bepalen welke elementen bij elkaar horen.
- Hiërarchie: Hier is al gedeeltelijk over nagedacht maar dit is een belangrijk punt dat nog verder onderzocht kan worden. Met behulp van hiërarchie wordt een lay-out op een logische en eenvoudige manier ingedeeld. Binnen de Gestaltwetten zijn hier verschillende manieren voor. Zo kunnen elementen die bij elkaar horen bij elkaar worden geplaatst en kunnen belangrijke elementen groter in beeld komen dan minder belangrijke elementen.
- Eenvoud: Zoals al is genoemd is eenvoud enorm belangrijk bij het ontwerpen van een lay-out. Buiten de twee bovenstaande punten om, zijn er nog een aantal andere manieren die hieraan kunnen bijdragen. Zo is het belangrijk om in de lay-out van het platform niet te veel elementen te plaatsen, om er zo voor te zorgen dat het beeld niet rommelig overkomt. Daarnaast kunnen symbolen dergelijke functies verduidelijken en zorgen voor een logische indeling van elementen.

Wanneer in een vervolgonderzoek de drie benoemde punten vanuit de Gestaltwetten worden toegepast, wordt de gebruiksvriendelijkheid van het platform verder verbeterd. Meer informatie over deze Gestaltwetten is te vinden in de onderstaande link:

Link gestaltwetten: <http://beeldtaalrafi.blogspot.com/2014/03/hoofdstuk-4-gestalt.html>

Een vierde adviespunt, dat bij een vervolgonderzoek kan worden toegepast, is het toevoegen van extra feedback hoe de gebruiker diverse functionaliteiten in het platform kan gebruiken. Met name voor gebruikers met weinig technische kennis kan dit een goede toevoeging zijn. Een goede manier om deze extra feedback te geven is met behulp van bijvoorbeeld animaties of video tutorials. In dergelijke uitlegvideo's kan een use case worden uitgewerkt met behulp van alle mogelijkheden (tools) die het platform te bieden heeft. Op deze manier wordt de gebruiker rondgeleid door het platform en krijgt hij een idee hoe een use case hierin kan worden toegepast.

Tot slot is het van belang dat het platform in de toekomst door een organisatie wordt beheerd. Hierdoor kunnen nieuwe ontwikkelingen binnen RStudio snel doorgevoerd worden, waarmee je voorkomt dat het platform achter gaat lopen in het implementeren van ontwikkelingen. Bovendien kan de organisatie eventuele verbeteringen doorvoeren en fouten uit het platform halen. Tot slot kan er ook een bijdrage worden geleverd om de data actueel te houden. Dit kan eenvoudig worden gerealiseerd door een database, zoals eerder is behandeld, te beheren. Al met al moet dit ervoor zorgen dat het platform draaiend wordt gehouden om te voorkomen dat het platform in de toekomst onbruikbaar wordt verklaard.

10. Conclusie

In dit hoofdstuk wordt naar aanleiding van diverse bevindingen en resultaten uit het gehele onderzoek de onderstaande conclusie getrokken. Met deze conclusie wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag, die aan het begin van deze einddocumentatie is behandeld.

“Door middel van goede communicatie met belanghebbende partijen zijn er diverse data analyse en -visualisatie tools ontwikkeld, die het SE data platform en andere sensor data platformen op het gebied van gebruikersvriendelijkheid en functionaliteit verbeteren.”

De bovenstaande conclusie bevat in feite twee belangrijke aspecten. Ten eerste is het van belang dat door middel van goede communicatie met belanghebbende partijen een goed beeld ontstaat wat de invulling moet zijn van de analyse en -visualisatie tools. Hierbij is het voor twee specifieke fases in het onderzoek extra belangrijk dat deze communicatie goed plaatsvindt. De eerste fase is de orientatiefase, waarbij wordt nagedacht over de invulling van het platform die ontwikkeld dient te worden. Met de betrokken partijen is het belangrijk om inzichten te krijgen in de belangen die hierbij gelegd worden. Hierdoor wordt het eenvoudiger gemaakt om keuzes te maken over hoe deze belangen geprioriteerd kunnen worden (MoSCoW lijst). De tweede fase is de ontwikkelfase, waarbij het platform daadwerkelijk ontwikkeld wordt. In deze fase is het belangrijk dat betrokken partijen meegenomen worden in de ontwikkeling en hier sturing aan kunnen geven. Door deze sturing zijn er verschillende keuzes gemaakt om de ideeën over de invulling van het platform bij te stellen. Doordat in beiden fases het contact met belanghebbende partijen goed is verlopen, is er voorkomen dat aan het einde van het onderzoek de invulling niet goed aansluit op de doelgroep en het platform hierdoor onbruikbaar is. Goede communicatie is de basis om tot de gerealiseerde tools te komen en de bovenstaande conclusie te kunnen hanteren.

