



**Vlaanderen**  
is omgeving



## **Opmeten van de sedimentaanwas in opvangsystemen met het oog op de validatie en verbetering van het sedimentmodel**

 **Eindrapport**

**DEPARTEMENT  
OMGEVING**

[omgevingvlaanderen.be](http://omgevingvlaanderen.be)

## **Opmeten van de sedimentaanwas in opvangsystemen met het oog op de validatie en verbetering van het sedimentmodel**

Om de gevolgen van bodemerrosie te bestrijden worden in Vlaanderen bufferende opvangsystemen aangelegd zoals erosiepoelen, bufferbekkens en dammen uit plantaardige materialen. In deze studie werden in een aantal van deze opvangsystemen periodiek kwantitatieve sedimentmetingen uitgevoerd in combinatie met de continue registratie van neerslaggegevens. Op deze manier werd een dataset gecreëerd van sedimentaanwashoeveelheden ter evaluatie van de modellering van erosie en sedimenttransport via de module WaTEM/SEDEM van het sedimentmodel CN-WS.

---

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

---

## **COLOFON**

### **Verantwoordelijke uitgever**

Peter Cabus  
Departement Omgeving  
Vlaams Planbureau voor Omgeving  
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel  
vpo.omgeving@vlaanderen.be  
www.omgevingvlaanderen.be

### **Auteurs**

Daan Renders – Fluves  
Sacha Gobeyn – Fluves  
Niels De Vleeschouwer - Fluves  
Johan Van de Wauw - Fluves  
Thomas Van Hoestenberghé - Fluves  
Petra Deproost – Departement Omgeving

### **Wijze van citeren**

Renders, D., Gobeyn, S., De Vleeschouwer, N., Van de Wauw, J., Van Hoestenberghé, T. & Deproost, P. (2021). Opmeten van de sedimentaanwas in opvangsystemen met het oog op de validatie en verbetering van het sedimentmodel. Departement Omgeving, Brussel, 69 pp.

## **PARTNERS**

FLUVES

## MANAGEMENTSAMENVATTING

Om de gevolgen van bodemerosie in Vlaanderen te beperken geeft de Vlaamse Overheid via het Erosiebesluit subsidies aan gemeenten voor het realiseren van gemeentelijke erosiebestrijdingswerken zoals de aanleg van bufferbekkens, erosiepoelen en dammen uit plantaardige materialen. Ook Provincies zetten in het kader van erosiebestrijding in op de aanleg van kleinschalige buffersystemen. In bufferbekkens en erosiepoelen en stroomopwaarts van dammen uit plantaardige materialen wordt na hevige neerslag water tijdelijk opgehouden waardoor sediment afgezet wordt in een gecontroleerde omgeving. In deze opdracht werd de sedimentaanwas voor verschillende maatregelen in 9 gebieden periodiek opgemeten en geanalyseerd. Verder werden de neerslagintensiteiten en -hoeveelheden continu gemonitord. Het tijdstip van de metingen op het terrein werd wel gestuurd aan de hand van een alarmsysteem gebaseerd op de continue neerslagmetingen. De hoeveelheid sedimentaanwas kan in principe goed opgemeten worden door de combinatie van metingen op het terrein (met GPS) en continue neerslagmetingen. Echter, de lokale omstandigheden op het veld, de frequentie van opmeten en de meetonzekerheid op de metingen kunnen het inschatten van de precieze hoeveelheid sedimentafzet per event bemoeilijken.

De resultaten van de module WaTEM/SEDEM van het erosie en sedimenttransportmodel CN-WS zijn getoetst aan de opgemeten hoeveelheden sedimentaanwas. De afstroompatronen van het sediment in de afstroomgebieden van de maatregelen kunnen goed gesimuleerd worden met het CN-WS model, dit op resolutie van zowel 5 als 20 meter. De gesimuleerde grootteorde van de deposities komt over het algemeen goed overeen met de gemeten hoeveelheden. Het model is echter niet in staat om de sedimentaanwas nauwkeurig in te schatten, omdat er onvoldoende data beschikbaar zijn over de lokale condities op de velden in het afstroomgebied, die sterk kunnen variëren in de loop van de tijd (o.a. gewasbedekking, bodemgesteldheid,...). Bovendien is de meetonzekerheid op de metingen van de sedimentaanwas te groot om een gedetailleerde analyse toe te laten. Om tot een beter inzicht te komen in de relatie tussen neerslag en sedimentaanwas zal moeten gefocust worden op het zo goed mogelijk inschatten van lokale condities en hun dynamiek m.b.v. modellen en -metingen en dient de meetonzekerheid van de terreinopmetingen verder verlaagd te worden.



<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Meetopzet .....</b>	<b>5</b>
2.1	Pluviometer	5
2.2	Topografische opmetingen	6
2.3	Studiegebieden	6
2.3.1	Weeraerdstraat – Widooie	7
2.3.2	Haagstraat – Borlo/Gingelom	9
2.3.3	Jonker Janlaan – Landen	11
2.3.4	Gellenberg – Lubbeek	12
2.3.5	IJsvogellaan – Sint-Genesius-Rode	14
2.3.6	Genstberg – Beersel	16
2.3.7	Bergstraat – Wortegem-Petegem	18
2.3.8	Steenbergstraat – Oudenaarde	20
2.3.9	Hasselstraat – Maarkedal	22
<b>3</b>	<b>Verwerking densiteitsmetingen .....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>Verwerking topografische opmeting .....</b>	<b>27</b>
4.1.1	Weeraerdstraat – Widooie	27
4.1.2	Haagstraat – Borlo	29
4.1.3	Jonker Janlaan – Landen	29
4.1.4	Gellenberg – Lubbeek	31
4.1.5	IJsvogellaan – Sint-Genesius-Rode	31
4.1.6	Genstberg – Beersel	32
4.1.7	Bergstraat – Wortegem-Petegem	32
4.1.8	Steenbergen – Oudenaarde	35
4.1.9	Hasselstraat - Maarkedal	37
<b>5</b>	<b>Verwerking neerslagdata .....</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Validatie</b>	<b>38</b>
5.1.1	Weeraerdstraat – Widooie	38
5.1.2	Borlo	40
5.1.3	Jonker Janlaan – Landen	41
5.1.4	Gellenberg – Lubbeek	41
5.1.5	Genstberg – Beersel	42
5.1.6	IJsvogellaan – Sint-Genesius-Rode	43
5.1.7	Bergstraat – Wortegem-Petegem	44
5.1.8	Steenbergen – Oudenaarde	45
5.1.9	Hasselstraat - Maarkedal	46
5.2	Berekening R-factor	48
<b>6</b>	<b>Modellering .....</b>	<b>51</b>
6.1	Weeraerdstraat – Widooie	54
6.2	Haagstraat – Borlo/Gingelom	56
6.3	Jonker Janlaan – Landen	56
6.4	Gellenberg – Lubbeek	57
6.5	IJsvogellaan – Sint-Genesius-Rode	59
6.6	Genstberg – Beersel	60
6.7	Bergstraat – Wortegem-Petegem	61
6.8	Steenbergstraat – Oudenaarde	62
6.9	Hasselstraat – Maarkedal	63
<b>7</b>	<b>Discussie .....</b>	<b>64</b>
<b>8</b>	<b>Besluit .....</b>	<b>66</b>
<b>9</b>	<b>Dankwoord .....</b>	<b>67</b>
	Referenties .....	68
	Bijlage 1: Datasheets meetapparatuur .....	69
	Bijlage 2: Scripts en data .....	69
	Bijlage 3: Fotomateriaal .....	69

# 1 INLEIDING

Om de gevolgen van bodemerosie te bestrijden geeft de Vlaamse Overheid subsidies aan gemeenten voor het realiseren van gemeentelijke erosiebestrijdingswerken zoals de aanleg van bufferbekkens en erosiepoelen. In bufferbekkens en erosiepoelen wordt na hevige neerslag water tijdelijk opgehouden waardoor sediment afgezet wordt in een gecontroleerde omgeving.

Naast het uitreiken van subsidies wordt binnen het departement Omgeving, in samenwerking met de Vlaamse Milieumaatschappij (hierna VMM) het model CN-WS ontwikkeld. CN-WS is een model dat in staat is bodemerosie en sedimenttransport naar de waterlopen modelleren. Dit model is gekalibreerd op basis van sedimentmetingen in bufferbekkens en waterlopen, aangezien de beschikbaarheid van erosie- en sedimentmetingen op het land relatief beperkt is.

In dit project (bestek BOD/STUD/2016/01) wordt door Fluves de hoeveelheid sedimentafzetting in verschillende bufferbekkens en erosiepoelen periodiek onderzocht. De onderzochte gebieden liggen verspreid over de erosiegevoelige regio's in Vlaanderen. Aangezien erosie afhankelijk is van de neerslagintensiteit, wordt er ook een continue monitoring van de neerslag voorzien met pluviometers. De neerslaggegevens en sedimenthoeveelheden worden vervolgens gebruikt in een validatie van de gemodelleerde sedimenthoeveelheden met CN-WS.

## 2 MEETOPZET

### 2.1 PLUVIOMETER

In elk studiegebied werd een pluviometer voorzien (negen in totaal). Deze pluviometer werd zo dicht mogelijk bij de erosiebestrijdingsmaatregel geplaatst.

De pluviometer bestond uit een Davis Rain Collector (model 6465) die voldoet aan de richtlijnen van de World Meteorological Organization (WMO). Regendruppels vallen in de opvangbak waarna ze door een grof filter lopen en op een kantelbakje vallen. Per 0,2 mm neerslag kantelt het bakje en geeft een elektrische puls. Het aantal pulsen per 10 minuten wordt geregistreerd door een datalogger. Tijdens dit project werden dataloggers van Baush Datacom gebruikt. Deze energiezuinige dataloggers bevatten een ingebouwde GPRS modem die de datacommunicatie verzorgde en een SD-kaart waar de ruwe data werden op bijgehouden. De gelogde data werden vier keer per dag via het GPRS-netwerk van Orange doorgestuurd naar een FTP-server van Fluves. De data op de FTP-server werden vervolgens in een databank bewaard.

De datalogger werd gevoed door twee 12V 12Ah batterijen die parallel geschakeld zijn. De batterijen werden op spanning gehouden via een zonnepaneel met bijhorende laadregelaar. De datalogger, batterijen en de laadregelaar van het zonnepaneel werden in een waterdichte kist bewaard. Figuur 1 geeft de opgestelde meetapparatuur weer in een studiegebied (Lubbeek). Elke pluviometer werd zo ver mogelijk geïnstalleerd van potentieel belemmerende elementen, zoals gebouwen en bomen, zoals ook vermeld in de instructiehandleiding van de Davis Rain Collector, model 6465.



Figuur 1: Meetopstelling van de pluviometer.

De technische datasheets van de gebruikte meetapparatuur worden in bijlage 1 gegeven.

## 2.2 TOPOGRAFISCHE OPMETINGEN

Bij hevige neerslag werd door 3DSoil het opvangbekken ingemeten met een Real Time Kinetic - Global Positioning System (RTK-GPS). Per studiegebied werd een grid van punten opgemaakt waar voor elk punt bij iedere opmeting de hoogte werd bepaald. Indien tijdens de opmeting bleek dat er veel sedimentafzetting plaatsvond naast de eerder bepaalde punten, dan werden er extra punten opgemeten. Per studiegebied werden er steeds voor ca. 100 punten de hoogtes bepaald. De puntmetingen kunnen via ruimtelijke interpolatie (zie sectie 0) omgezet worden naar een gebiedsdekkend raster met hoogtewaarden. Uit het hoogteverschil tussen twee opeenvolgende metingen kan het volume afgezet of geërodeerd sediment berekend worden.

Zoals hierboven beschreven werden er opmetingen verricht na hevige neerslag. Uit de neerslaggegevens werd dagelijks in de databank de intensiteit en retourperiode van de geregistreerde buien berekend. Bij het overschrijden van drempelwaarden in intensiteit en retourperiode in een bepaald station werden de medewerkers van het project automatisch per mail verwittigd. Op basis van de beoordeling van de projectmedewerkers, werd samen met andere argumenten (o.a. het aantal weken/maanden sinds de vorige meting, periode van het jaar, andere gebieden die opgemeten moeten worden, het weerbericht voor de volgende dagen,... ) beslist of er al dan niet opgemeten werd.

## 2.3 STUDIEGEBIEDEN

In samenspraak met de opdrachtgever en de erosiecoördinatoren selecteerde Fluves negen studiegebieden: Widooie, Borlo, Landen, Lubbeek, Sint-Genesius-Rode, Beersel, Maarkedal, Oudenaarde en Wortegem-Petegem. De locatie van de studiegebieden wordt weergegeven in Figuur 2 en Tabel 1. Elk studiegebied wordt hieronder uitgebreid besproken. Bij het kiezen van de studiegebieden werd er voor gezorgd dat de locaties verspreid lagen in de erosiegevoelige zone van

Vlaanderen, zodat verschillende bodemtypes meegenomen werden. Daarnaast werd ook gekeken naar verschillende types maatregelen (aarden dammen en dammen uit plantaardige materialen) en het toestroomgebied. Er werd voor gezorgd dat het toestroomgebied relatief eenvoudig opgebouwd was, met zo weinig mogelijk versturende elementen in de run-off zoals wegen en grachten.



Figuur 2: Locaties van verschillende studiegebieden in Vlaanderen.

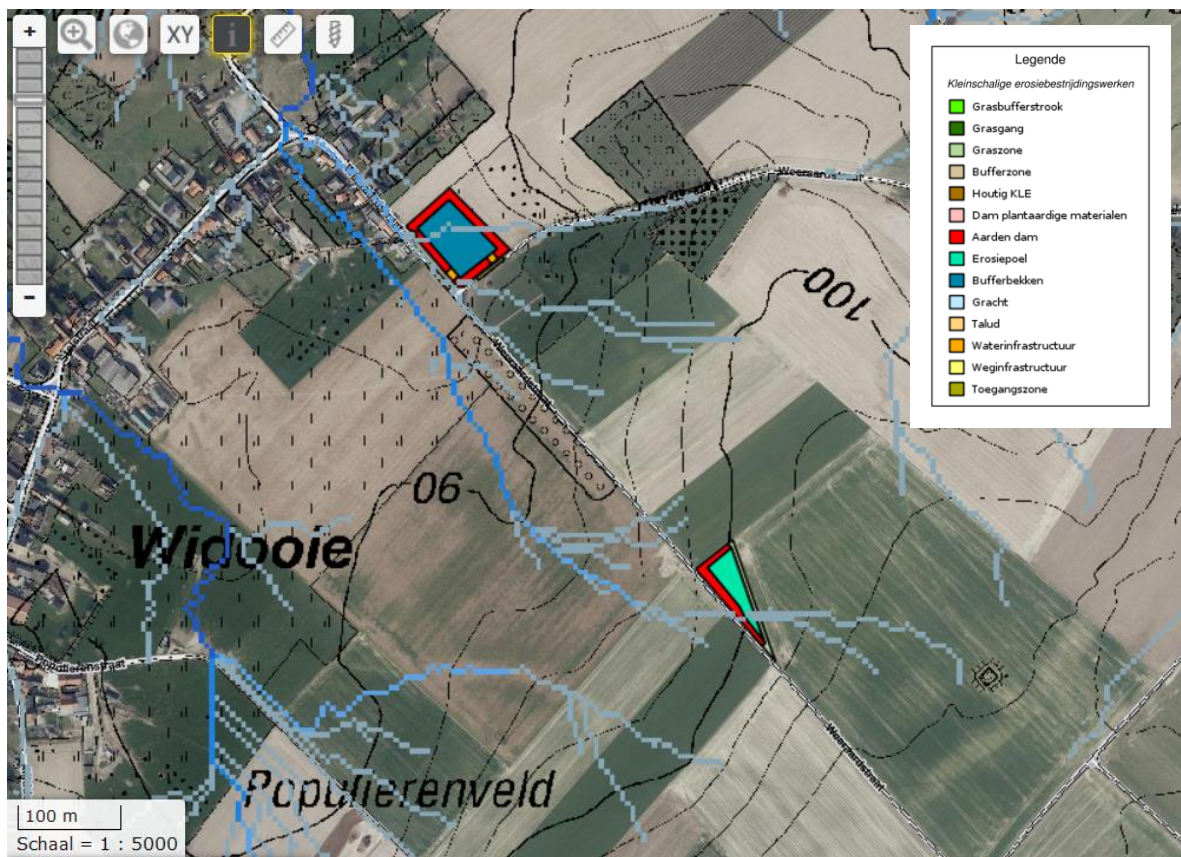
Tabel 1: Lambert 1972 coördinaten van de meetstations en de studiegebieden. Indien de pluviometer op een ander locatie dan de maatregel staat, wordt deze locatie ook gegeven.

Gebied	Locatie maatregel	Locatie pluviometer	Afstand (km)
Widooie	224002 162792	Idem maatregel	0
Borlo	205340 157392	204780 158935	1.6
Landen	201294 162269	Idem maatregel	0
Lubbeek	182684 175195	Idem maatregel	0
Sint-Genesius-Rode	149148 160865	148406 159395	1.6
Beersel	147186 159879	Idem maatregel	0
Maarkedal	99256 167257	98987 166194	1.1
Oudenaarde	98649 169449	99685 169142	1.1
Wortegem-Petegem	91263 170186	Idem maatregel	0

### 2.3.1 Weeraerdstraat – Widooie

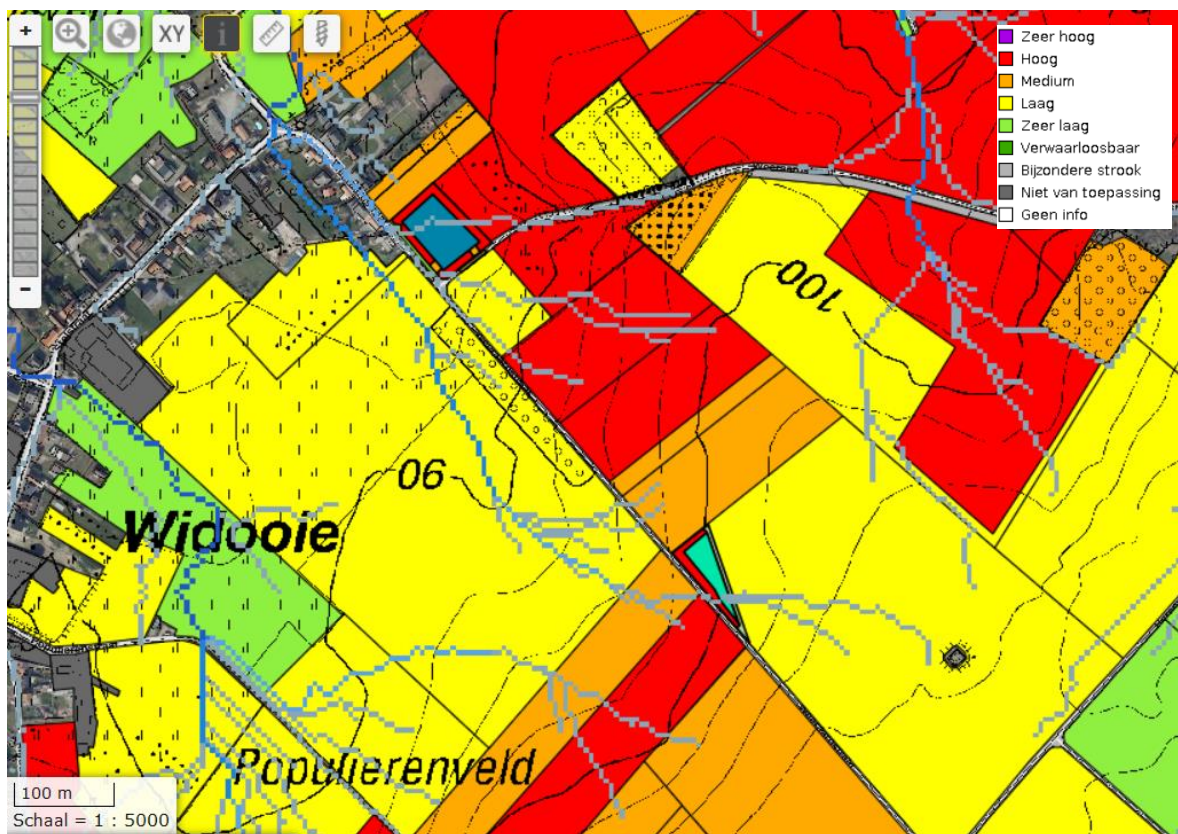
Aan de Weeraerdstraat in Widooie liggen twee erosiebestrijdingsmaatregelen. In deze studie werd de meest stroomopwaartse maatregel onderzocht aangezien de andere maatregel nog in aanleg was bij de start van het project in 2017. De onderzochte maatregel bestaat uit een bufferende en geleidende aarden dam, een erosiepoel en een graszone. De maatregel ligt in de meest stroomafwaartse hoek van een akker (Figuur 3). Het toestroomgebied naar de dam bedraagt 4,8 ha. De akker wordt in de potentiële erosiekaart 2019 geclassificeerd als laag erosiegevoelig (een 'geel' perceel, zie Figuur 4).





Figuur 3: Situatie van de onderzochte maatregel in Widooie (groene polygonen) met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken. De zuidelijke maatregel werd onderzocht (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

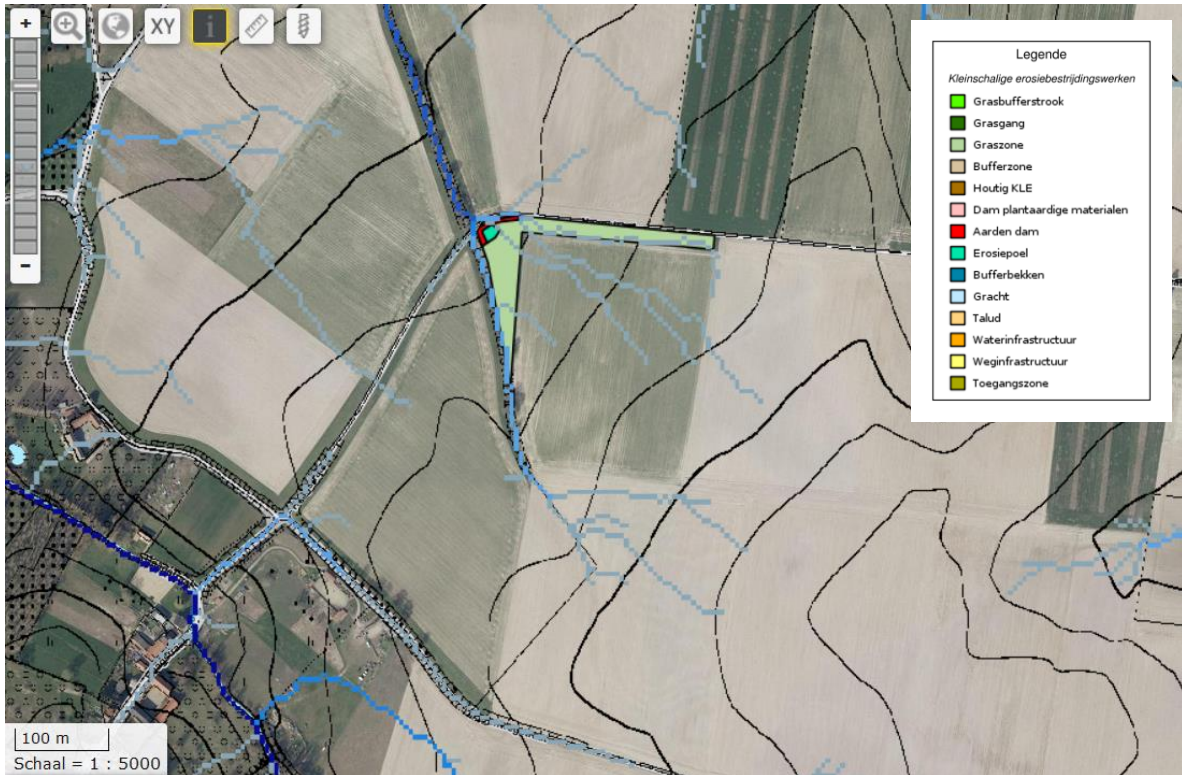




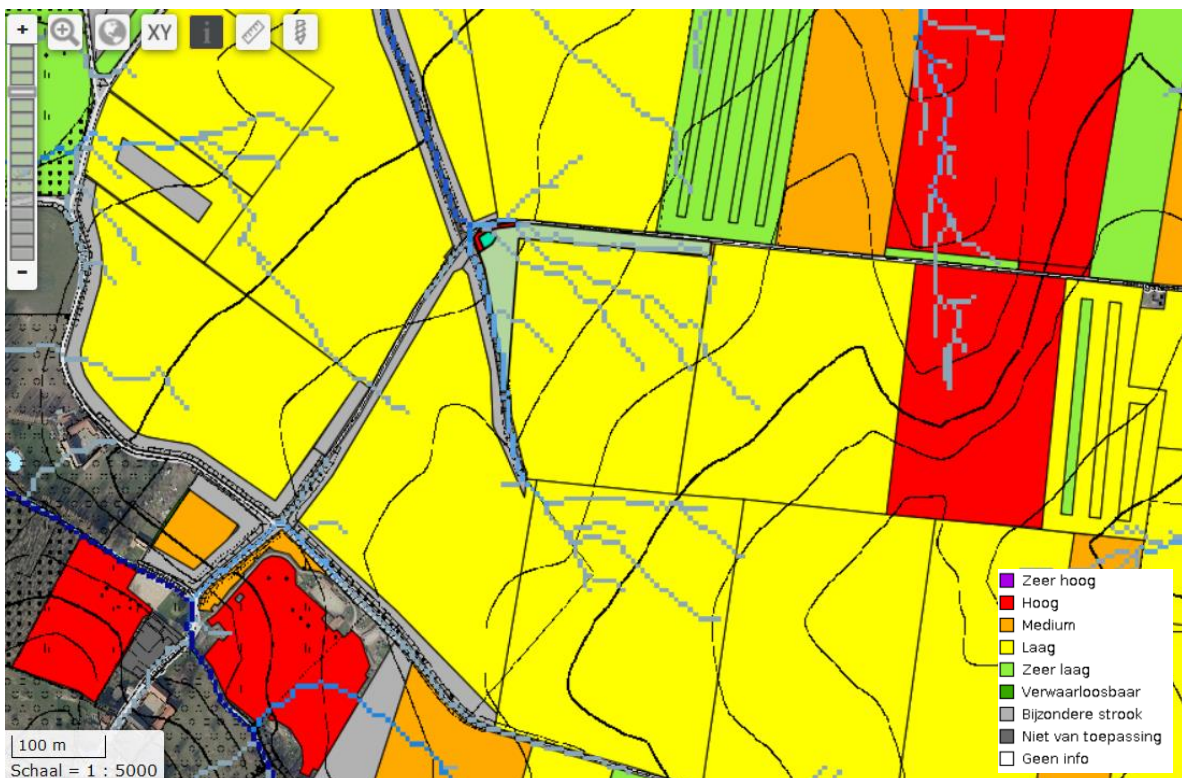
Figuur 4: Potentiële bodemerosiekaart 2021 ter hoogte van de maatregel in Widooie, met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

### 2.3.2 Haagstraat – Borlo/Gingelom

Aan de Haagstraat in Borlo, Gingelom werd een erosiebestrijdingsmaatregel onderzocht die bestaat uit een graszone, een geleidende en bufferende aarden dam en een erosiepoel (Figuur 5). Het toestroomgebied naar de maatregel bedraagt ca. 10,5 ha. In het toestroomgebied liggen enkele akkers die als laag erosiegevoelig geclassificeerd worden in de potentiële bodemerosiekaart 2019 (Figuur 6).



Figuur 5: Situatie van de onderzochte maatregel in Borlo, met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)



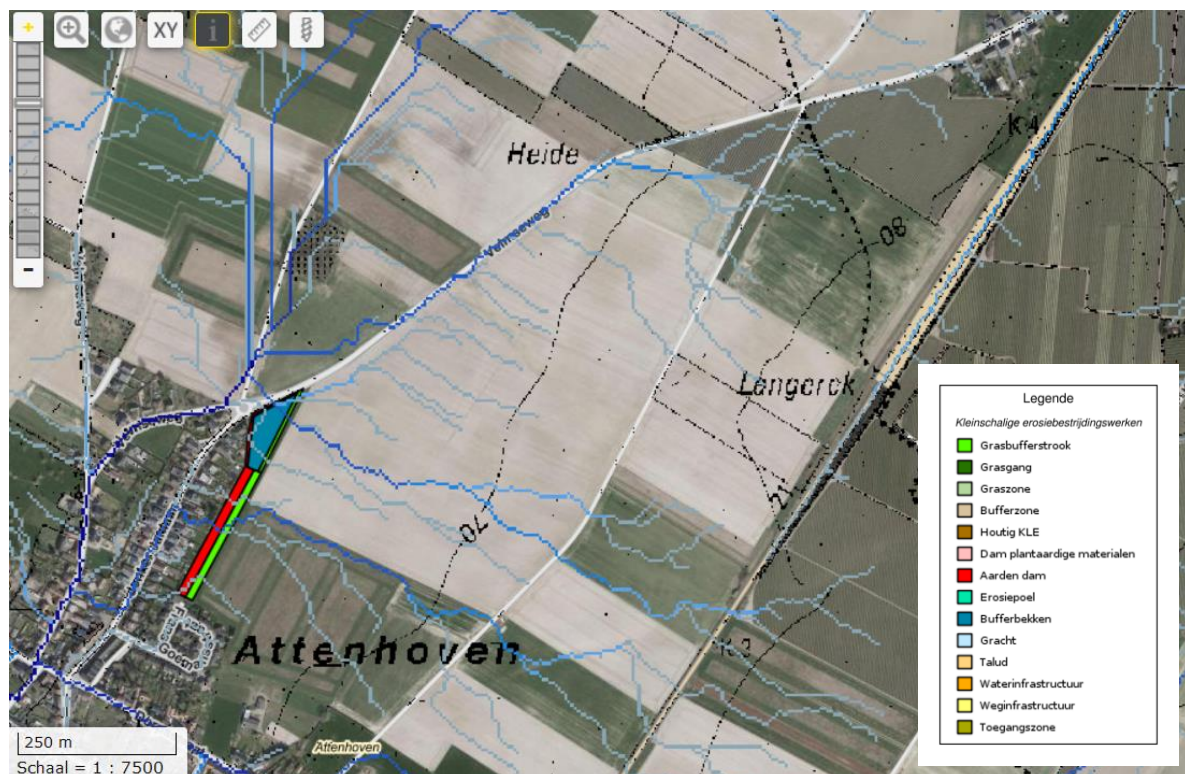
Figuur 6: Potentiële bodemerosiekaart 2021 ter hoogte van de onderzochte maatregel in Borlo, met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)



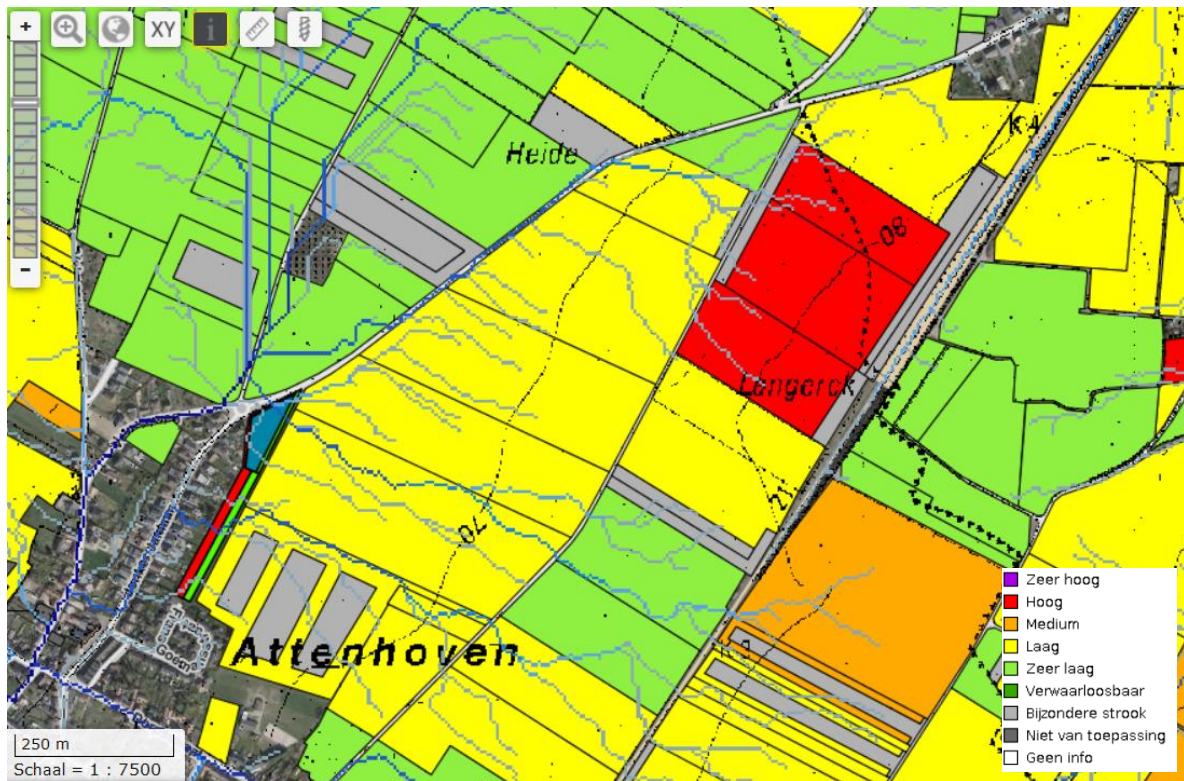
Er werd geen pluviometer geplaatst in dit gebied daar de Vlaamse Milieumaatschappij een meetstation met pluviometer (Niel bij Sint-Truiden) bezit op slechts 1.6 km van het studiegebied. De regenvaldata werden via het Python pakket pywaterinfo (<https://pypi.org/project/pywaterinfo/>) dagelijks gedownload en op dezelfde manier verwerkt als de data van de andere meettoestellen.

### 2.3.3 Jonker Janlaan – Landen

De bestudeerde erosiebestrijdingsmaatregelen in Landen ligt parallel aan de Jonker Janlaan in Attenhoven. De maatregel bestaat uit een graszone, erosiepoel en een bufferende en geleidende dam. De dam en graszone liggen aan de stroomafwaartse rand van verschillende akkers (Figuur 7). De maatregel heeft een toestroomgebied van 69,5 ha. In het toestroomgebied liggen verschillende percelen die volgens de potentiële erosiebestrijdingskaart 2019 als zeer laag ('groen'), laag ('geel'), medium ('oranje') en hoog ('rood') erosiegevoelig geïdentificeerd worden (Figuur 8).



Figuur 7: Situatie van de onderzochte maatregel in Landen (blauwe, groene en rode shape) met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)



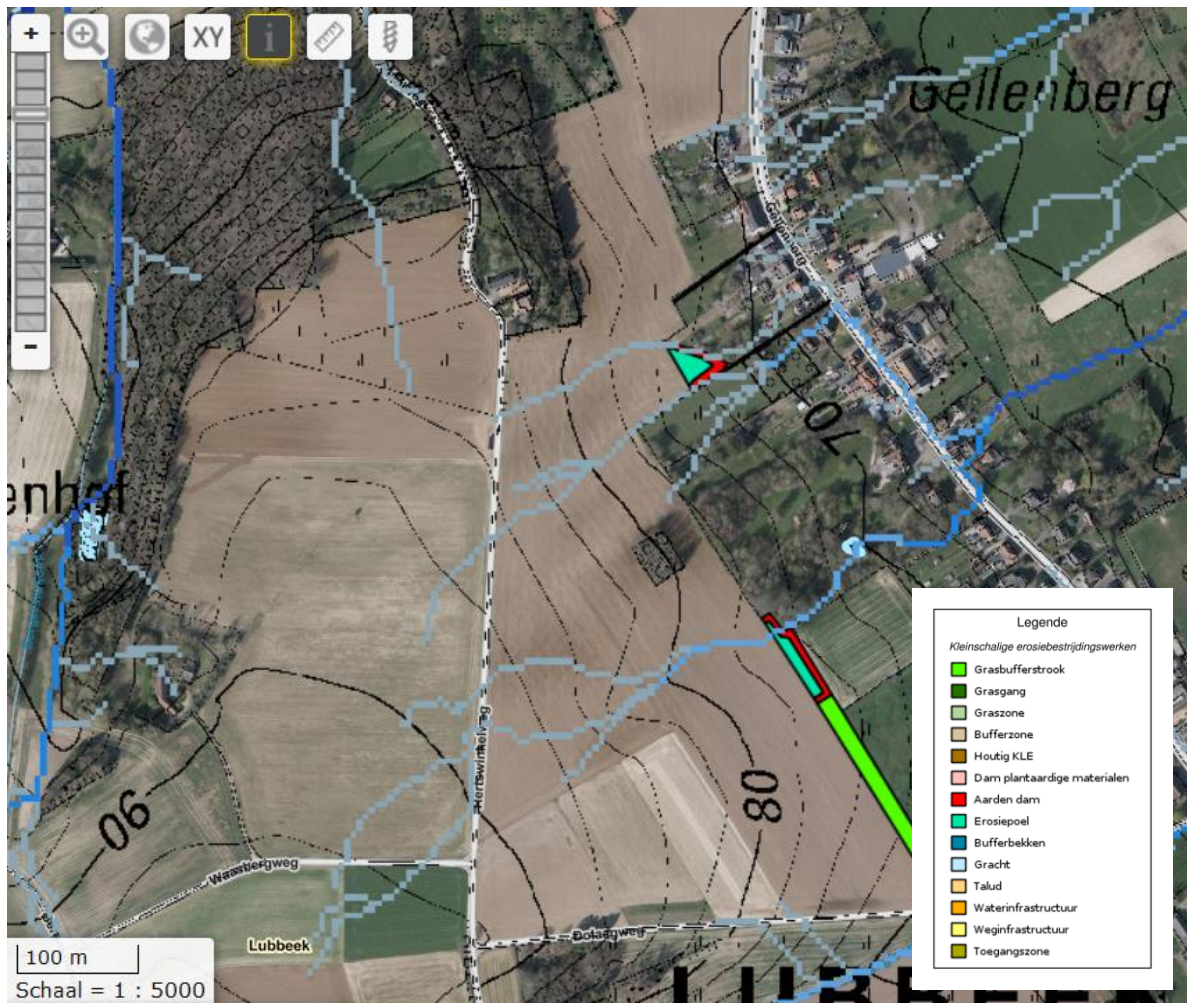
Figuur 8: Potentiële bodemerosiekaart 2021 ter hoogte van de onderzochte maatregel in Landen, met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

De pluviometer werd op 15/5/2017 geplaatst op het tuinhuis van Jonker Janlaan 36 vlak aan de geleidende dam.

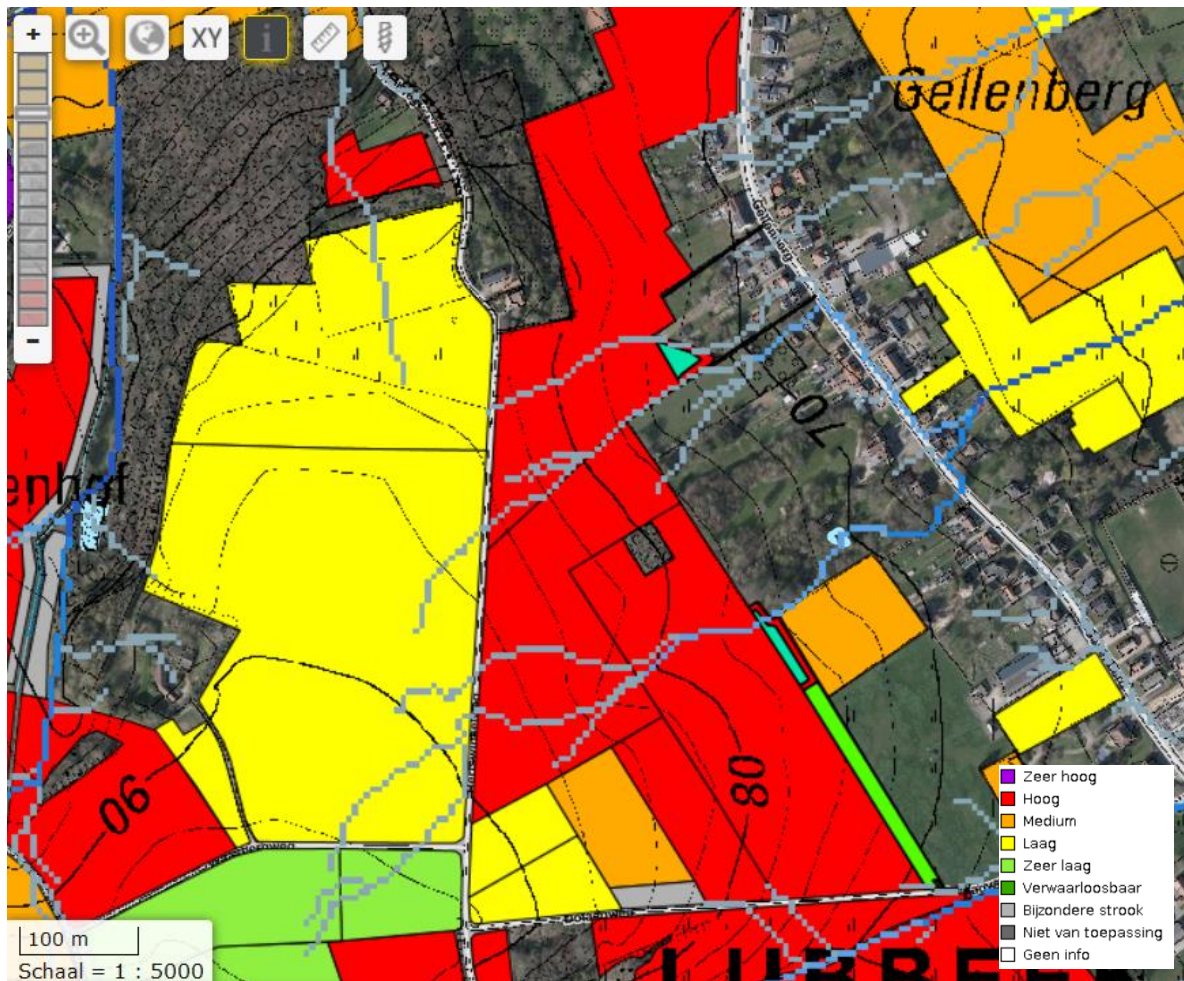
### 2.3.4 Gellenberg – Lubbeek

In Lubbeek liggen parallel aan de Gellenberg twee erosiebestrijdingsmaatregelen. In deze studie wordt de sedimentafzetting in de noordelijke maatregel onderzocht. Deze maatregel bestaat uit een bufferende dam met een erosiepoel (Figuur 9). De dam is geplaatst stroomafwaarts van een hoog erosiegevoelig perceel ('rood') perceel (Figuur 10). De maatregel heeft een toestroomgebied van ca. 4,97 ha.