Bij het tweede aspect zijn diverse data analyse en -visualisatie tools ontwikkeld, die het SE data platform en andere sensor data platformen op het gebied van gebruiksvriendelijkheid en functionaliteit verbeteren. Zo is er een link gelegd met het ‘Hollandse Luchten’ platform, waarbij data uit de Lufdaten- en Samen Meten API in het platform zijn verwerkt. Hierdoor is al de mogelijkheid gecreëerd om met de al beschikbare tools data analyses- en visualisaties te maken. Toch zijn er een aantal extra functionaliteiten aan het platform toegevoegd, waarmee de gebruiksvriendelijkheid verder wordt verbeterd. Zo is er een downloadfunctie toegevoegd, waarmee sensordata vanuit de Samen Meten API gedownload kan worden. Bovendien is er gekeken om het platform interactiever te maken. Vanuit deze gedachte zijn er interactieve functionaliteiten toegevoegd, zoals een interactieve grafiek- en kaart en een downloadfunctie. Deze extra analyserende- en visualiserende functionaliteiten zijn voor het SE data platform en andere sensor data platformen een extra toevoeging om de functionaliteiten en gebruiksvriendelijkheid te verbeteren. Deze conclusie uit aspect één vormt dus samen met de conclusie uit aspect twee de algemene conclusie die kan worden gehanteerd aan de hand van het gehele onderzoek.

Aan de hand van deze conclusie zijn er diverse analyse- en visualisatie tools ontwikkeld, die het SE data platform en andere sensor data platformen op het gebied van gebruiksvriendelijkheid en functionaliteit verbeteren. Hierdoor hebben actieve burgergroepen meer mogelijkheden om sensor data te analyseren- en te visualiseren, waardoor de drempel om gebruik te maken van sensor data wordt verlaagd. Hiernaast wordt het starten van burgerwetenschappelijke onderzoeken gestimuleerd. Tot slot kan het platform zelf ook door burgergroepen worden gebruikt. Echter dienen hier wel eerst een aantal vervolgstappen voor te worden gezet. Deze vervolgstappen worden in de hoofdstukken discussie en adviezen besproken.

Bibliografie

Literatuurbronnen

Beugen, N. v. (2016, augustus 17). *REVERSE ENGINEERING: PRINCIPES, TOEPASSINGEN EN OPLOSSINGEN*, geraadpleegd op: 01-06-2020, van: <https://blogs.faro-europe.com/nl/2016/08/17/reverse-engineering-principes-toepassingen-en-oplossingen/>

Blogspot (10-03-2014), Beeldtaal Gestalt, geraadpleegd op: 15-06-2020, van: <http://beeldtaalrafi.blogspot.com/2014/03/hoofdstuk-4-gestalt.html>

B. Timmers (05-06-2018), alles wat je moet weten over API's, geraadpleegd op: 17-3-2020, van: <https://w3s.nl/blog/api/>

Busbee, K. L. (z.d.). *Integrated Development Environment*, geraadpleegd op: 17-03-2020, van: <https://press.rebus.community/programmingfundamentals/chapter/integrated-development-environment/>

C. Farmer, L. W. (2019, september 3). *earth-analytics Home*. Geraadpleegd op: 20-03-2020, van: <https://www.earthdatascience.org/courses/earth-analytics/get-data-using-apis/API-data-access-r/>

Cloudflare. (z.d.). *What Is SSL? | SSL and TLS*. Geraadpleegd op: 18-03-2020, van: <https://www.cloudflare.com/learning/ssl/what-is-ssl/>

Esri (z.d), ArcGIS Pro features, geraadpleegd op: 19-3-2020, van: <https://www.esri.nl/nl-nl/producten/arcgis-pro/features#analytics>

Esri (z.d), Embed maps, apps and groups, geraadpleegd op: 26-03-2020, van: https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/share-maps/embed-maps-groups.htm#ESRI_SECTION1_9B629D885B1D41ECAFFA651CF2D2A849

Esri (z.d), Operations Dashboard for ArcGIS, geraadpleegd op: 20-3-2020, van: <https://doc.arcgis.com/en/operations-dashboard/help/what-is-a-dashboard.htm>

Esri (z.d). Web Appbuilder for ArcGIS, geraadpleegd op: 30-03-2020, van <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/web-appbuilder/overview>