Figuur 9: Situatie van de onderzochte maatregel in Lubbeek met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken. De noordelijke maatregel werd onderzocht (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

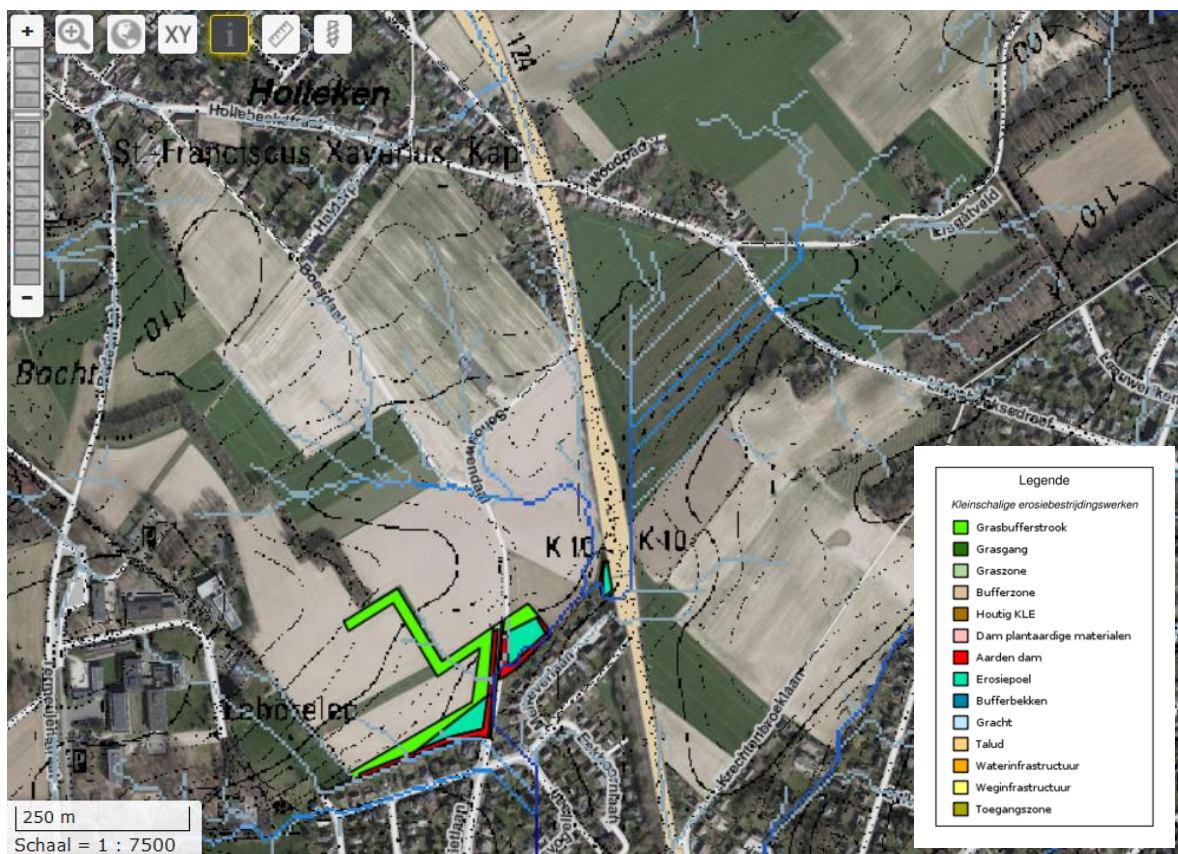


Figuur 10: Potentiële bodemerosiekaart 2021 ter hoogte van de onderzochte maatregel in Lubbeek. met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken. (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

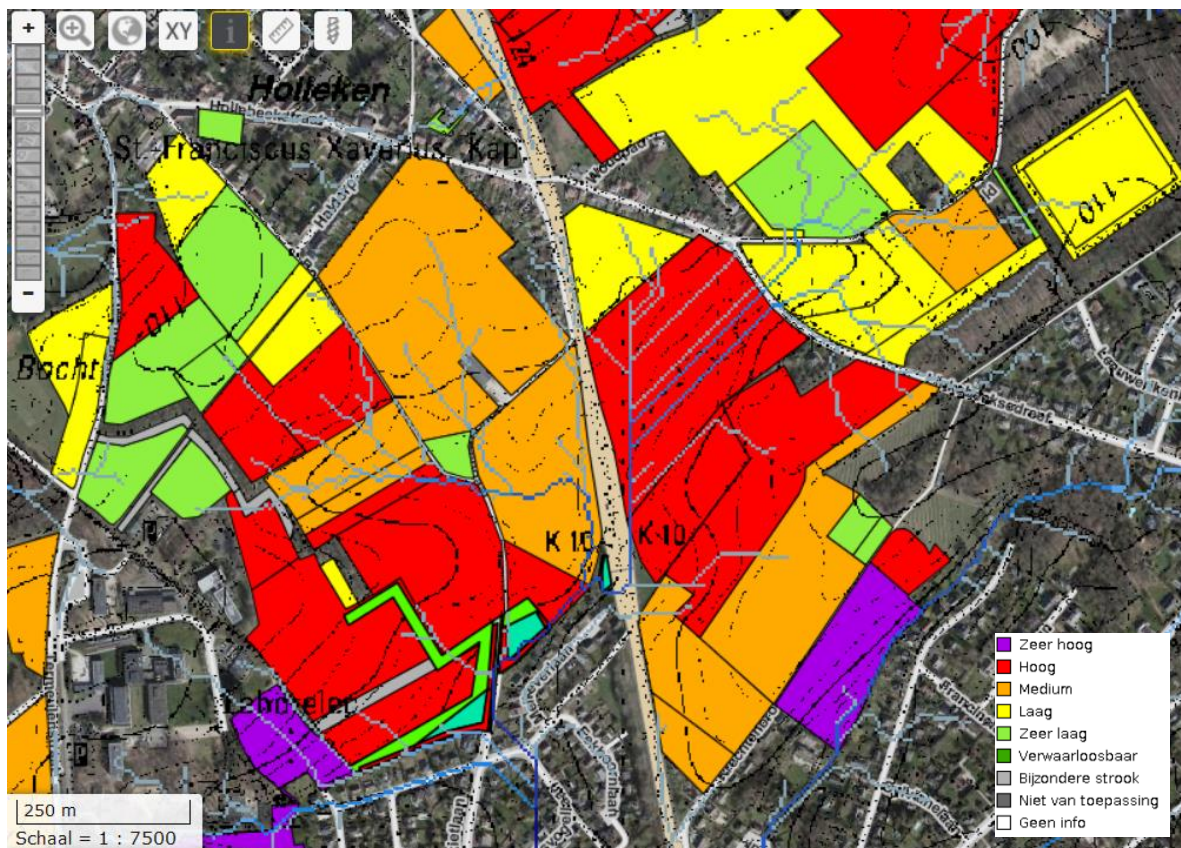
### 2.3.5 IJsvogellaan – Sint-Genesius-Rode

Langs de IJsvogellaan in Sint-Genesius-Rode zijn twee grote aarden dammen met erosiepoelen aangelegd. In deze studie wordt de oostelijke bufferzone onderzocht. Deze bufferzone ligt achter de huizen van de Meikeverlaan. Het toestroomgebied van deze bufferzone is ca. 76,0 ha groot en ontvangt ook, via een geleidende gracht en inbuizing, sediment van de overzijde van de spoorwegberm (Figuur 11). In dit gebied liggen verschillende percelen die volgens de potentiële bodemerosiekaart 2019 van zeer laag tot hoog erosiegevoelig geclassificeerd worden (Figuur 12).





Figuur 11: Situatie van de onderzochte maatregel in Sint-Genesius-Rode met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken. De oostelijke maatregel (ten oosten van het verlengde van de weg Schouwendaal) werd onderzocht (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)



Figuur 12: Potentiële bodemerosiekaart 2021 ter hoogte van de onderzochte maatregel in Sint-Genesius-Rode met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

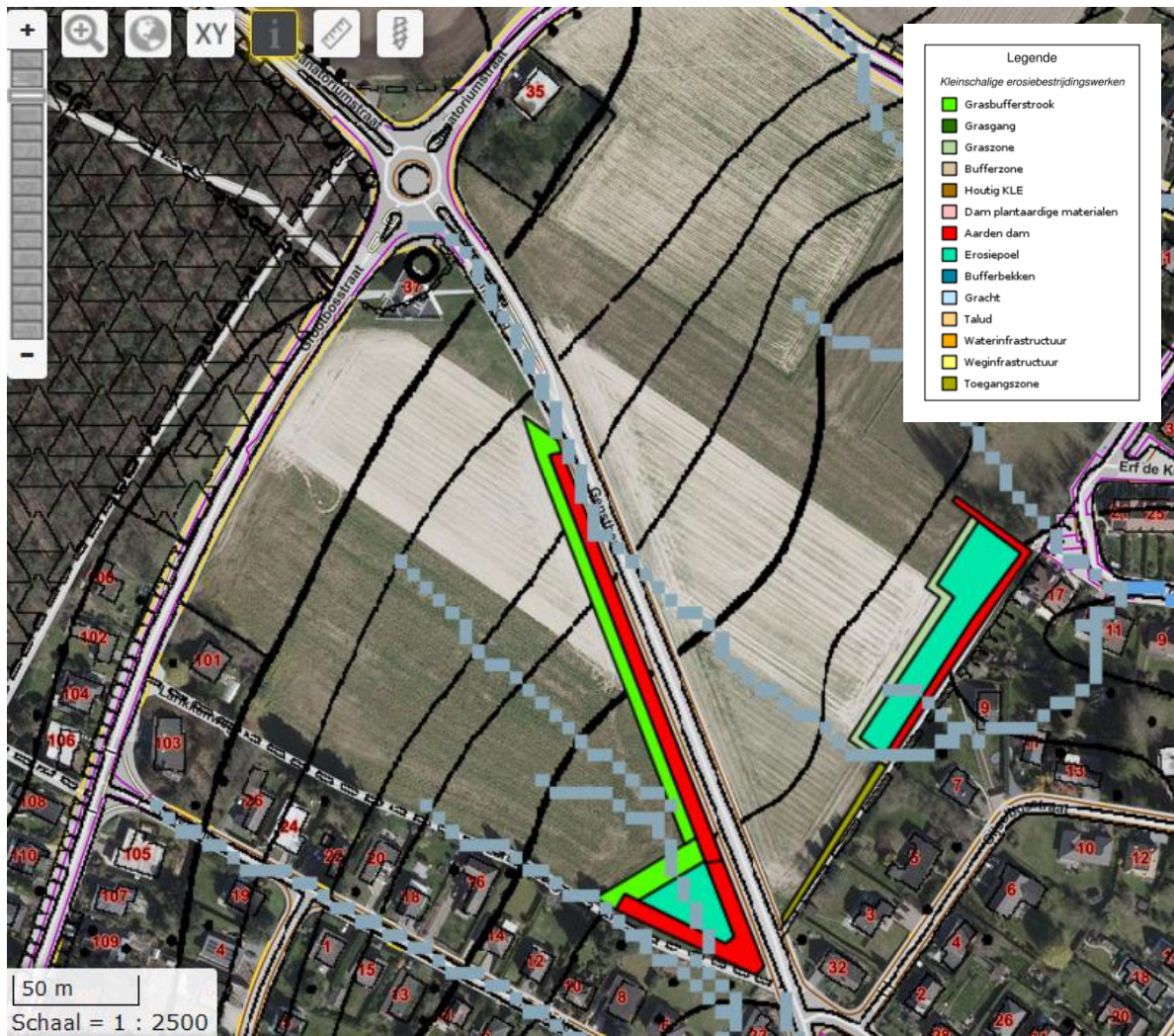
De pluviometer werd geplaatst op een plat dak van het gemeentehuis van Sint-Genesius-Rode, op 1640 m van de bestudeerde erosiebestrijdingsmaatregel. De pluviometer in Beersel kan ook gebruikt worden voor de neerslaginformatie in de erosiebestrijdingsmaatregel: deze staat op ca. 2200 m van de meetlocatie in Sint-Genesius-Rode. De pluviometer werd op 22/5/2017 geïnstalleerd.

### 2.3.6 Genstberg – Beersel

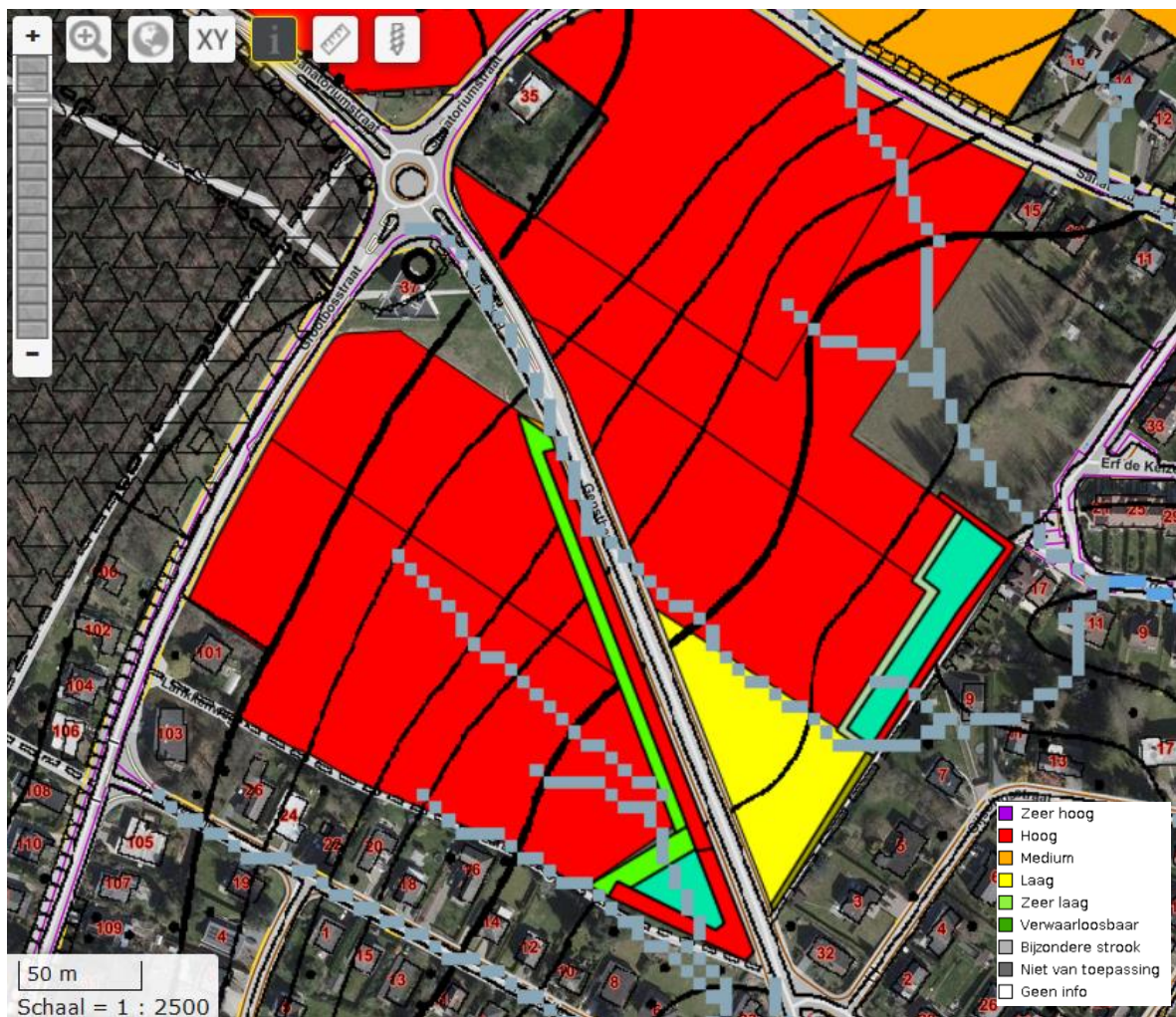
Langs beide zijden van de Genstberg in Beersel zijn erosiebestrijdingsmaatregelen aangelegd. In deze studie wordt de oostelijke maatregel onderzocht. Deze maatregel bestaat uit een geleidende en bufferende dam, een erosiepoel en een graszone (Figuur 13). De maatregel is gelegen in de meest stroomafwaartse hoek van een perceel met een hoge ('rood') erosiegevoeligheid volgens de potentiële bodemerosiekaart 2019 (Figuur 14). De dam heeft een beperkt toestroomgebied van ca. 3,04 ha.

De pluviometer werd geplaatst in de tuin van een huis, aangrenzend aan de aarden dam op 17/5/2017.





Figuur 13: Potentiële bodemerosiekaart 2019 ter hoogte van de onderzochte maatregel in Beersel met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken. De zuidelijke maatregel werd onderzocht (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

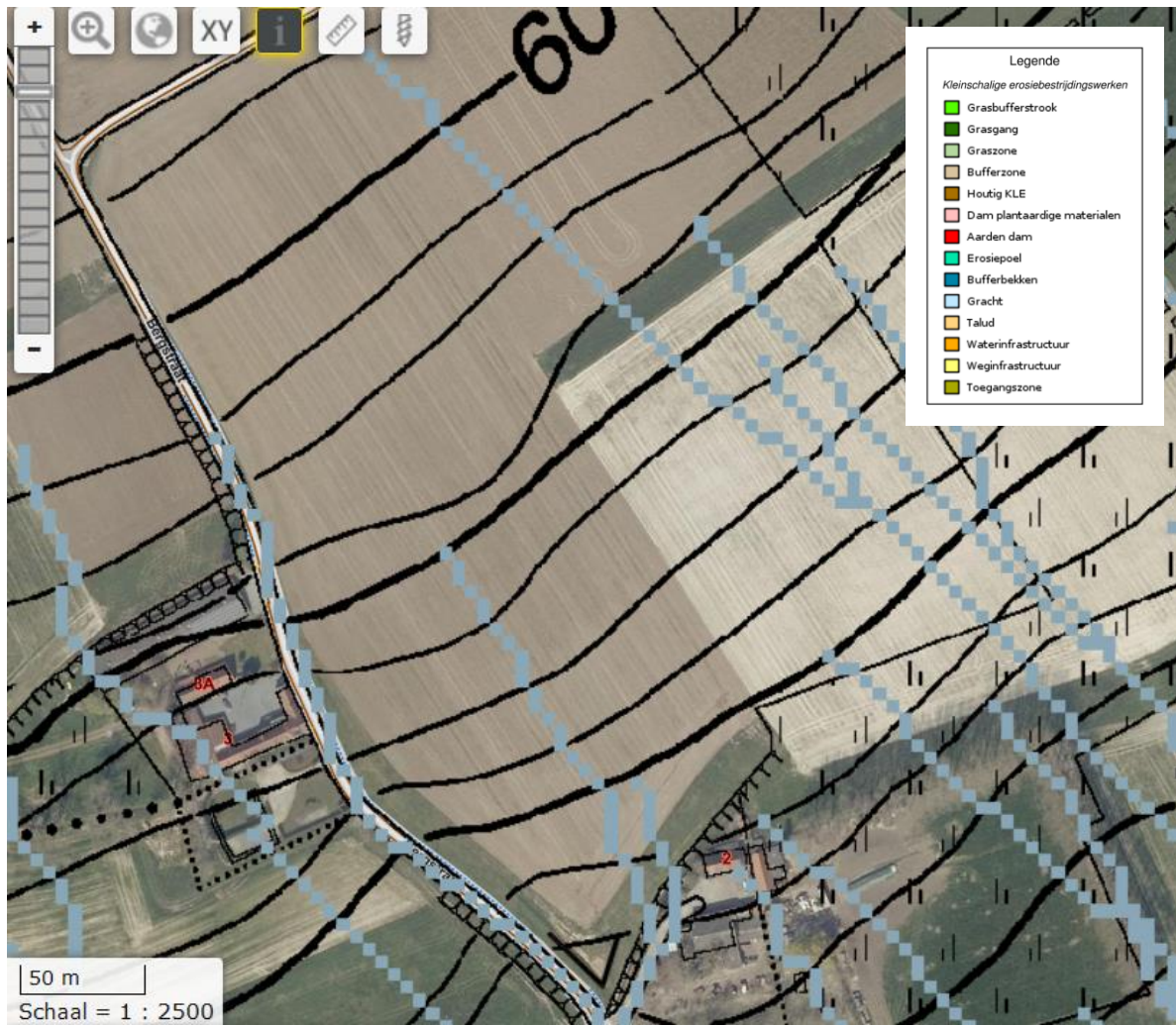


Figuur 14: Potentiële bodemerosiekaart 2021 ter hoogte van de onderzochte maatregel in Beersel met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken. (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

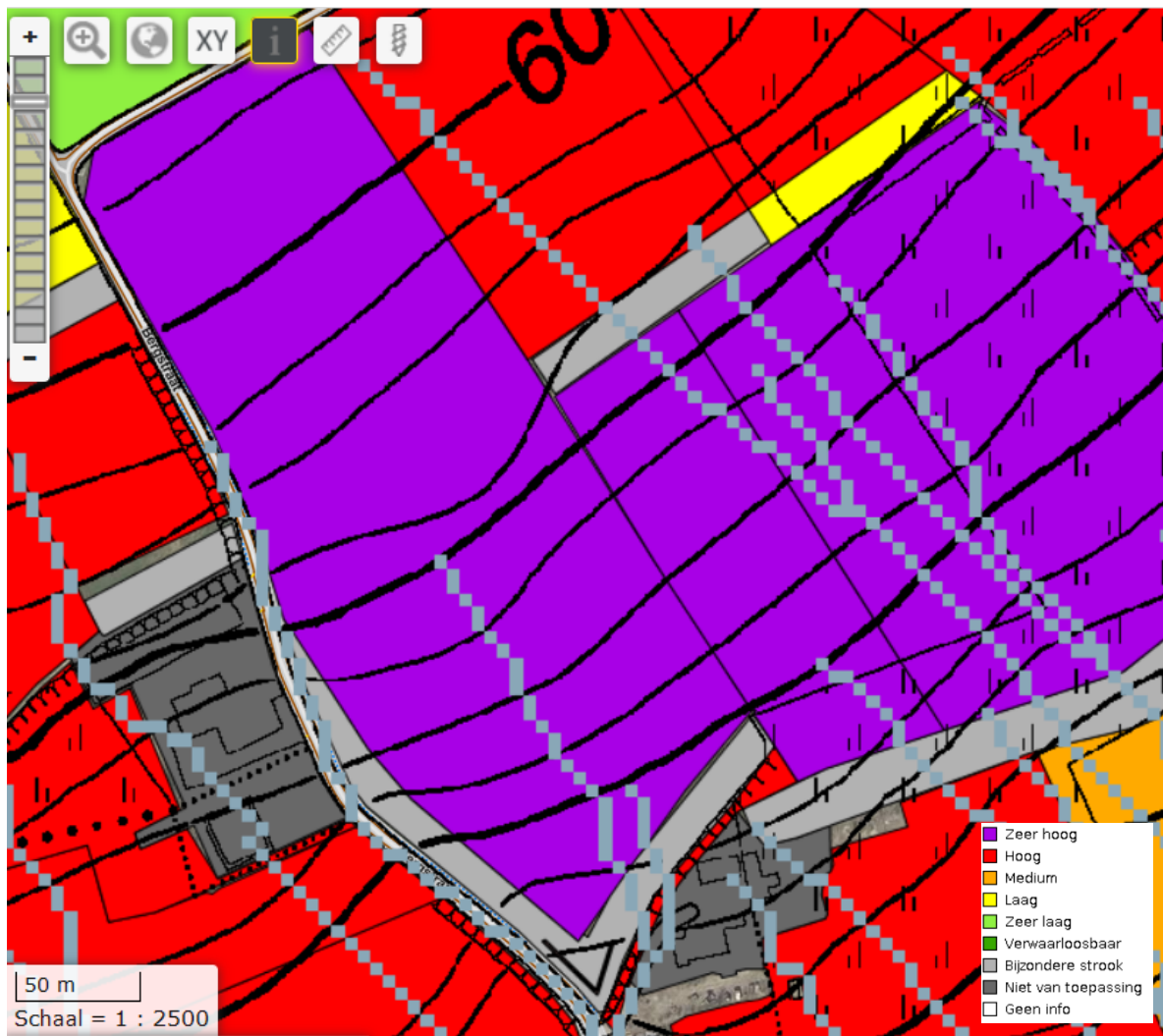
### 2.3.7 Bergstraat – Wortegem-Petegem

Langs de Bergstraat in Wortegem-Petegem is in de meest stroomafwaartse hoek van een akker een houthakseldam met graszone aangelegd. Deze houthakseldam werkt als geleidende en bufferende dam. Tussen de dam en de akker ligt een graszone die als erosiepoel optreedt (Figuur 15). De akker wordt in de potentiële bodemerosiekaart 2019 geclassificeerd als een zeer hoog erosiegevoelig perceel (Figuur 16). Het toestroomgebied naar de maatregel heeft een oppervlakte van ca. 4,77 ha.





Figuur 15: Situatie van de onderzochte maatregel in Wortegem-Petegem met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)



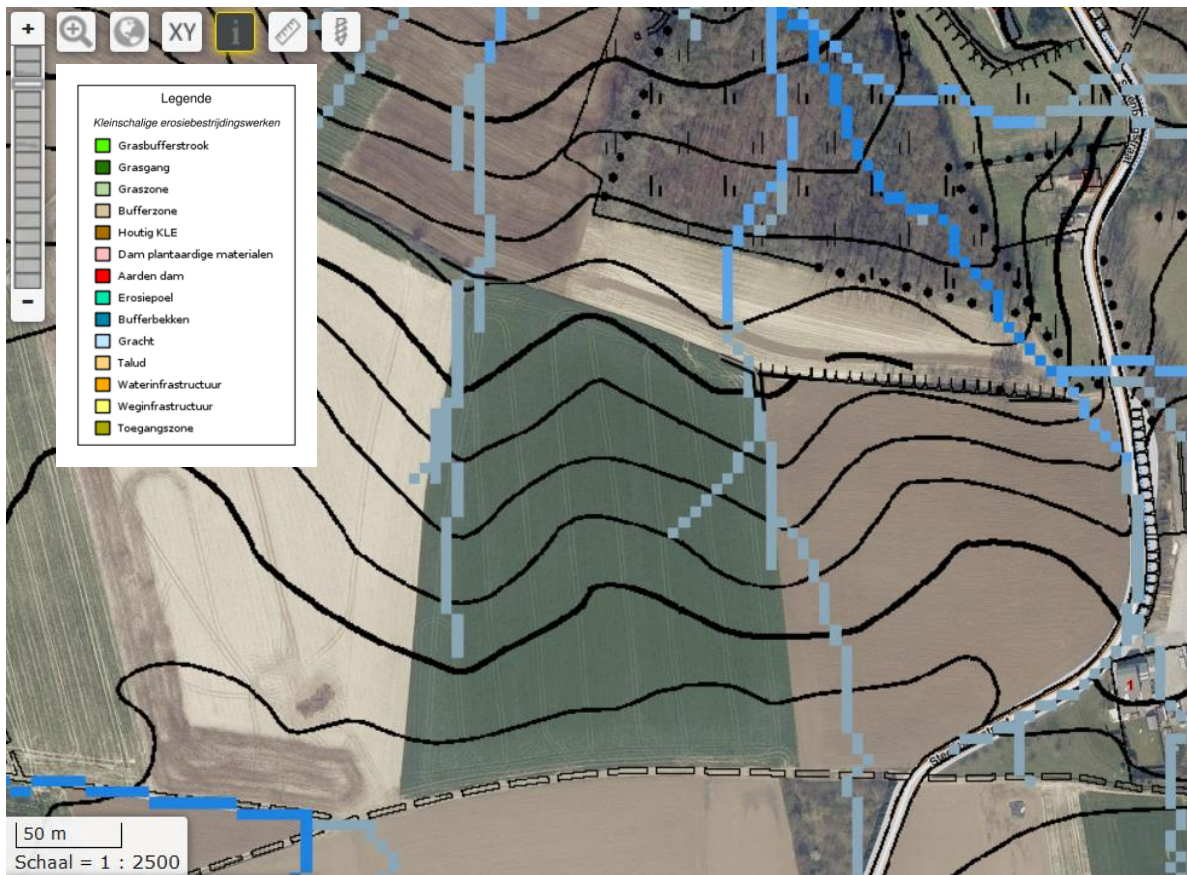
Figuur 16: Potentiële bodemerosiekaart 2021 ter hoogte van de onderzochte maatregel in Wortegem-Petegem met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

De pluviometer werd geplaatst in de tuin van de landbouwer die de dam beheert, vlak naast de dam.

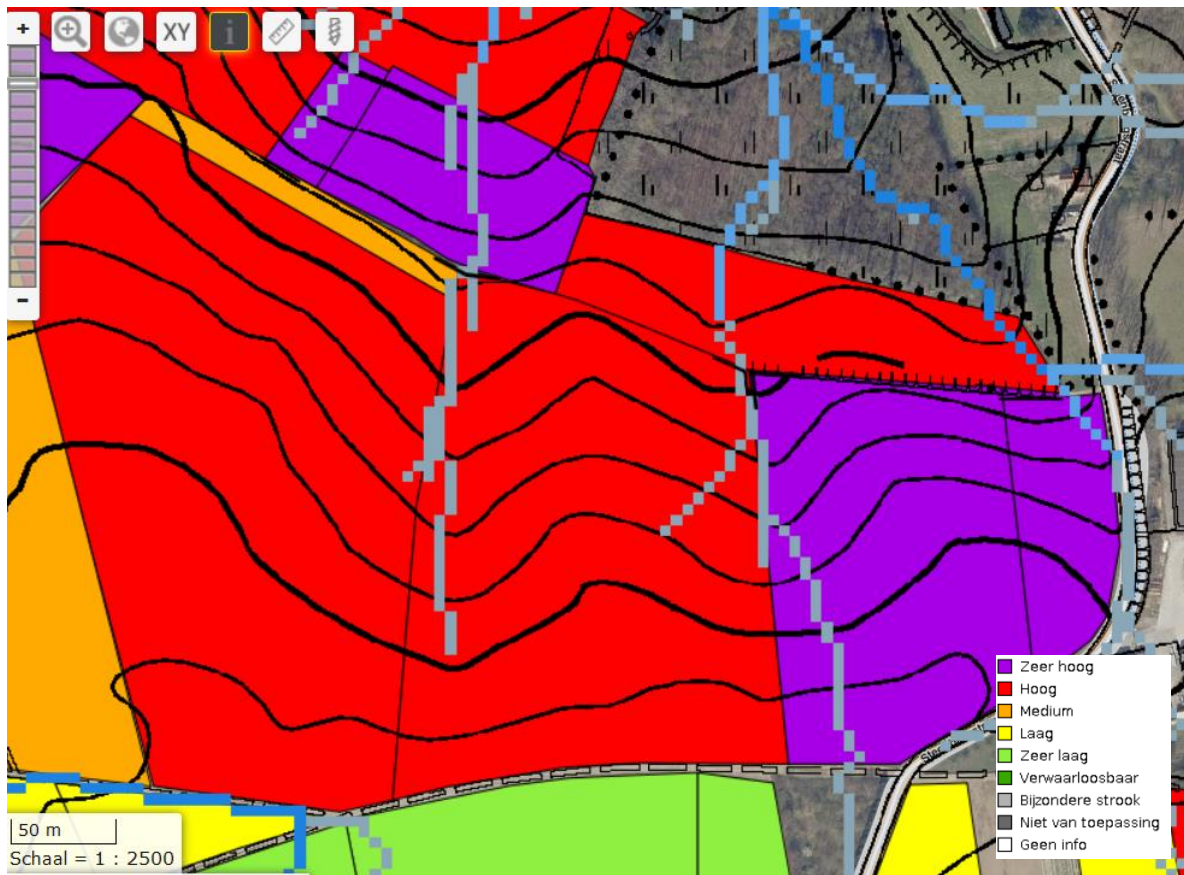
### 2.3.8 Steenbergstraat – Oudenaarde

Langs de Steenbergstraat in Oudenaarde liggen verschillende houthaksel- en kokosdammen net ten zuiden van een steilrand of talud van ca. 0.5m hoog. De onderzochte maatregel ligt een eind van de straat weg en is gelegen op de grens van twee percelen. In dit onderzoek wordt een houthakseldam onderzocht, de derde maatregel vanaf de Steenbergstraat bekeken. De houthakseldam heeft een toestroomgebied van ca. 4,7 ha (Figuur 17). De maatregel is aangelegd aan de stroomafwaartse rand van enkele percelen die als hoog erosiegevoelig geclassificeerd zijn in de potentiële bodemerosiekaart 2019 (Figuur 18). De maatregel ligt onderaan de thalweg van een droge vallei. Deze thalweg is ook de grens tussen de twee percelen.





Figuur 17: Situatie van de onderzochte maatregel in Oudenaarde (derde zwarte polygoon vanaf de weg) met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)



Figuur 18: Potentiële bodemerosiekaart 2021 ter hoogte van de onderzochte maatregel in Oudenaarde met aanduiding van afstromingskaart (enkelvoudige stroomlijnen) en kleinschalige erosiebestrijdingswerken (Bron: <https://www.dov.vlaanderen.be>, GDI-Vlaanderen, geraadpleegd op 17/02/2021)

### 2.3.9 Hasselstraat – Maarkedal

Langs de Hasselstraat in het gehucht Rattepoel in Maarkedal is een houthakseldam van 28m lang en 0,8 m breed aangelegd met steun van de Provincie Oost-Vlaanderen. De maatregel ligt vlak naast de weg en buffert het afstromende sediment van de bovenstroomse percelen (Figuur 19). De maatregel heeft een toestroomgebied van ca. 3,08 ha. De maatregel is aangelegd aan de stroomafwaartse rand van enkele percelen die als hoog erosiegevoelig geclassificeerd zijn in de potentiële bodemerosiekaart 2019 (Figuur 20)







### 3 VERWERKING DENSITEITSMETINGEN

In verschillende studiegebieden (Widooie, Borlo, Lubbeek en Wortegem-Petegem) werden de bulkdichtheden onderzocht om de bekomen volumes te kunnen omrekenen naar een massa. Dit gebeurde door ongestoorde monsters van het sediment te nemen met Kopecky ringen. Deze monsters werden vervolgens gewogen en gedroogd in het labo van de vakgroep Bodembeheer (faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent) om de dichtheid te bepalen.

De analyseverslagen van deze monsters kunnen in bijlage gevonden worden. In Tabel 2 worden de resultaten van deze dichtheidsmetingen gegeven, samen met de gemiddelde dichtheid per gebied, berekend over alle stalen per gebied. De gemiddelde dichtheid van het afgezette sediment ligt in de vier onderzochte studiegebieden dicht bij elkaar. In Widooie, Borlo en Wortegem-Petegem werden het ruimtelijk patroon van densiteitsmetingen onderzocht (Figuur 21, Figuur 22 en Figuur 23). Uit visuele observatie zien we in deze figuren geen ruimtelijke relatie tussen de dichtheden. De textuurklasse van de digitale bodemkaart werd eveneens in Tabel 2 opgenomen, maar er werd geen relatie vastgesteld tussen de opgemeten densiteit en de textuur volgens de bodemkaart.

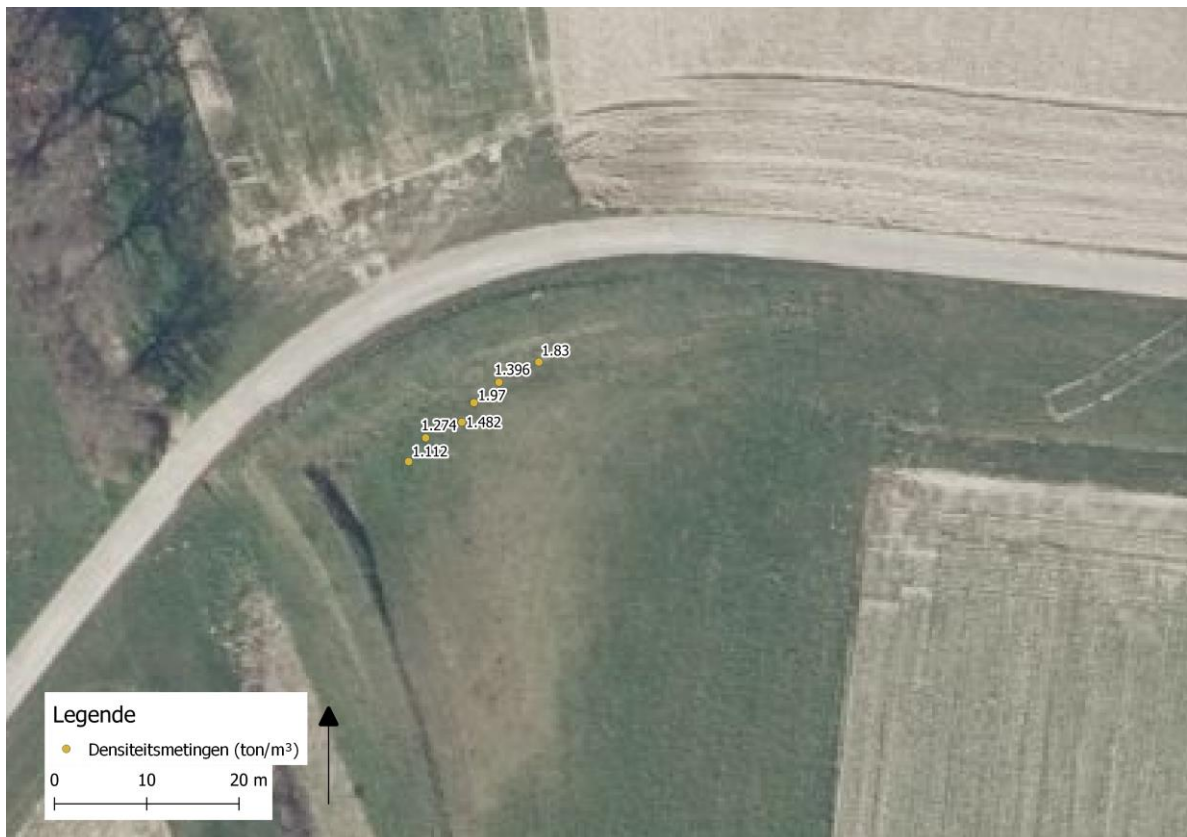
In wat volgt zullen we geen onderscheid maken in dichtheid van het afgezette sediment tussen de verschillende gebieden en gebruiken we het gemiddelde van alle uitgevoerde densiteitsmetingen: 1,48 ton/m<sup>3</sup>.



Figuur 21: Ruimtelijke spreiding van de densiteitsmetingen op 14/06/2018 in het bufferbekken van Widooie



Figuur 22: Ruimtelijke spreiding van de densiteitsmetingen op 14/06/2019 in het bufferbekken van Wortegem-Petegem



Figuur 23: Ruimtelijke spreiding van de densiteitsmetingen op 14/06/2018 in het bufferbekken van Borlo



Tabel 2: Bulkdichtheid afgezet sediment. Coördinaten worden weergegeven in Lambert 1972. De textuurklasse is afgeleid uit de Digitale bodemkaart (opgevraagd op 19/01/2021, <https://www.dov.vlaanderen.be/page/digitale-bodemkaart-van-het-vlaams-gewest>).

Gebied	Textuur-klasse	Datum	X (m)	Y (m)	Z (m)	Dichtheid (ton/m <sup>3</sup> )	Gemiddelde dichtheid (ton/m <sup>3</sup> )
Widooie	Leem	14/06/2018	223994,2	162779,2	-	1,58	1,46
			223994,2	162778,4	-	1,62	
			224000,1	162772,2	-	1,37	
			224002,5	162785,4	-	1,38	
			224007,1	162763,9	-	1,53	
			224011,2	162791,8	-	1,50	
			224013,8	162757,1	-	1,30	
224022,1	162748,6	-	1,40				
Lubbeek	Zandleem	14/06/2018	182685,3	175206,4	-	1,41	1,48
			182686,7	175201,0	-	1,55	
Borlo	Leem	14/06/2019	205349,1	157401,6	110,568	1,83	1,51
			205345,8	157400	110,362	1,396	
			205343,8	157398,3	110,182	1,97	
			205342,8	157396,7	110,125	1,482	
			205339,8	157395,4	110,068	1,274	
			205338,4	157393,5	110,022	1,112	
Wortegem-Petegem	Zandleem	14/06/2019	91399,85	170058,2	35,164	1,447	1,51
			91399,12	170058	35,234	1,548	
			91398,36	170057,6	35,227	1,142	
			91397,75	170057,4	35,199	1,693	
			91396,92	170057,1	35,18	1,495	
			91398,73	170056,2	35,216	1,565	
			91398,38	170056,7	35,21	1,556	
			91397,9	170058,6	35,202	1,609	
			91397,51	170060,2	35,211	1,561	
			91396,97	170061,2	35,225	1,454	
			91396,43	170062,9	35,397	1,494	

## 4 VERWERKING TOPOGRAFISCHE OPMETING

De topografische opmetingen met de RTK-GPS werden in GIS verwerkt. Per periode waar een sedimentvolume berekend moet worden, zijn twee puntenbestanden beschikbaar: een opmeting bij de start van de meetperiode en een opmeting op het einde van de meetperiode. Beide puntenbestanden worden via inverse distance weighting geïnterpoleerd tot een raster. We gebruikten voor de inverse distance weighting interpolatie een zoekstraal van 2,5 keer de resolutie van het raster. Ervaring van de auteurs leert dat dit een goede instelling is om topografische opmetingen te interpoleren. De aangemaakte rasters bevatten de hoogtes van het oppervlak op het moment van de opmeting. Wanneer via rasteralgebra beide rasters van elkaar afgetrokken worden, bekomt men een verschilgrid. De som van de pixelwaarden in dit verschilgrid wordt vervolgens vermenigvuldigd met de oppervlakte van een pixel om tot een volume te komen. Indien de som positief is, kan men spreken over een toename van sediment in het bufferbekken, bij een negatief volume is er afname van de hoeveelheid sediment. Een afname aan de hoeveelheid sediment in de erosiepoel kan te wijten zijn aan een ruiming of aan de meetfout (zie verder).

Een uitgebreide beschrijving van de gevolgde stappen kan gevonden worden in bijlage 2

Er werd steeds getracht om te interpoleren op een zo klein mogelijke resolutie (1 m), maar dit is door de grootte van het opvangbekken niet mogelijk in Landen. In Landen werd de resolutie verlaagd naar 2 m.

Om een inschatting te krijgen welke sedimentvolumes relevant zijn (verschillend van nul) werd de fout op de Z-coördinaat van de RTK GPS in rekening gebracht. De fout op de Z-coördinaat bedraagt  $\pm 1,5$  cm ( $\sigma$ ). Wanneer we het opgemeten oppervlak vermenigvuldigen met twee keer de meetfout ( $\pm 3,0$  cm,  $2\sigma$ ), bekomen we een volume-interval. Indien we er vanuit gaan dat de fout normaal verdeeld is, kunnen we met 95 % zekerheid stellen dat het berekende volume erosie of depositie tussen twee opeenvolgende metingen verwaarloosbaar (gelijk aan nul) is. In de tabellen in deze sectie zullen de volumes die beschouwd worden als significant verschillend van nul, aangeduid worden in het grijs.

### 4.1.1 Weeraerdstraat – Widooie

De referentiemeting vond plaats op 24/3/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 7/9/2017, 4/5/2018, 4/6/2018, 6/7/2018, 20/3/2019 en 25/8/2020. In Tabel 3 zien we dat slechts één meting relevante hoogteverschillen oplevert: het afgezette sediment tussen 4/5/2018 en 4/6/2018. Dit verschil is een interessant verschil gezien het opgemeten is kort na de vorige meting.

Tussen 4/5/2018 en 4/6/2018 is in de loop van één maand  $37,17$  m<sup>3</sup> of ca. 55 ton afgezet. Figuur 24 geeft de hoogteverschillen weer tijdens deze periode. Het meeste sediment is afgezet aan de noordelijke kant van het bufferbekken, dit was ook te zien op het terrein tijdens de opmeting (Figuur 25). Er zijn hoogteverschillen tot 25 cm opgemeten. Na deze grote sedimentafzetting werd het bekken geruimd, wat te zien is aan het berekende negatieve volume tussen 4/6/2018 en 6/7/2018 (Figuur 26).



Tabel 3: Berekende sedimentvolumes in Widooie, omgezet naar massa volgens een gemiddelde dichtheid van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
24/03/2017	07/09/2017	12,25	1334	40,02	18,13
07/09/2017	04/05/2018	-12,36	1025	30,75	-18,2928
04/05/2018	04/06/2018	37,17	903	27,09	55,0116
04/06/2018	06/07/2018	-25,93	1048	31,44	-38,3764
06/07/2018	20/03/2019	4,05	1373	41,19	5,994
20/03/2019	25/08/2020	5,33	1248	37,44	7,8884



Figuur 24: Hoogteverschillen in Widooie tussen 4/5/2018 en 4/6/2018.



Figuur 25: Vastgestelde sedimentafzetting tijdens de opmeting van 4/6/2018 in Widooie.



Figuur 26: De erosiepoel in Widooie na de ruiming in de juni 2018.

#### 4.1.2 Haagstraat – Borlo

De referentiemeting vond plaats op 24/3/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 17/5/2017, 4/5/2018, 14/6/2019, 31/7/2019, 8/10/2019 en 25/8/2020. In Tabel 4 zien we dat alle volumebepalingen zich binnen de grens van de meetfout bevinden. In deze gevallen gaan we ervan uit dat het afgezette sediment gelijk is aan nul.