Esri Community (07-08-2019), Export in operations Dashboard, geraadpleegd op: 25-03-2020, van <https://community.esri.com/thread/207556-export-in-operations-dashboard>

FME Community (29-03-2019), Getting Started with API's, geraadpleegd op: 18-3-2020, van <https://knowledge.safe.com/articles/89369/getting-started-with-apis-1.html>

Hoogenraad, W. (2018, November 2). *Wat zijn API's? (Application Programming Interface)*, geraadpleegd op: 06-05-2020, van: <https://www.itpedia.nl/2018/11/02/wat-zijn-apis-application-programming-interface/>

J. Powell (22-7-2016), Six reasons you should use ArcGIS API 4.0 for Javascript, geraadpleegd op: 19-3-2020, van: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/six-reasons-you-should-use-arcgis-api-4-0-for-javascript/>

Kadaster. (2020). *Heron viewer*, geraadpleegd op: 12-03-2020, van: <https://data.smartemission.nl/heron>

Luftdaten. (2020). *Lufdaten viewer*, geraadpleegd op: 14-03-2020, van: <https://deutschland.maps.sensor.community/>

PostgreSQL (z.d), What is PostgreSQL, geraadpleegd op: 08-06-2020, van: <https://www.postgresql.org/about/>

RIVM. (2020 - a). *Samen Meten Dataportaal*. Geraadpleegd op: 17-03-2020, van: <://samenmeten.rivm.nl/dataportaal/>

RIVM. (2020 - b). *Prototype dashboard sensoren Hollandse Luchten*. Geraadpleegd op: 17-03-2020, van https://rivm.shinyapps.io/app_HLL/

RIVM . (z.d. - c). *Fijn stof (PM2,5/PM10)* , geraadpleegd op: 25-05-2020, van: <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/fijn-stof-pm25pm10>

RStudio. (z.d. - a). *RStudio*. Geraadpleegd op: 17-03-2020, van RStudio : <https://rstudio.com/products/rstudio/>

RStudio. (z.d. - b). *R Packages*. Geraadpleegd op: 17-03-2020, van RStudio: <https://rstudio.com/products/rpackages/>

RStudio. (z.d. - c). *Shiny*. Geraadpleegd op: 17-03-2020, van: <https://shiny.rstudio.com/>

RStudio. (z.d. - d). *Hosting and Deployment*, Geraadpleegd op: 18-03-2020, van: <https://shiny.rstudio.com/deploy/>

RStudio. (z.d. - f). *Welcome to Shiny*. Geraadpleegd op: 19-03-2020, van : <https://shiny.rstudio.com/tutorial/written-tutorial/lesson1/>

RStudio. (z.d. - g). *RStudio Connect*. Geraadpleegd op: 19-03-2020,d van: <https://rstudio.com/assets/img/RStudio-Connect-1Apr2020.pdf>

Safe Software (2019), FME Server Rest API training, geraadpleegd op: 31-3-2020, van: https://s3.amazonaws.com/gitbook/Server-REST-API-2019/FMESERVER_RESTAPI10WrapUp/10.04.Troubleshooting.html

Safe Software (z.d), Server Apps, geraadpleegd op: 31-3-2020, van: https://docs.safe.com/fme/html/FME_Server_Documentation/WebUI/Server-Apps.htm

Safe (z.d), What is FME Server, geraadpleegd op: 18-3-2020, van: <https://www.safe.com/fme/fme-server/tour/2020.0>

Schoemaker, L. (2019, Oktober 23). *Wat is een API en wat kan je ermee?* , geraadpleegd op: 06-05-2020, van: <https://www.salesforce.com/nl/blog/2019/10/wat-is-een-api.html>

Figuurbronnen

ArcGIS for Developers (z.d), ArcGIS API for JavaScript 1.14, van:

<https://developers.arcgis.com/javascript/latest/guide/>

ArcGIS Pro (z.d), What is Modelbuilder?, van: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm>

M. Herbold (16-2-2013), ArcGIS is een platform, van: <https://blogs.esri.nl/arcgis-is-een-platform/>

Safe Software (z.d), FME Workbench, van: <https://s3.amazonaws.com/gitbook/Desktop-Basic-2018/DesktopBasic1Basics/1.02.FMEDesktopComponents.html>

Safe Software (z.d), Power the flow of data with FME, van: <https://www.safe.com/fme/>

RStudio. (z.d. - e). *Learn Shiny*, van: <https://shiny.rstudio.com/tutorial/>

RStudio. (z.d. - g). *RStudio Connect*, van: <https://rstudio.com/assets/img/RStudio-Connect-1Apr2020.pdf>