Tabel 4: Berekende sedimentvolumes in Borlo, omgezet naar massa volgens een gemiddelde densiteit van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
<b>17/05/2017</b>	04/05/2018	-14,21	628	18,84	-21,0308
<b>04/05/2018</b>	14/06/2019	4,63	379	11,37	6,8524
<b>14/06/2019</b>	31/07/2019	11,37	465	13,95	16,8276
<b>31/07/2019</b>	08/10/2019	-0,99	556	16,68	-1,4652
<b>08/10/2019</b>	25/08/2020	10,59	558	16,74	15,6732

#### 4.1.3 Jonker Janlaan – Landen

De referentiemeting vond plaats op 24/3/2017. Door werken in het bufferbekken werd een tweede referentiemeting verricht op 6/6/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 4/5/2018, 4/6/2018, 14/6/2019, 31/7/2019 en 8/10/2019. In Tabel 5 worden de berekende sedimentvolumes tijdens deze meetperiodes in Landen weergegeven. Merk op dat de topografische opmetingen voor dit gebied verrasterd werden met een resolutie van 2 m. De grootte van het gebied, en bijgevolg de afstand tussen de punten, liet niet toe om met een resolutie van 1m te werken.



Uit Tabel 5 maken we op dat enkel de volumebepaling tussen 14/6/2019 en 31/7/2019 relevant is. We bespreken echter ook de volumebepaling in juni 2019. Tijdens een onweer in juni 2019 werd het bufferbekken gevuld met afstromend water en sediment. Heel wat sediment kwam echter op de aangrenzende wegen terecht, waardoor de berekende hoeveelheid afgezet sediment zeer waarschijnlijk een onderschatting is van de werkelijke hoeveelheid afgestroomd sediment (Figuur 27).



Figuur 27: Sedimentafzetting op straat in Landen (foto 11/6/2019).

Bij de volgende meetperiode, tussen 14/6/2019 en 31/7/2019, werd 154,08 m<sup>3</sup> of 228 ton sediment afgezet in het opvangbekken, na een onweer eind juli 2019. De opmeting gebeurde toen het bekken (deels) gevuld was met water, waardoor het patroon van het afgezette sediment niet op foto kon vastgelegd worden. Dit is een interessant event, gezien de opmetingen kort op elkaar volgen. De overige van de opmetingen vallen telkens binnen de meetfout.

Tabel 5: Berekende sedimentvolumes in Landen, omgezet naar massa volgens een gemiddelde dichtheid van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
06/06/2017	04/05/2018	5,45	3852	115,56	8,066
04/05/2018	04/06/2018	-14,09	4048	121,44	-20,8532
04/06/2018	14/06/2019	36,8	4220	126,6	54,464
14/06/2019	31/07/2019	154,08	4144	124,32	228,0384
31/07/2019	08/10/2019	-20,79	4464	133,92	-30,7692
08/10/2019	25/08/2020	48,29	4456	133,68	71,4692



Figuur 28: Hoogteverschil in Landen tussen 14/6/2019 en 31/7/2019.

#### 4.1.4 Gellenberg – Lubbeek

De referentiemeting vond plaats op 4/4/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 4/5/2018, 4/6/2018, 8/10/2019 en 25/8/2020. In Tabel 6 zien we dat in twee gevallen de hoeveelheid afgezet volume verschillend van nul kan beschouwd worden. Beide hoeveelheden volumes zijn afgezet tijdens een lange periode (twee jaar).

Tabel 6: Berekende sedimentvolumes in Lubbeek, omgezet naar massa volgens een gemiddelde dichtheid van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
04/04/2017	04/05/2018	10,33	336	10,08	15,2884
04/05/2018	04/06/2018	0,06	306	9,18	0,0888
04/06/2018	08/10/2019	11,54	369	11,07	17,0792
08/10/2019	25/08/2020	13,5	335	10,05	19,98

#### 4.1.5 IJsvogellaan – Sint-Genesius-Rode

De referentiemeting vond plaats op 4/4/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 20/3/2019, 20/6/2019, 31/7/2019 en 25/8/2020. De metingen in dit opvangbekken waren meestal niet eenvoudig aangezien het opvangbekken lange tijd na een regenbui water bevat. Gezien de grootte van het toestroomgebied van dit opvangbekken en de lange geleidende grachten naar het opvangbekken is het mogelijk dat na een onweer niet alle sediment in het bekken terecht komt, maar in de gracht sedimenteert. In Tabel 7 worden de berekende volumes weergegeven. Enkel tijdens de

laatste opmeting is er een volume verschillend van nul afgezet. De periode tussen de twee opmetingen is zeer lang (> 1 jaar).

Tabel 7: Berekende sedimentvolumes in Sint-Genesius-Rode, omgezet naar massa volgens een gemiddelde dichtheid van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
04/04/2017	20/03/2019	13,38	1096	32,88	19,8024
20/03/2019	20/06/2019	20,81	1080	32,4	30,7988
20/06/2019	31/07/2019	-9,5	1125	33,75	-14,06
31/07/2019	25/08/2020	38,1	1154	34,62	56,388

#### 4.1.6 Genstberg – Beersel

De referentiemeting vond plaats op 4/4/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 7/9/2017 en 20/3/2019. In Tabel 8 worden de berekende volumes weergegeven. Visueel is er nooit een grote hoeveelheid afgezet sediment waargenomen. We besluiten uit visuele analyse en op basis van de meetfout dat de afgezette volumes niet verschillen van nul.

Tabel 8: Berekende sedimentvolumes in Beersel, omgezet naar massa volgens een gemiddelde dichtheid van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
04/04/2017	07/09/2017	17,86	717	21,51	26,4328
07/09/2017	20/03/2019	13,66	568	17,04	20,2168

#### 4.1.7 Bergstraat – Wortegem-Petegem

De referentiemeting vond plaats op 17/5/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 28/9/2017, 18/12/2017, 20/3/2019, 14/6/2019 en 19/1/2020. Na de opmeting van 14/06/2019 is de erosiepoel niet geruimd, bovendien is de dam sindsdien niet onderhouden. Tijdens de opmeting van 19/2/2020 bleek dat het onmogelijk was om een correcte inschatting te maken van het afgezette sediment door de slechte staat van de dam, waardoor deze meting niet gebruikt kan worden voor verdere analyses.

In Tabel 9 worden de berekende sedimentvolumes weergegeven voor Wortegem-Petegem. De eerste twee meetperiodes is er een verwaarloosbare hoeveelheid sediment afgezet. Tussen 18/12/2017 en 20/03/2019 is er sediment afgezet in het bufferbekken, maar ook aan de rand van de graszone (Figuur 29).

Op 4 juni 2019 zorgde een onweer voor veel erosie op het perceel en bijgevolg voor veel afstromend sediment. Een deel van dit sediment is opgevangen door de dam (een maximaal hoogteverschil van 73 cm is waargenomen, Figuur 30), maar er is ook veel sediment over en naast de dam gespoeld en op de weg terecht gekomen. Het berekende volume is dan ook een onderschatting van de werkelijkheid. De houthakseldam is tijdens dit onweer ook beschadigd (Figuur 31).



Tabel 9: Berekende sedimentvolumes in Wortegem-Petegem omgezet naar massa volgens een gemiddelde dichtheid van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
17/05/2017	28/09/2017	-1,59	358	10,74	-2,3532
28/09/2017	18/12/2017	1,44	258	7,74	2,1312
18/12/2017	20/03/2019	13,45	285	8,55	19,906
20/03/2019	14/06/2019	28	276	8,28	41,44
14/06/2019	19/2/2020	-1,22	36	1,08	-1,8056



Figuur 29: Hoogteverschillen in Wortegem-Petegem tussen de opmetingen van 18/12/2017 en 20/3/2019.



Figuur 30: Hoogteverschillen in Wortegem-Petegem tussen de opmetingen van 20/3/2019 en 14/6/2019.





Figuur 31: Veldwaarnemingen Wortegem-Petegem 5/6/2019.



#### 4.1.8 Steenberggen – Oudenaarde

De referentiemeting vond plaats op 17/5/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 18/12/2017, 20/3/2019, 20/6/2019 en 19/2/2020. Op 19/2/2020 werd vastgesteld dat de dam in zeer slechte staat was en zijn functie waarschijnlijk (deels) verloren was. Dit werd bevestigd door de diepe geulen die zichtbaar zijn stroomafwaarts van de dam (zie Figuur 32). Op 23/6/2020 werd ook ter plaatse gegaan voor een opmeting, maar bleek dat de bufferzone zeer verwilderd was en dat deze zone deels ingezaaid was met maïs. Er was sediment afgezet, maar door de verstoring bij het planten van het gewas wordt deze opmeting als onbetrouwbaar beschouwd en niet verwerkt.



Figuur 32: Waargenomen erosiegeulen stroomafwaarts van de dam in Oudenaarde op 19/2/2020.

De berekende volumes voor het studiegebied in Oudenaarde worden weergegeven in Tabel 10. Uit deze tabel blijkt dat er slechts tijdens één meetperiode een significante hoeveelheid sediment werd afgezet achter de dam: tussen 17/05/2017 en 18/12/2017. De situatie zoals waargenomen tijdens de opmeting wordt weergegeven in Figuur 33. Uit de berekende hoogteverschillen (Figuur 34) is de afzetting duidelijk zichtbaar. Opvallend is dat de afzetting begint aan de perceelsgrens en uitwaaiert naar de dam.

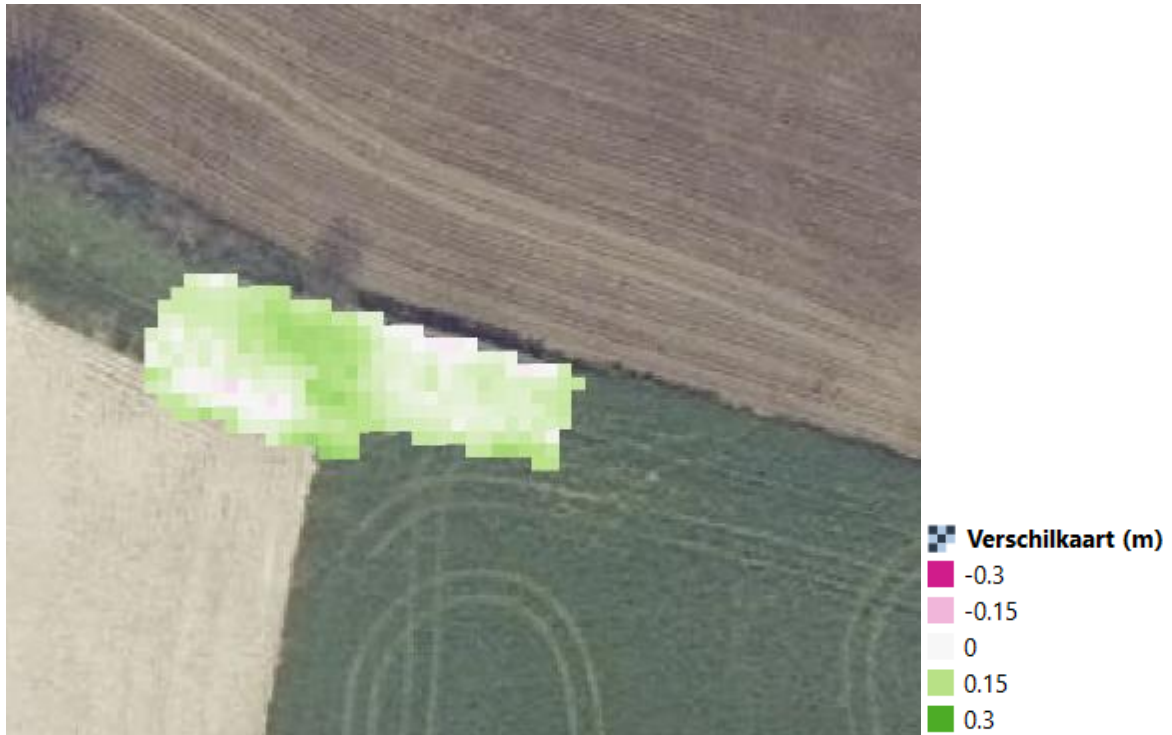


Tabel 10: Berekende sedimentvolumes in Oudenaarde, omgezet naar massa volgens een gemiddelde dichtheid van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
17/05/2017	18/12/2017	24,5	299	8,97	36,26
18/12/2017	20/03/2019	0,71	383	11,49	1,0508
20/03/2019	20/06/2019	-3,17	344	10,32	-4,6916
20/06/2019	19/2/2020	-0,18	28	0,84	-0,2664



Figuur 33: Sedimentafzetting in Oudenaarde tijdens de opmeting van 18/12/2017.



Figuur 34: Berekende hoogteverschillen in Oudenaarde tussen 17/5/2017 en 18/12/2017.

Waarschijnlijk is het afgezette sedimentvolume in december 2017 ook te zien op de orthofoto van winter 2018 (beschikbaar via Geopunt). Deze orthofoto wordt weergegeven in Figuur 35. Het is aannemelijk dat de orthofoto een groot aandeel van de afzetting in december 2017 toont gezien er geen andere grote events waargenomen zijn tussen dit event en het moment van de orthofoto.



Figuur 35: Orthofoto winter 2018 (opnamedatum 4/5/2018). Het rood omcirkelde gebied geeft de locatie van de onderzochte maatregel aan. Op de orthofoto is duidelijk sedimentafzetting te zien.

#### 4.1.9 Hasselstraat - Maarkedal

De referentiemeting vond plaats op 17/5/2017. Daarna werden er opmetingen verricht op 28/9/2017, 18/12/2017, 20/3/2019, 20/6/2019 en 19/2/2020. Op 23/6/2020 werd ook ter plaatse gegaan voor een opmeting, maar bleek dat de akker tot aan de dam geploegd was en ingezaaid met maïs.

Uit Tabel 11 blijkt dat na de referentiemeting in mei 2017 de bufferzone uitgegraven is. Het gebied werd opnieuw ingemeten op 28/9/2017. Er zijn sindsdien geen relevante hoeveelheden sediment afgezet in de bufferzone. Nele Van Ransbeeck (VMM, persoonlijke communicatie) observeerde op 14/3/2019 dat het afstromende water onder en langs de dam stroomde. Deze observatie toont aan dat de dam geen bufferende werking meer had op dat moment.

Tabel 11: Berekende sedimentvolumes in Maarkedal, omgezet naar massa volgens een gemiddelde dichtheid van 1,48 ton/m<sup>3</sup>.

Start periode	Eind periode	Volume (m <sup>3</sup> )	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Fout (m <sup>3</sup> )	Massa (ton)
17/05/2017	28/09/2017	-60,49	303	9,09	-89,5252
28/09/2017	18/12/2017	2,59	318	9,54	3,8332
18/12/2017	20/03/2019	6,46	312	9,36	9,5608
20/03/2019	20/06/2019	-1,09	274	8,22	-1,6132
20/06/2019	19/01/2020	0,42	28	0,84	0,6216

## 5 VERWERKING NEERSLAGDATA

De ruwe neerslagdata van de pluviometers werd gevalideerd aan de hand van de dichtstbijzijnde pluviometer van de VMM. De data van de VMM pluviometers werden gedownload met behulp van het python pakket pyWaterinfo. Na de validatie werd voor elk gebied tussen twee opmetingen de R-factor, of neerslag erosiviteitsfactor, berekend.

### 5.1 VALIDATIE

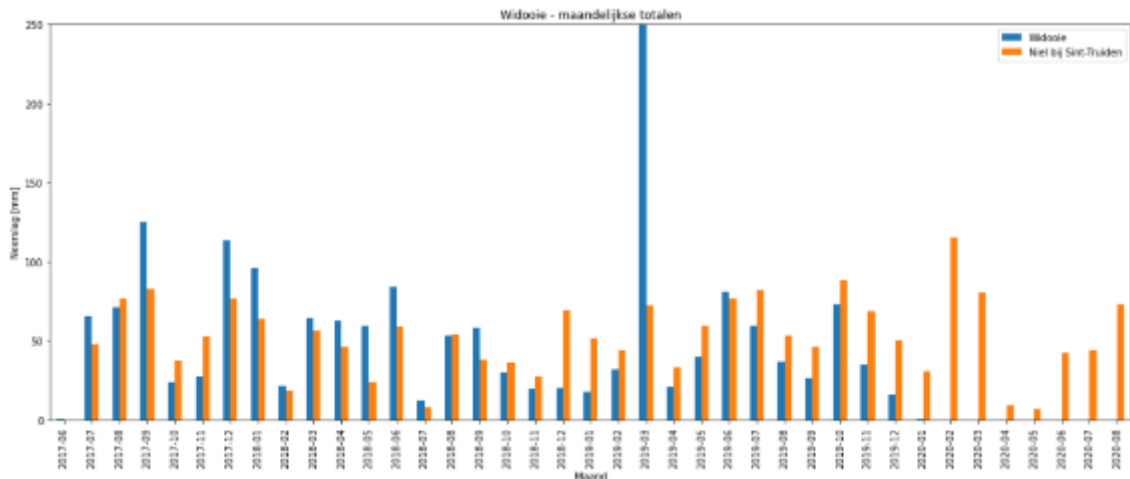
Volgende stappen werden doorlopen in het validatieproces:

- Resamplen van de ruwe tijdsreeks naar een tijdsreeks met neerslaghoeveelheden (in mm) per 10 minuten. Enkele pluviometers rapporteerden tijdens de eerste maanden neerslaghoeveelheden per 10 seconden, maar deze hoge temporele resolutie is niet nodig. Daarom worden deze gegevens omgezet naar 10 minuten.
- Ontbrekende data (bijvoorbeeld door een tijdelijk defect van de pluviometer) aanduiden in de tijdsreeks.
- Berekening van de dag- en maandtotalen voor elk meetstation
- Vergelijking van de maandtotalen van elk meetstation met de dichtstbijzijnde pluviometer van de VMM. Hiervoor wordt een grafiek gemaakt waar per maand zowel het neerslagtotaal van de projectpluviometer en de dichtstbijzijnde VMM pluviometer geplot wordt. Daarnaast wordt ook een scatterplot gemaakt om het verband tussen beide meetreeksen te controleren. Indien het verband niet sterk genoeg is, kan besloten worden om bepaalde meetreeksen niet op te nemen in verdere analyses. In de scatterplot worden enkel maandtotalen opgenomen indien minstens 90% van de data voor een maand beschikbaar is.

#### 5.1.1 Weeraerdstraat – Widooie

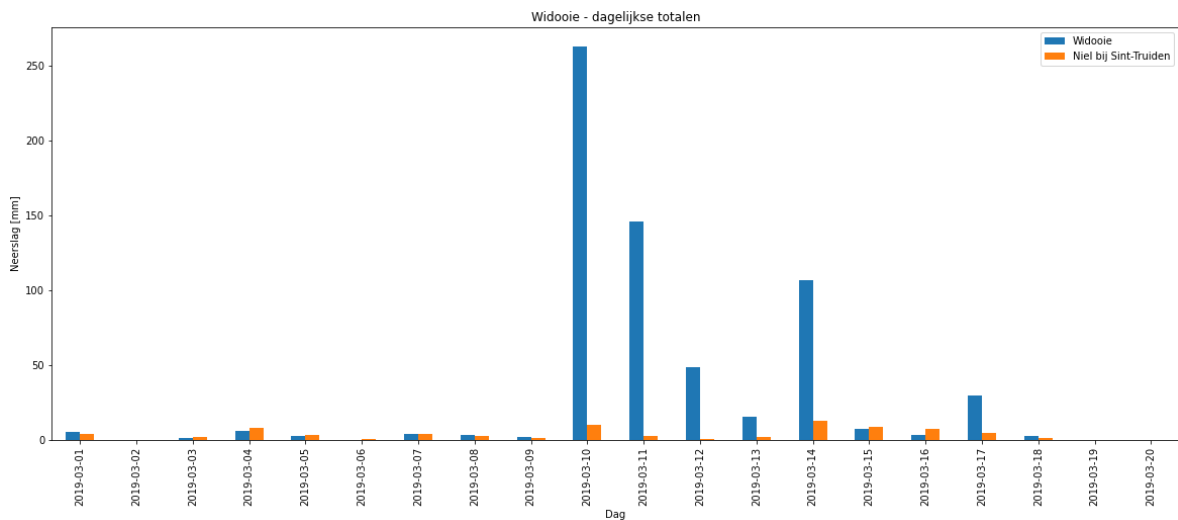
De meetreeks van de pluviometer in Widooie start op 30/6/2017. De berekende maandelijkse totalen worden in Figuur 36 vergeleken met de data van de VMM pluviometer in Niel bij Sint-Truiden.





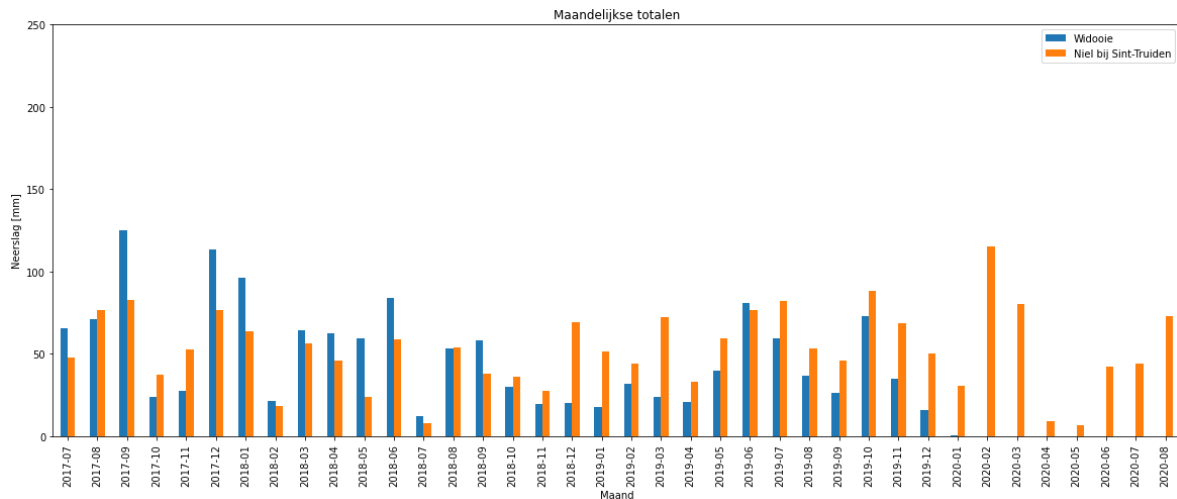
Figuur 36: Maandtotalen neerslag (mm) voor de pluviometers in Widooie en Niel bij Sint-Truiden.

Het valt op dat in maart 2019 een zeer hoge neerslag geregistreerd is in Widooie (meer dan 250 mm). Tijdens de topografische opmeting van 20/3/2019 stelde de landmeter vast dat de beschermkap en trechter van de pluviometer weggevoegen waren. Het kantelbakje, dat de elektrische pulsen genereert, werd daardoor blootgesteld aan de wind wat de zeer hoge waarden verklaart. Om te bekijken vanaf wanneer de neerslagdata onbetrouwbaar zijn in deze periode kijken we naar de dagelijkse neerslagtotalen in Figuur 37. Uit Figuur 37 maken we op dat de gemeten neerslag in Widooie tot 9 maart 2019 goed overeenkomt met de gemeten neerslag in Niel bij Sint-Truiden. We besluiten de meetgegevens van 10 maart 2019 tot 20 maart 2019 (het terugplaatsen van de kap) te verwijderen uit de meetreeks.



Figuur 37: Dagelijkse neerslaghoeveelheden in Widooie en Niel bij Sint-Truiden in maart 2019.

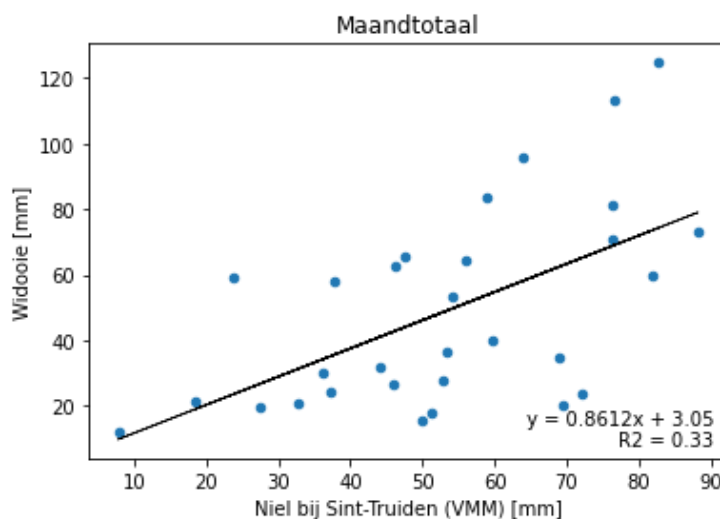
De resultaten van de neerslaghoeveelheden te Widooie na correctie zijn te zien in Figuur 38.



Figuur 38: Gecorrigeerde meetreeks in Widoobie.

In Figuur 36 zien we ook dat er geen neerslag geregistreerd is in Widoobie sinds januari 2020. Dit is te wijten aan een probleem met de datacommunicatie, de neerslag wordt nog steeds gelogd op de datalogger, maar kan pas van het toestel gehaald worden bij een terreinbezoek (eerstvolgende gepland na afloop van het project).

Wanneer we de relatie van de neerslagreeks van Widoobie met het VMM-station Niel bij Sint-Truiden bekijken voor de maandtotalen (Figuur 39), zien we dat er een vrij grote spreiding is en dat de  $R^2$  van de lineaire regressie vrij laag is (0.33). Dit relatief slecht verband kan veroorzaakt zijn door de afstand tussen de twee stations (19,6 km).



Figuur 39: Scatterplot Widoobie.

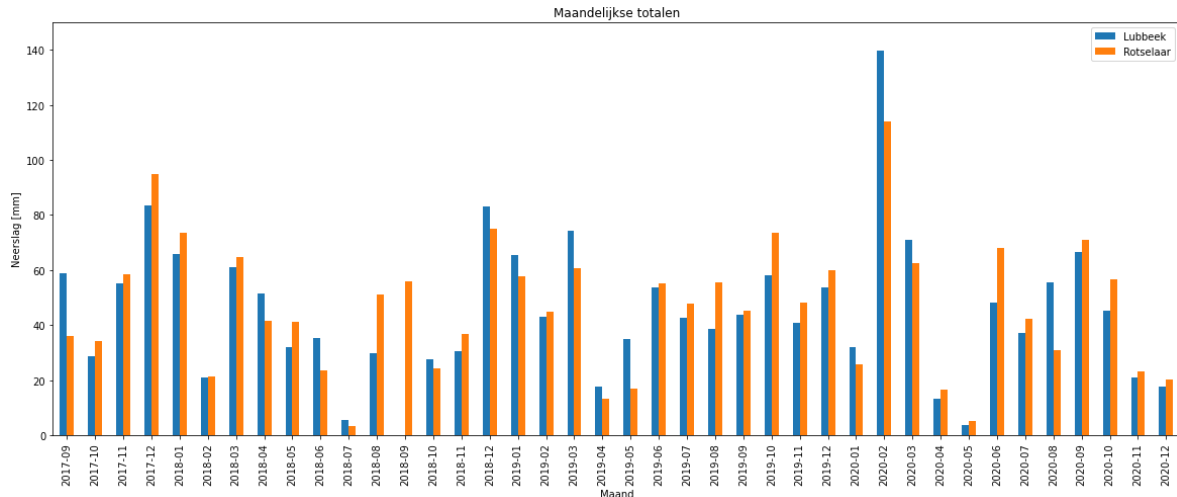
### 5.1.2 Borlo

De neerslagdata die gebruikt worden voor het studiegebied van Borlo zijn afkomstig van VMM (meetstation Niel bij Sint-Truiden). De data worden gevalideerd aangeboden op waterinfo.be, waardoor er geen verdere validatie uitgevoerd wordt voor dit station.



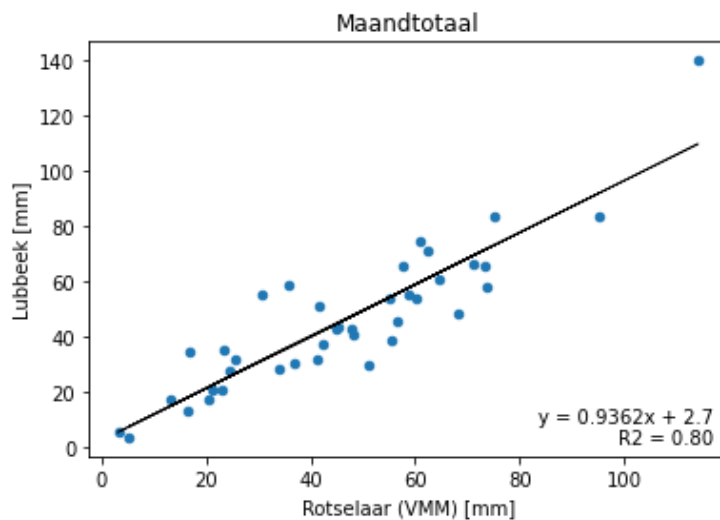


en de eerste periode van ontbrekende data wordt besloten de meetreeks pas te laten aanvangen vanaf 1 september 2017. De maandelijkse neerslagtotaal worden vergeleken met de berekende maandelijkse neerslag van de VMM pluviometer in Rotselaar (op 1,9 km afstand). In Figuur 42 worden de maanttotalen voor beide meetstations weergegeven. Buiten de ontbrekende neerslag in augustus - september 2018 zijn er geen grote afwijkingen tussen beide pluviometers.



Figuur 42: Maandelijkse totalen voor het station Lubbeek en Rotselaar (VMM).

In Figuur 43 wordt de relatie weergegeven tussen de maanttotalen in Lubbeek en Rotselaar. Uit de lineaire regressie blijkt dat er een zeer goed verband is tussen deze pluviometers. We besluiten dat de hele meetreeks bruikbaar is voor de analyses.

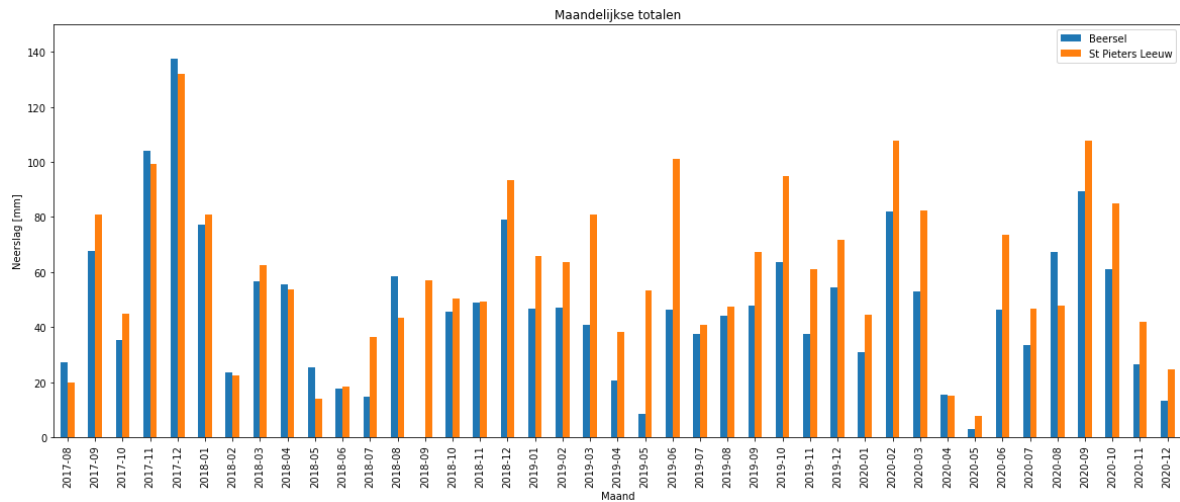


Figuur 43: Vergelijking maanttotalen Lubbeek en Rotselaar (VMM).

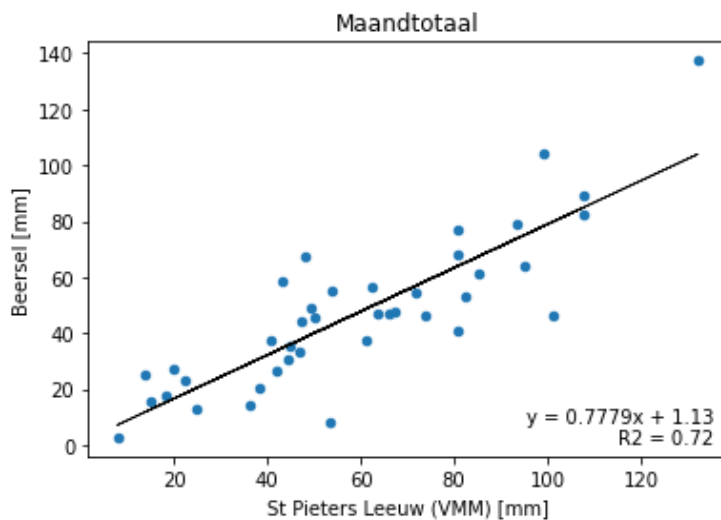
### 5.1.5 Genstberg – Beersel

De meetreeks van de pluviometer in Beersel start op 23/8/2017 en wordt vergeleken met de pluviometer van VMM in Sint-Pieters-Leeuw op 7 km afstand. De maanttotalen van beide neerslagreeksen worden weergegeven in Figuur 44. Tussen 29/8/2018 en 3/10/2018 zijn door een defecte datalogger geen data geregistreerd. De relatie tussen de meetreeks van VMM en de meetreeks in Beersel wordt weergegeven in Figuur 45. Er is een goed verband tussen beide

meetreeksen waardoor we besluiten dat de volledige meetreeks van Beersel bruikbaar is voor de bepaling van R-factoren.



Figuur 44 Maandelijks neerslagtotalen (mm) in Beersel en Sint-Pieters Leeuw.



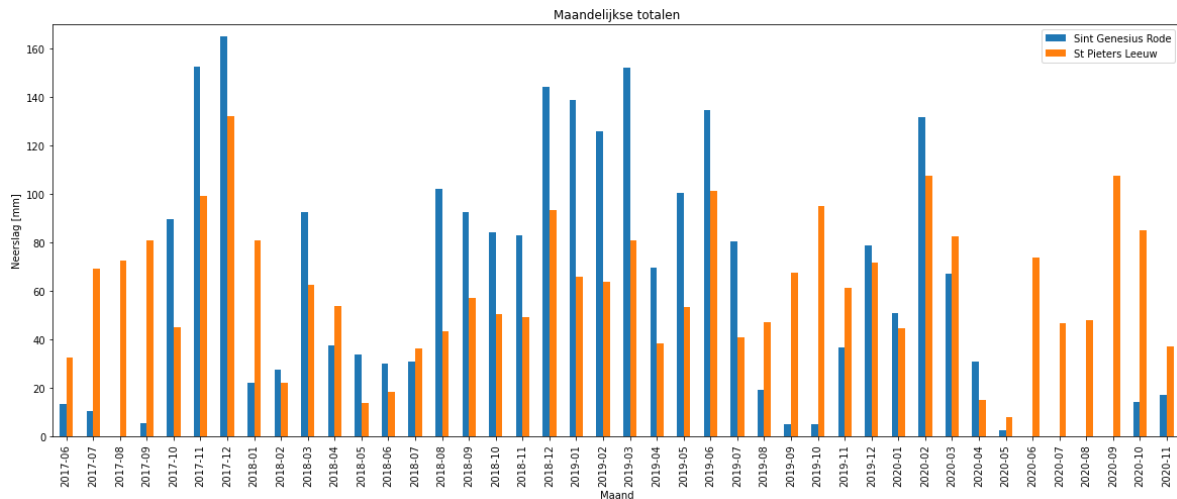
Figuur 45: Vergelijking maandtotalen (mm) Beersel en Sint-Pieters Leeuw (VMM).

### 5.1.6 IJsvogellaan – Sint-Genesius-Rode

De meetreeks van de pluviometer in Sint-Genesius-Rode start op 30/5/2017 en wordt, net als de meetpost in Beersel, vergeleken met de pluviometer van VMM in Sint-Pieters-Leeuw op 7,9 km afstand. De maandelijkse totale neerslag wordt voor beide stations weergegeven in Figuur 46. Er ontbreken data voor de volgende periodes:

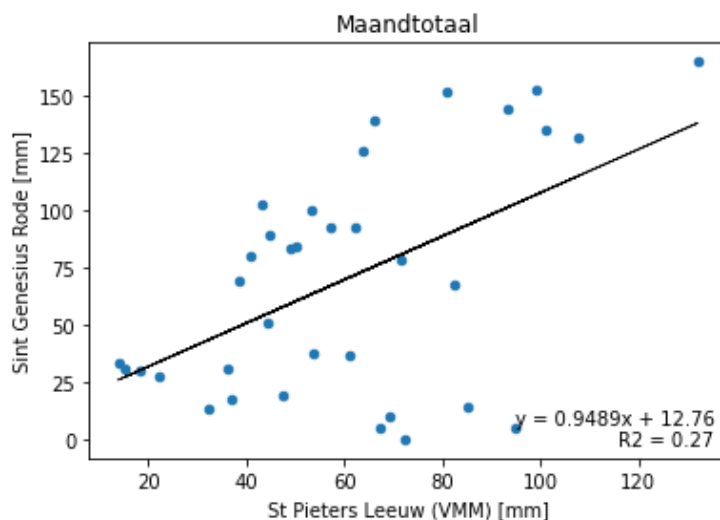
- 20/9/2017 – 26/9/2017 (defecte logger)
- 12/1/2018 – 4/2/2018 (defecte simkaart)
- 14/5/2020 – 30/9/2020 (kapot zonnepaneel, door de maatregelen ter bestrijding van het corona-virus was de meetlocatie niet toegankelijk voor herstelling)





Figuur 46: Maandelijkse neerslag in Sint-Genesius-Rode en Sint-Pieters-Leeuw (VMM)

Wanneer we de scatterplot en het verband bekijken tussen de meetreeks van Sint-Pieters-Leeuw en Sint-Genesius-Rode, zien we een zeer slecht verband ( $R^2 = 0.27$ ). Wanneer we de meetreeks in detail bekijken, zien we dat in juli en augustus 2017 en september en oktober 2010 zeer lage maandtotalen geregistreerd zijn. In het meetstation van Beersel (ca. 1,3 km van de pluviometer in Sint-Genesius-Rode) zijn er die maanden wel neerslaghoeveelheden gemeten die in dezelfde grootteorde liggen als in Sint-Pieters-Leeuw. Dat is vreemd aangezien voor die periodes geen gekende defecten aan de meetopstelling in Sint-Genesius-Rode gekend zijn. We besluiten dat de meetreeks onvoldoende gevalideerd kan worden voor verdere analyses. De berekeningen van R-factoren voor de opgemeten sedimenthoeveelheden in Sint-Genesius-Rode zullen uitgevoerd worden met de tijdsreeks van het meetstation Beersel.

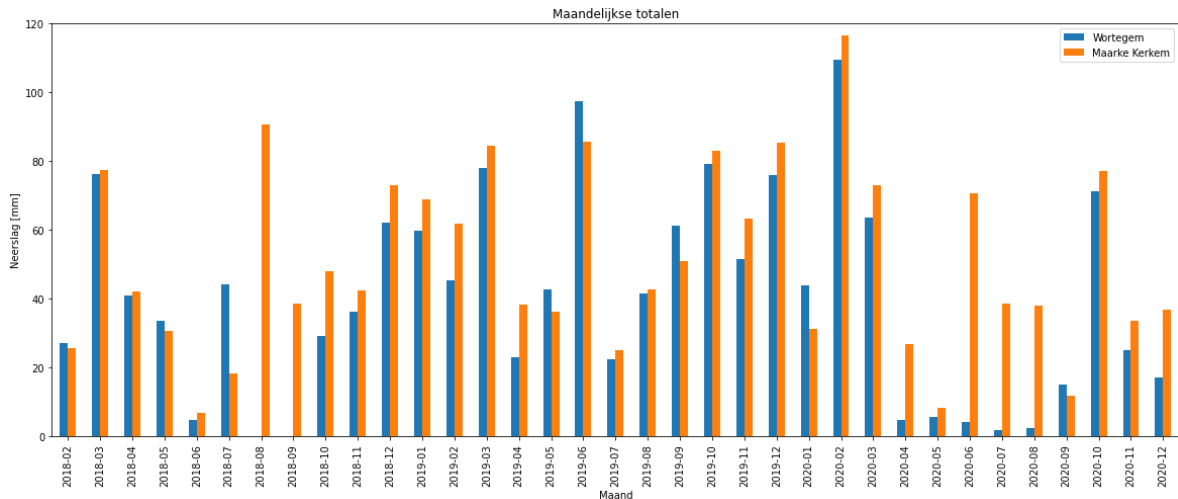


Figuur 47: Vergelijking maandtotalen Sint- Pieters-Leeuw en Sint-Genesius-Rode (VMM).

### 5.1.7 Bergstraat – Wortegem-Petegem

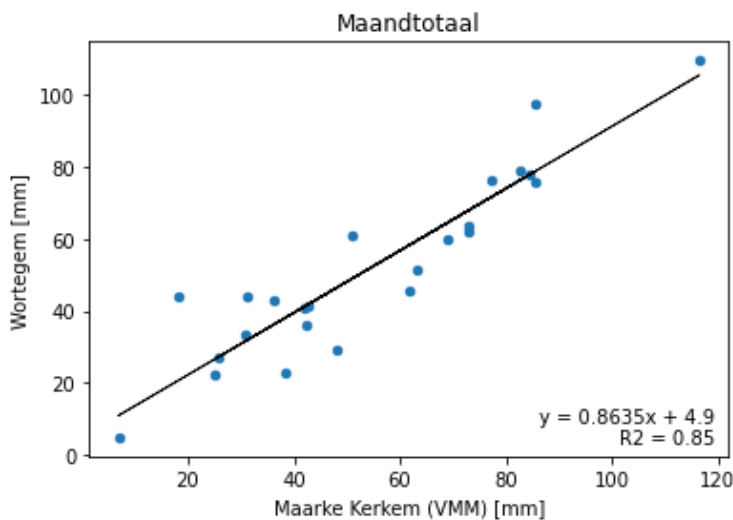
Het meetstation in Wortegem-Petegem kende bij de opstart veel kinderziektes (slechte ontvangst modem, defecte datalogger,...). Hierdoor is de meetreeks de eerste maanden van het project in dit meetstation te gefragmenteerd en niet bruikbaar. De meetreeks vangt hierdoor pas aan op 26/1/2018. Er zijn geen gaten in de tijdsreeks sinds de aanvang. We vergelijken de metingen in

Wortegem-Petegem met de VMM meetreeks uit MaarkeKerkem (9,8 km afstand). In Figuur 48 worden de maandelijkse hoeveelheden neerslag weergegeven voor beide stations. We zien in Figuur 48 dat in augustus en september 2018 er geen neerslag gevallen is in het meetstation van Wortegem-Petegem. Dit is te wijten aan een verstopping van de pluviometer. Ook in de zomer van 2020 (juni – augustus) is er veel minder neerslag gemeten in Wortegem-Petegem dan in Maarke-Kerkem, wat ook te wijten is aan een verstopping van de pluviometer. Deze maanden worden uit de tijdsreeks verwijderd en zijn niet bruikbaar voor verdere analyses.



Figuur 48: Wortegem vs Maarke-Kerkem (VMM)

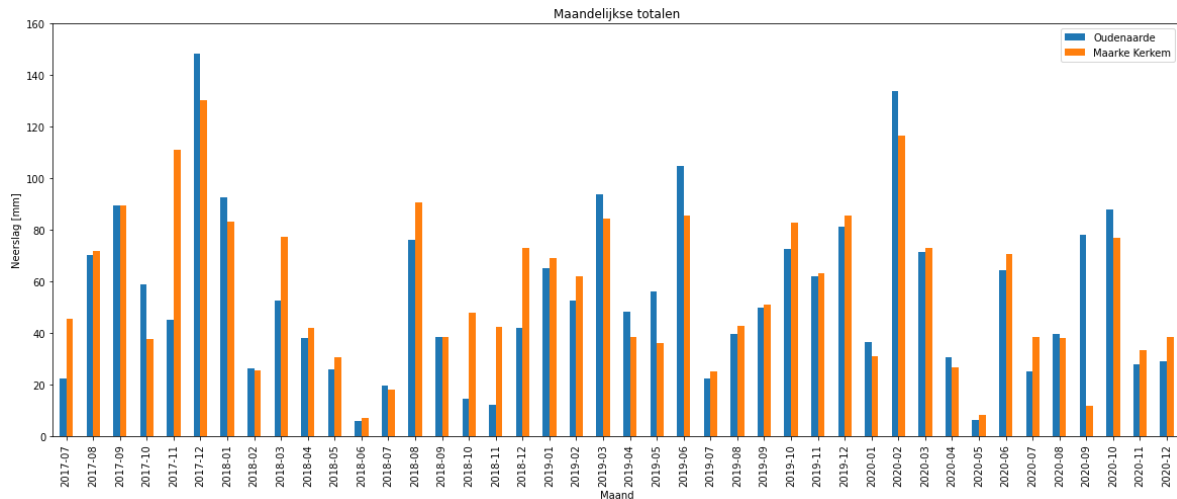
Figuur 49 toont aan dat de overige maandtotalen in Wortegem-Petegem goed gecorreleerd zijn met het meetstation van VMM in Maarke-Kerkem.



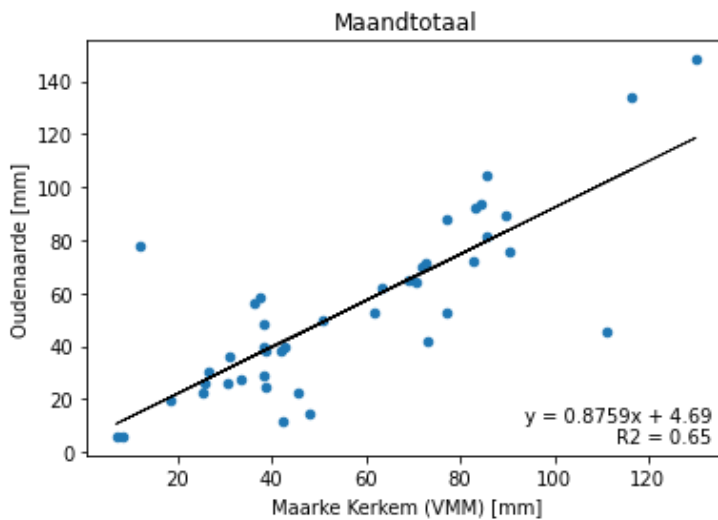
Figuur 49: Vergelijking maandtotalen Wortegem Maarke-Kerkem

### 5.1.8 Steenbergem – Oudenaarde

De tijdsreeks in Oudenaarde start op 6/7/2017. Er is een korte onderbreking in de tijdsreeks tussen 30/11/2017 en 4/12/2017 door een defect aan de datalogger. De meetreeks wordt, net zoals de meetreeks van Wortegem-Petegem, vergeleken met de pluviometer van VMM in Maarke-Kerkem (op 2,2 km afstand). De maandtotalen worden weergegeven in Figuur 50. Uit Figuur 51 blijkt dat er een vrij goed verband is tussen de twee meetreeksen, waaruit we besluiten dat de meetreeks bruikbaar is voor verdere analyses.



Figuur 50: Maandelijkse totalen stations Oudenaarde en Maarke-Kerkem (VMM).

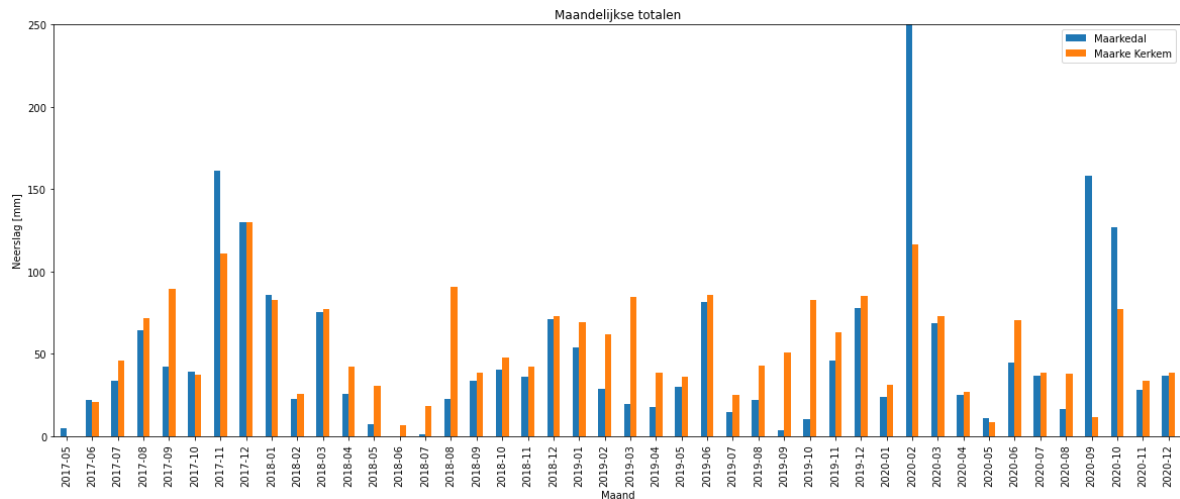


Figuur 51: Vergelijking maandtotalen Oudenaarde en Maarke-Kerkem (VMM).

### 5.1.9 Hasselstraat - Maarkedal

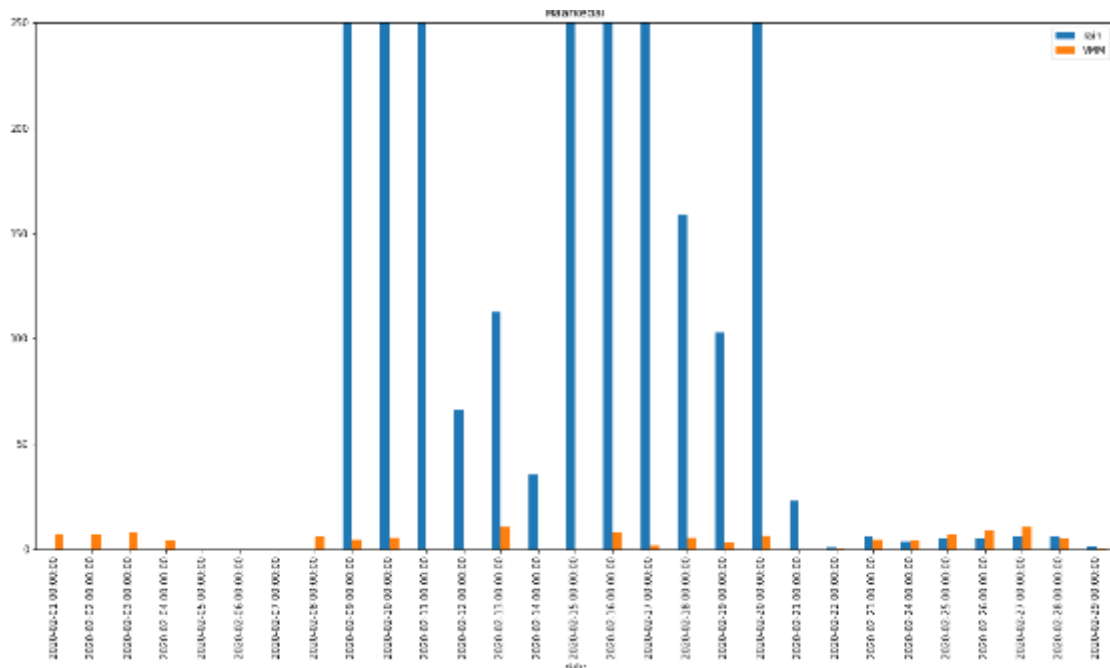
De tijdsreeks in Maarkedal start eind mei 2017 en is onderbroken tussen 9/2/2020 en 21/2/2020 door een defecte batterij. Net zoals de meetreeksen in Oudenaarde en Wortegem-Petegem vergelijken we de meetreeks van Maarkedal met de VMM-pluviometer in Maarke-Kerkem, die op 2,4 km afstand staat.





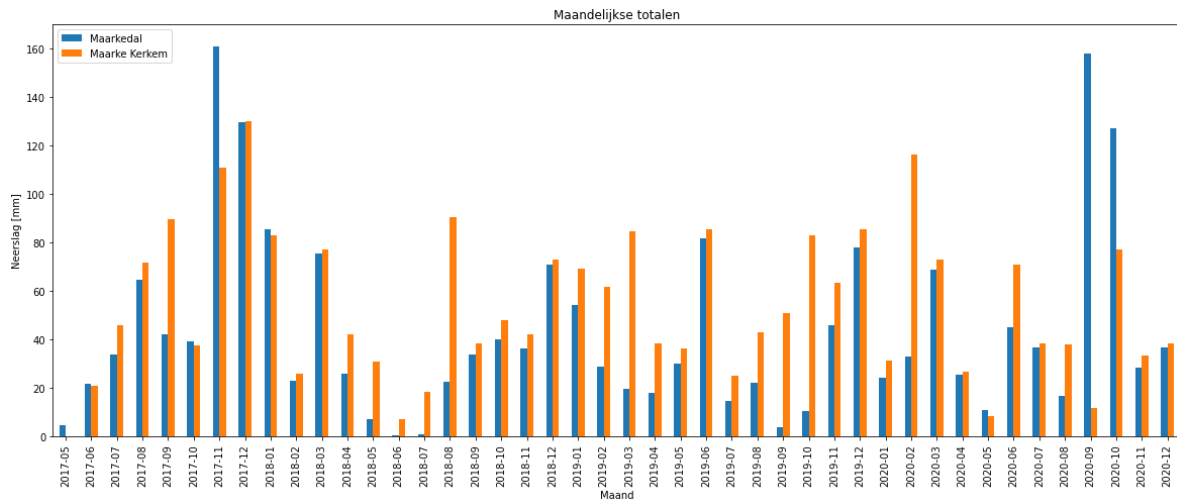
Figuur 52: Maandelijks totale stations Maarkedal en Maarke-Kerkem (VMM).

We zien in Figuur 46 dat de neerslag in februari 2020 zeer hoog is in Maarkedal (> 250 mm). Dit is veroorzaakt door de afdekkap en trechter die losgeraakt waren en weggevoerd. Hierdoor was het kantelbakje blootgesteld aan de wind en werden er zeer veel pulsen gegenereerd. Dit is hersteld op 21/2/2020. We kijken naar de dagtotalen van februari 2020 om te achterhalen wanneer de beschermkap weggevoerd is en de dagwaarden sterk beginnen afwijken (Figuur 53). Uit deze gegevens blijkt dat de waarden te hoog zijn vanaf 9 februari. We besluiten de gegevens van 9 februari tot 21 februari uit de tijdsreeks te verwijderen.

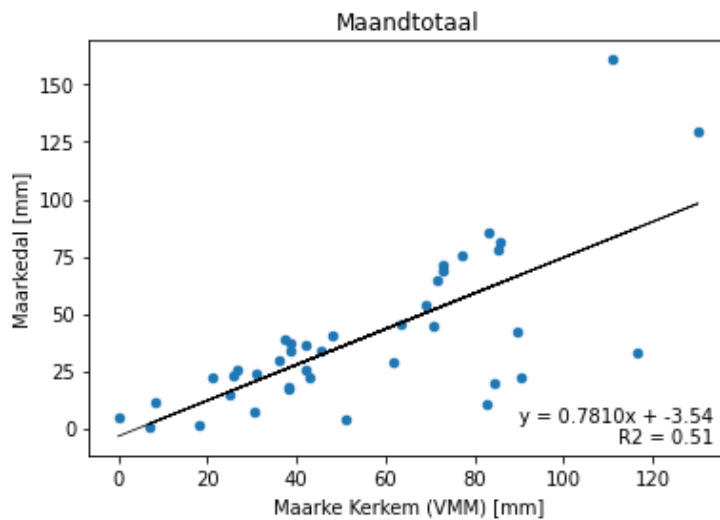


Figuur 53: Dagtotalen in Maarkedal in februari 2020

Ook in september 2020 wordt er meer neerslag geregistreerd in Maarkedal dan in Maarke-Kerkem. Dit is echter te wijten aan hevige onweer op 26/9/2020 waar er op een dag 95 mm gevallen is. Een waarde van 95 mm is extreem hoog, maar mogelijk. De gecorrigeerde neerslagreeks wordt weergegeven in Figuur 54.



Figuur 54: Maandelijkse totalen stations Maarkedal en Maarke-Kerkem (VMM).



Figuur 55: Vergelijking maandtotaal Maarkedal en Maarke-Kerkem (VMM).

## 5.2 BEREKENING R-FACTOR

Potentiële bodemerosie door water run-off kan berekend worden met de RUSLE vergelijking (Renard et al., 1997):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1.1)$$

met:

A = gemiddeld jaarlijks bodemverlies door watererosie ( $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ ),

R = gemiddelde jaarlijkse neerslagerosiviteit ( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ ),

K = bodemerosiegevoeligheid ( $\text{ton} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ ),

LS = topografische factor, afhankelijk van de hellingslengte en hellingsgraad (dimensieloos),

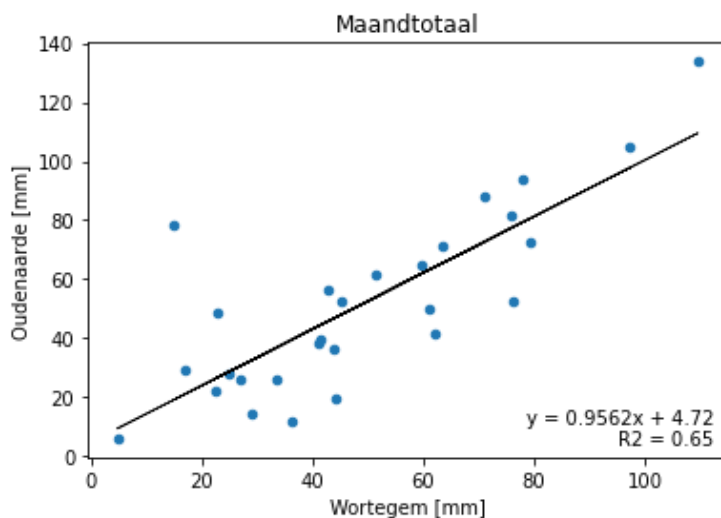
C = gewas- en bedrijfsvoeringsfactor (dimensieloos) en

P = erosiebeheersingsfactor (dimensieloos).

De neerslagerosiviteit, of R-factor, kwantificeert de erosieve kracht van neerslag en is een maat voor de totale erosiviteit van een reeks buien binnen één jaar. De R-factor wordt bepaald van de neerslaghoeveelheden en kinetische energie van één bui om de gemiddelde erosiviteit van neerslag op jaarbasis te bepalen (Gobeyn et al., in prep; Verstraeten et al., 2006)

Hoewel de R-factor een meerjarig gemiddelde voorstelt, wordt de methodologie van Verstraeten et al. (2006) hier toegepast om de erosiviteit van de neerslag tussen twee opmetingen van het afgezette sediment in erosiebestrijdingsmaatregelen te bepalen. We maken hiervoor gebruik van de scripts die gebruikt zijn door Verstraeten et al. (2006) en Gobeyn et al. (in prep). Merk op dat we enkel de R-factor berekenen voor de periodes waar er geen verlaging van het sedimentvolume berekend werd.

De R-factoren worden samen met de berekende sedimentvolumes weergegeven in Tabel 12. Merk op dat de R-factor voor de periode 28/9/2017 – 26/01/2018 in Wortegem-Petegem berekend werd met de gemeten neerslag in Oudenaarde, aangezien voor deze periode geen betrouwbare meetgegevens beschikbaar zijn voor Wortegem-Petegem (zie 5.1.7). De pluviometer in Oudenaarde staat op 7,8 km van het meetstation in Wortegem-Petegem en is de dichtstbijzijnde neerslagmeting. Er is volgens Figuur 56 een goed verband tussen de berekende maandtotalen in de beide stations.



Figuur 56: Relatie tussen de maandtotalen van de pluviometer in Wortegem-Petegem en Oudenaarde

Zoals reeds vermeld in 5.1.6 wordt de R-factor voor Sint-Genesius-Rode berekend met de neerslag die gemeten is in Beersel.



Tabel 12: R-factoren en sedimentvolumes voor de opgemeten periodes. Sedimentvolumes die kleiner dan de foutenmarge zijn, worden cursief weergegeven.

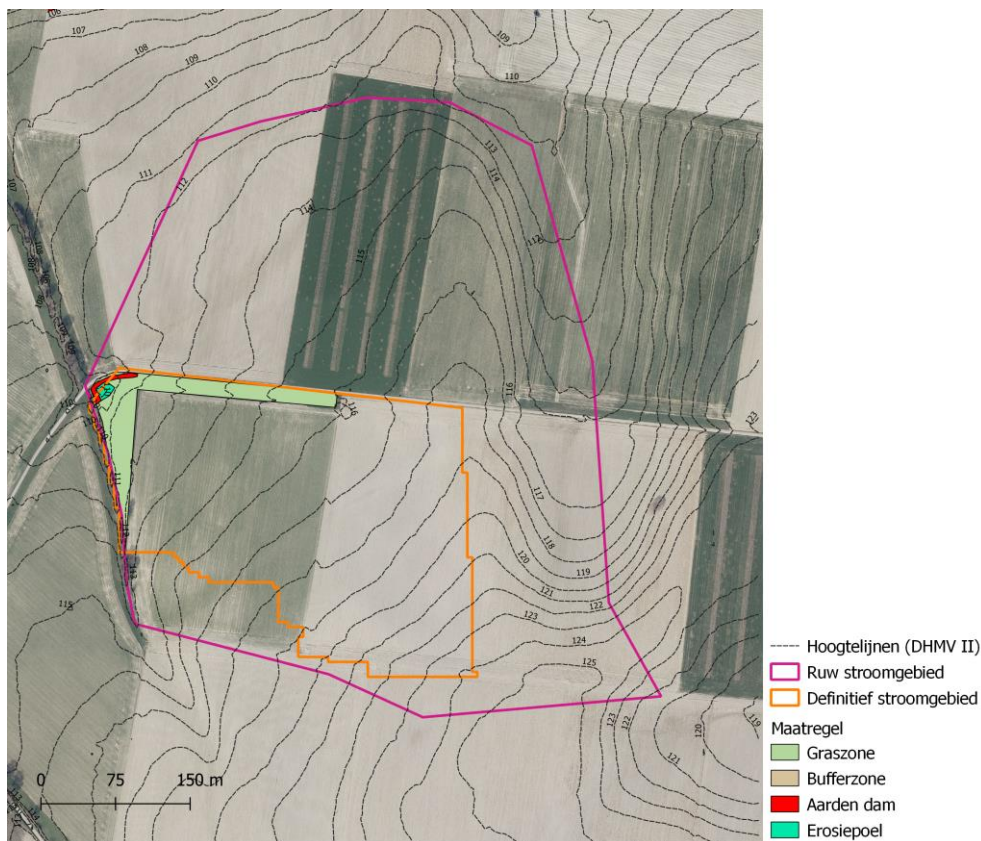
Gebied	Start periode	Einde periode	R-factor [MJ.mm.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .periode <sup>-1</sup> ]	Sediment [ton]	Opmerkingen
<b>Widooie</b>	<b>24/03/2017</b>	<b>07/09/2017</b>	<b>354,85</b>	<b>12,25</b>	
	<b>04/05/2018</b>	<b>04/06/2018</b>	<b>501,65</b>	<b>37,17</b>	
	06/07/2018	20/03/2019	366,8	4,05	
	20/03/2019	25/08/2020	446,18	5,33	
<b>Borlo</b>	4/05/2018	14/06/2019	1086,0	4,63	
	14/06/2019	31/07/2019	497,12	11,37	
	8/10/2019	25/08/2020	796,46	10,59	
<b>Landen</b>	06/06/2017	04/05/2018	488,06	4,45	
	04/05/2018	04/06/2018	471,41	-14,09	
	04/06/2018	14/06/2019	541,66	36,8	
	<b>14/06/2019</b>	<b>31/07/2019</b>	<b>430,13</b>	<b>154,08</b>	
	08/10/2019	25/08/2020	540,1	48,29	
<b>Lubeek</b>	<b>04/04/2017</b>	<b>04/05/2018</b>	<b>289,09</b>	<b>10,33</b>	
	04/05/2018	04/06/2018	280,93	0,06	
	<b>04/06/2018</b>	<b>08/10/2019</b>	<b>526,07</b>	<b>11,54</b>	<b>Ontbrekende data tussen 15/8/2018 en 3/10/2018</b>
	<b>08/10/2019</b>	<b>25/08/2020</b>	<b>427,93</b>	<b>13,5</b>	
<b>Sint-Genesius-Rode</b>	4/04/2017	20/03/2019	1001,7	13,38	Berekend met neerslag Beersel
	20/03/2019	20/06/2019	73,374	20,81	Berekend met neerslag Beersel
	<b>31/07/2019</b>	<b>25/08/2020</b>	<b>503,13</b>	<b>38,1</b>	<b>Berekend met neerslag Beersel</b>
<b>Beersel</b>	04/04/2017	07/09/2017	142,38	17,86	De neerslag data start pas 23/08/2017
	07/09/2017	20/03/2020	859,33	13,66	Ontbrekende data tussen 29/8/2018 en 3/10/2018
<b>Wortegem-Petegem</b>	28/09/2017	18/12/2017	218,65	1,44	Berekend met neerslag Oudenaarde
	<b>18/12/2017</b>	<b>20/03/2019</b>	<b>610,15</b>	<b>13,45</b>	<b>Deels berekend met neerslag Oudenaarde (tot 26/01/2018)</b>
	<b>20/03/2019</b>	<b>14/06/2019</b>	<b>148,58</b>	<b>28,0</b>	
<b>Oudenaarde</b>	<b>28/09/2017</b>	<b>18/12/2017</b>	<b>589,2</b>	<b>24,5</b>	
	18/12/2017	20/03/2019	690,54	0,71	
<b>Maarkedal</b>	28/09/2017	18/12/2017	606,62	2,59	
	18/12/2017	20/03/2019	303,87	6,46	

## 6 MODELLERING

De berekende sedimentvolumes worden in dit hoofdstuk gebruikt om de resultaten van de module WaTEM-SEDEM in het CN-WS model af te toetsen. WaTEM-SEDEM is een ruimtelijk verdeeld model ontwikkeld aan de KU Leuven dat vooral gericht is op het simuleren van bodemerosie door water en bewerking en het sedimenttransport naar de waterlopen (Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001)

We gebruiken de laatste versie van WaTEM-SEDEM die opgenomen is in CN-WS en gebruikt wordt bij het Vlaams Planbureau voor Omgeving en de Vlaamse Milieumaatschappij om de sedimentaanvoer naar de waterloop in te schatten en het effect van erosiebestrijdingsmaatregelen te simuleren.

De afstromingsgebieden voor elke onderzochte maatregel werden bepaald met behulp van het routing algoritme van CN-WS. Er werd eerst rond elke maatregel een ruw afstroomgebied getekend in GIS. Deze grove afbakening werd vervolgens gebruikt om CN-WS te runnen op een resolutie van 5m. Daarna werd op basis van de routingstabel bepaald welke pixels in het grof afgebakende gebied behoren tot het toestroomgebied van de maatregel. In Figuur 57 wordt een voorbeeld van deze werkwijze weergegeven voor het studiegebied in Borlo. Deze werkwijze is voor alle gebieden toegepast.



Figuur 57: Afbakening toestroomgebied Borlo

Als eerste stap in de modellering werd elk studiegebied doorgerekend met de WaTEM-SEDEM module van CN-WS met standaardscenario A met de perceelsgrenzen van 2018 (zie Renders et al.,

in prep). Standaard-scenario A beschrijft de meerjarig gemiddelde toestand en is een geschikt scenario om de gemiddelde afstromingspatronen te beschrijven en controleren. Dit scenario gebruikt een meerjarig gemiddelde C-factor voor akkerland (0,37).

Als tweede stap in de modellering werd elk van de opgemeten periodes in Tabel 12 gemodelleerd met de WaTEM-SEDEM module van CN-WS. We gebruikten in deze modelruns de berekende R-factor voor deze periodes (zie Tabel 12). De percelen- en teeltgegevens zijn afkomstig uit de databestanden van Departement Landbouw en Visserij (DLV). Tijdens de uitvoering van de modellering was de dataset voor 2020 nog niet beschikbaar. Voor deze momenten werd gewerkt met de perceelsgrenzen en teeltgegevens van 2019. Aangezien de meetperiodes dikwijls verschillende maanden tot een jaar overspannen, gebruikten we de hoofdteelt van het perceel om de C-factor te bepalen. Elke meetperiode werd gemodelleerd op een resolutie van 5m en 20m. De opties beschreven in scenario D van Renders et al., (in prep) werden gebruikt om de overige modelparameters te definiëren. Een belangrijk verschil tussen het 5 en 20 meter model was het gebruik van een uitmiddellende filter voor de DTM hoogtewaarden in een drie op drie window.

In Tabel 14 is een overzicht te zien van de hoeveelheid gemeten depositie en de gemodelleerde depositie ( $m^3$ ) in de buffers, dit op resolutie van 5 en op 20 meter. De events die aanleiding geven tot een depositie niet gelijk aan nul – rekening houdend met de meetfout op de berekende volumes – zijn aangeduid in het vet. Een eerste algemene observatie is dat de gemodelleerde volumes vaak binnen de meetfout van de volume metingen liggen. Dit suggereert dat verschillen tussen gemodelleerde en gemeten volumes niet significant verschillend zijn. Het is echter wel in het belang van de doelstellingen van dit project om de besproken volumes in grootteorde te vergelijken, al is het om een indicatie te krijgen van de verschillen tussen de metingen en simulaties. Merk op dat de WaTEM-SEDEM module in CN-WS massa's rapporteert, maar in volumes modelleert. Deze omzetting gebeurt met een bulkdensiteit van  $1,35 \text{ ton}/m^3$  omdat het model met deze waarde gekalibreerd werd.

Er werd geen significante lineaire relatie gevonden tussen de opgemeten hoeveelheden en de resultaten van het 5 m model enerzijds en het 20 m model anderzijds. Voor beide lag de correlatiecoëfficiënt onder de 10 %. Er zijn een aantal gevallen waar er geen depositie in de buffer wordt opgemeten terwijl wel afzetting wordt gemodelleerd en visa versa. Bijvoorbeeld voor Landen wordt in het 5 meter model geen depositie in de buffer gesimuleerd, terwijl deze wel geobserveerd is. Dit was ook het geval voor Borlo (tweede periode), Beersel (eerste periode, zie 5 en 20 m model) en Wortegem (eerste en tweede periode) Een voorbeeld van de omgekeerde situatie wordt geobserveerd voor Lubbeek, waarbij er geen afzetting is opgemeten, terwijl er wel sedimentatie gesimuleerd wordt (tweede periode). Dit wordt in detail besproken in de volgende secties. Voor de verdere bespreking wordt rekening gehouden met de relatieve grootteorde (10, 100-tallen in  $m^3$ ) tussen de metingen en de simulaties, onafhankelijk van de meetfout.



Tabel 13: Modelresultaten voor de verschillende meetperiodes. De oppervlakte van het toestroom wordt vermeld in de kolom 'gebied'.

Gebied	Start periode	Einde periode	R-factor [MJ.mm.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .periode <sup>-1</sup> ]	Opgemeten sediment [m <sup>3</sup> ]	Jaar	Gesimuleerde depositie in het opgemeten gebied[m <sup>3</sup> ]			
						5m		20 m	
						Buffer	Grasstrook	Buffer	grasstrook
<b>Widooie (4,8 ha)</b>	24/03/2017	7/09/2017	354,85	12,25	2017	5,02	3,0	3,77	2,6
	<b>4/05/2018</b>	<b>4/06/2018</b>	<b>501,65</b>	<b>37,17</b>	<b>2018</b>	<b>7,10</b>	<b>3,90</b>	<b>5,34</b>	<b>3,7</b>
	6/07/2018	20/03/2019	366,8	4,05	2018	5,19	2,90	3,90	2,7
	20/03/2019	25/08/2020	446,18	5,33	2019	6,28	2,5	4,75	3,3
<b>Borlo (10,5 ha)</b>	4/05/2018	14/06/2019	1086	4,63	2019	6,55	0	4,06	0
	14/06/2019	31/07/2019	497,12	11,37	2019	3,0	0	1,86	0
	8/10/2019	25/08/2020	796,46	10,59	2019	4,80	0	2,97	0
<b>Landen (69,5 ha)</b>	6/06/2017	4/05/2018	488,06	4,45	2018	0,00	15,4	13,91	0
	4/06/2018	14/06/2019	541,66	36,8	2019	0,00	13,7	12,49	0
	<b>14/06/2019</b>	<b>31/07/2019</b>	<b>430,13</b>	<b>154,08</b>	<b>2019</b>	<b>0,00</b>	<b>10,8</b>	<b>9,92</b>	<b>0</b>
	8/10/2019	25/08/2020	540,1	48,29	2019	0,00	13,6	12,45	0
<b>Lubbeek (5,0 ha)</b>	<b>4/04/2017</b>	<b>4/05/2018</b>	<b>289,09</b>	<b>10,33</b>	<b>2018</b>	<b>11,32</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>5,67</b>	<b>n.v.t.</b>
	4/05/2018	4/06/2018	280,93	0,06	2018	11,00	n.v.t	5,51	n.v.t
	<b>4/06/2018</b>	<b>8/10/2019</b>	<b>526,07</b>	<b>11,54</b>	<b>2019</b>	<b>20,60</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>10,31</b>	<b>n.v.t.</b>
	<b>8/10/2019</b>	<b>25/08/2020</b>	<b>427,93</b>	<b>13,5</b>	<b>2019</b>	<b>16,76</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>8,39</b>	<b>n.v.t.</b>
<b>Sint-Genesius-Rode (76,0 ha)</b>	4/04/2017	20/03/2019	1001,7	13,38	2018	5,43	n.v.t.	17,55	n.v.t.
	20/03/2019	20/06/2019	73,374	20,81	2019	0,40	n.v.t.	1,29	n.v.t.
	<b>31/07/2019</b>	<b>25/08/2020</b>	<b>503,13</b>	<b>38,1</b>	<b>2019</b>	<b>2,73</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>8,84</b>	<b>n.v.t.</b>
<b>Beersel (3,04 ha)</b>	4/04/2017	7/09/2017	142,38	17,86	2017	0,43	0	1,02	0
	7/09/2017	20/03/2020	859,33	13,66	2019	2,75	0	5,98	0
<b>Wortegem (4,8 ha)</b>	28/09/2017	18/12/2017	218,65	1,44	2017	1,07	6,2	6,95	1,99
	<b>18/12/2017</b>	<b>20/03/2019</b>	<b>610,15</b>	<b>13,45</b>	<b>2018</b>	<b>2,27</b>	<b>10,9</b>	<b>0,03</b>	<b>0</b>
	<b>20/03/2019</b>	<b>14/06/2019</b>	<b>148,58</b>	<b>28</b>	<b>2019</b>	<b>4,28</b>	<b>7,2</b>	<b>3,97</b>	<b>0</b>
<b>Oudenaarde (4,7 ha)</b>	<b>17/05/2017</b>	<b>18/12/2017</b>	<b>589,2</b>	<b>24,5</b>	<b>2017</b>	<b>5,42</b>	<b>7,01</b>	<b>15,78</b>	<b>8,85</b>
	18/12/2017	20/03/2019	690,54	0,71	2018	9,73	7,11	14,63	6,36
<b>Maarkedal (3,1 ha)</b>	28/09/2017	18/12/2017	606,62	2,59	2017	1,97	0	8,75	0
	18/12/2017	20/03/2019	303,87	6,46	2018	1,40	0	4,57	0

## 6.1 WEERAERDSTRAAT – WIDOOIE

In Figuur 58 zijn de resultaten voor de simulatie voor de maatregel in Widoorie te zien. De belangrijkste afvoer van sediment verloopt langs de perceelsgrens (noordwesten) en via het midden van het perceel. Voor zowel het 5 als 20 meter model verlopen de patronen gelijkaardig. De foto's van het event van 24 mei 2018 (opmeting 4/6/2018) lijken het patroon te bevestigen, hoewel er ter plaatse geobserveerd werd dat het sediment eerder vanuit de noordoostelijk helling naar de maatregel stroomde (zie Figuur 25 en Figuur 59). Dit heeft te maken met lokale omstandigheden op het veld die niet in de huidige modelsimulaties model verwerkt zijn (zoals ploegrichting, begroeiing). Er is geen groot aandeel van het sediment dat het perceel langs een andere weg verlaat, dus er wordt besloten dat voor dit geval de ruimtelijke patronen van afvoer een goede schatting vormen voor de werkelijke afvoerpatronen, althans op schaal van een perceel. In Tabel 13 zien we dat een deel van het afstromend sediment volgens het model afgezet wordt in de grasstrook die tussen de erosiepoel en de akker ligt.



Figuur 58: Modelling van het sedimenttransport in het afstroomgebied te Widoorie met resoluties 5 m (links) en 20 m (rechts) en gebruik makend van een standaard R-waarde van  $1250 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{jaar}^{-1}$ . De coördinaten zijn uitgedrukt in Lambert 1972.



Figuur 59: Foto van Widooie na onweer 24 mei 2018.



## 6.2 HAAGSTRAAT – BORLO/GINGELOM

In Figuur 60 zijn de modelresultaten te zien voor de simulaties aan de maatregel van Borlo. Hier wordt geobserveerd dat bij zowel het 5 en 20 meter model het geërodeerde materiaal binnen het perceel - waar de maatregel ligt - afstroomt en als depositie in de maatregel wordt gesimuleerd. Daarenboven simuleert het model een afstroming (in het stroomopwaartse deel van het afstroomgebied van de maatregel) langs de perceelsgrens, waarbij een groot aandeel sedimenteert net aan de graszone. In Tabel 13 wordt geen sedimentatie door het model in de grasstrook gerapporteerd, omdat enkel het deel van de grasstrook dat tijdens de topografische opmetingen onderzocht werd, geanalyseerd werd in de modelresultaten. De grootteordes tussen de gemeten en gesimuleerde hoeveelheden depositie vrij verschillend, maar vallen binnen de meetfout van de metingen.

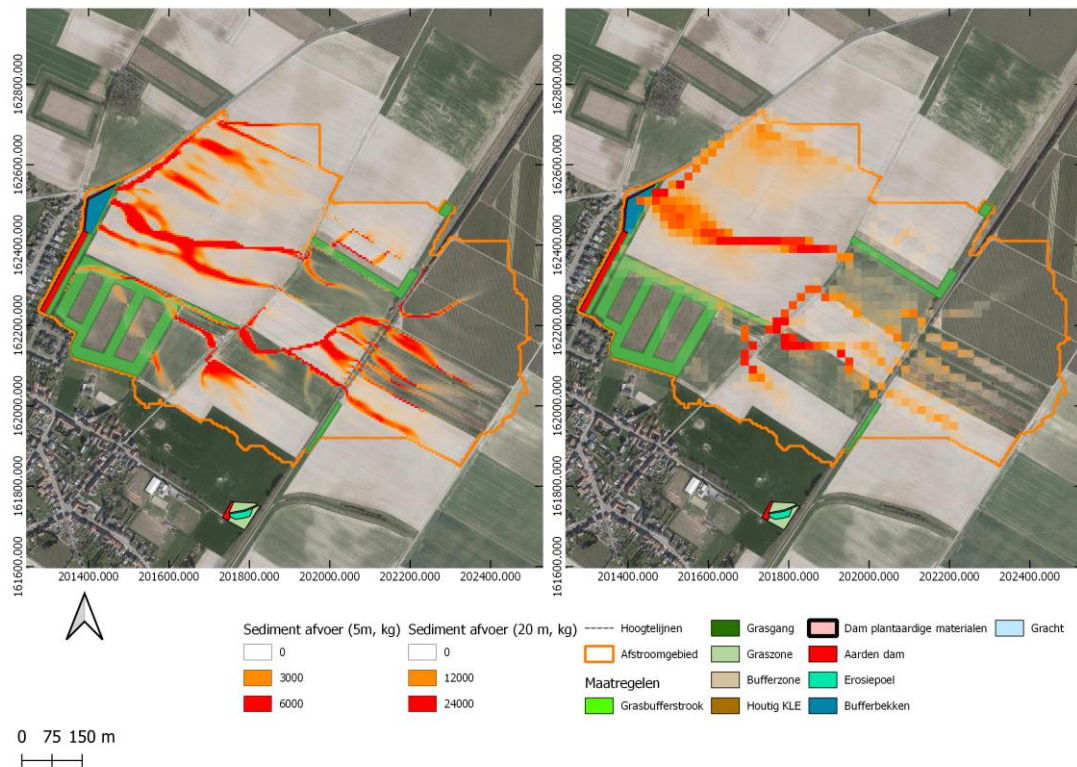


Figuur 60: Modellerings van het sedimenttransport in het afstroomgebied te Borlo met resoluties 5 m (links) en 20 m (rechts) en gebruik makend van een standaard R-waarde van  $1250 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ . De coördinaten zijn uitgedrukt in Lambert 1972.

## 6.3 JONKER JANLAAN – LANDEN

In Figuur 61 zijn de simulaties voor het afstroomgebied van de maatregel te Landen te zien. Hier wordt een verschil geobserveerd tussen het 5 en 20 m resolutie model. Het model berekent geen sedimentatie in het bufferbekken op een resolutie van 5 m. We zien in Figuur 61 dat op een resolutie van 5 m het sediment afgezet wordt aan de rand van de maatregel, in de aangrenzende grasstrook. Wanneer we echter kijken naar de hoeveelheid sediment die volgens het model in deze grasstrook terechtkomt, zien we dat deze hoeveelheid in dezelfde grootteorde ligt als de geobserveerde metingen (Tabel 13). Verder wordt opgemerkt dat de overige patronen van het model, centraal in het perceel als gelijkaardig gesimuleerd zijn in het 5 en 20 meter model. Het is belangrijk om op te

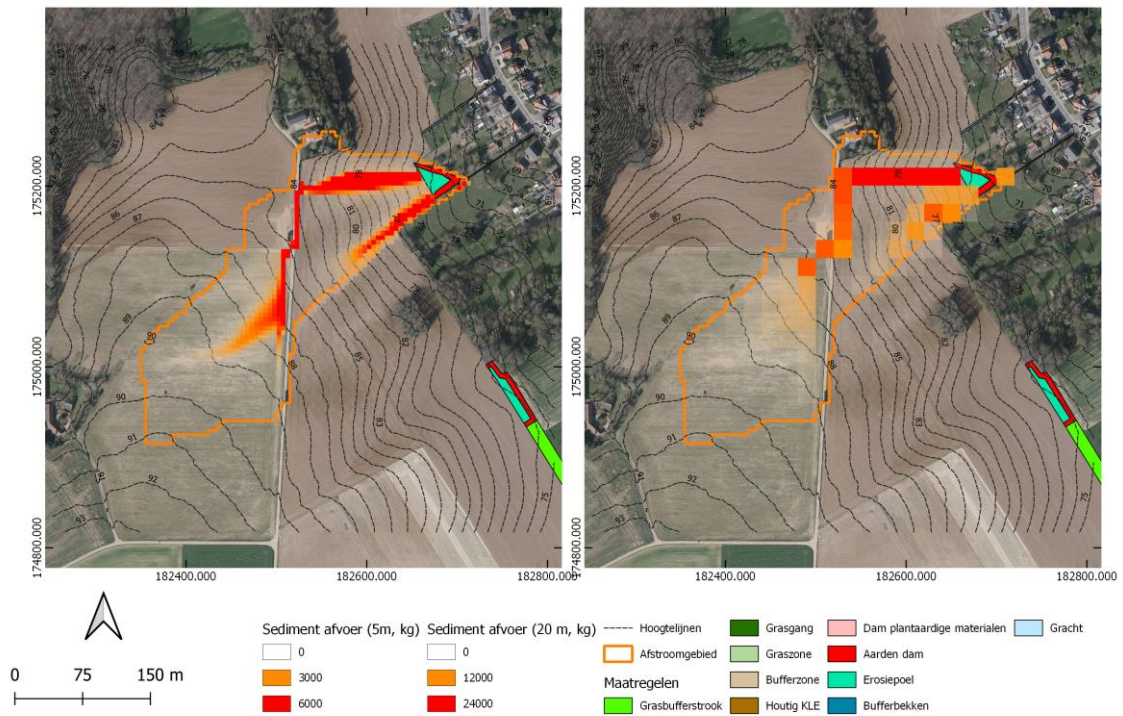
merken dat de gemodelleerde afstroming in Landen onzeker is. Er zijn geen terreinwaarnemingen uitgevoerd ter hoogte van de weg en spoorweg die het gebied doorsnijden. Karel Van Daele, de erosiecoördinator van het gebied, geeft aan dat de spoorweg een barrière vormt in de afstroming, maar dat er ook duikers zijn die in de velden uitkomen. Een deel van de afstroming ten oosten van de spoorweg komt terecht in de zuidelijke erosiepoel die te zien is in Figuur 61, dit omdat de barrière fungeert als geleidend element (naar het zuidwesten). Meer terreinobservaties zijn nodig om de modelinput aan te passen ter hoogte van de spoorwegberm. Eens de structuur van het geleidend element vastgelegd is, kan de stroming in het model gedefinieerd worden door een geleidend gracht/dam (afhankelijk van de invulling).



Figuur 61: Modelling van het sedimenttransport in het afstroomgebied te Landen met resoluties 5 m (links) en 20 m (rechts) en gebruik makend van een standaard R-waarde van 1250 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.jaar<sup>-1</sup>. De coördinaten zijn uitgedrukt in Lambert 1972.

## 6.4 GELLENBERG – LUBBEEK

In Figuur 62 zijn de gesimuleerde afstromingspatronen voor het afstroomgebied van de maatregel te Lubbeek te zien. Beide modellen simuleren een gelijkaardig afvoerpatroon: het sediment stroomt af naar de maatregel. De afstroming van de westelijke, of meest bovenstroomse, akker komt volgens het model terecht op een kleine landbouwweg, waarna de afstroming in de oostelijke akker terechtkomt en naar het bufferbekken stroomt. Dit afstromingspatroon komt overeen met de observaties van de erosiecoördinator (Stefanie Bourgeois, provincie Vlaams-Brabant, persoonlijke communicatie) in 2012. Ook in de orthofoto van 2016 (winteropnames) zijn de gesimuleerde afstromingspatronen zichtbaar als geulerosie (Figuur 63). Het model simuleert hier zeer gelijkaardige hoeveelheden afzetting als geobserveerd met de opmetingen (Tabel 13), behalve voor één periode (04/05/2018 tot en met 04/06/2018). Tijdens deze periode is volgens de opmeting weinig sedimentatie opgetreden. In Lubbeek ligt er geen graszone tussen de bufferende maatregel en de akker, hierdoor wordt in Tabel 13 geen afzetting in de graszone gerapporteerd.



Figuur 62: Modelling van het sedimenttransport in het afstroombied te Lubbeek met resoluties 5 m (links) en 20 m (rechts) en gebruik makend van een standaard R-waarde van 1250 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.jaar<sup>-1</sup>. De coördinaten zijn uitgedrukt in Lambert 1972.





Figuur 63: Orthofoto winter 2016 ter hoogte van het onderzochte gebied in Lubbeek. Geulerosie is duidelijk te zien in het noordelijke deel van het gebied.

## 6.5 IJSVOGELLAAN – SINT-GENESIUS-RODE

Het afstromingspatroon voor het afstroomgebied van de maatregel te Sint-Genesius-Rode is opgedeeld in twee zones: een westelijke deel en een oostelijk. Via zowel het 5 als 20 meter model wordt een afstroming van het sediment naar de maatregel gesimuleerd, ook vanuit het oostelijke deelbekken van het afstroomgebied (Figuur 64). In werkelijkheid komt waarschijnlijk het sediment uit het oostelijke deel, via een kleine tunnel onder de spoorweg, terecht in een tweede bufferbekken. Dit bufferbekken valt net buiten het toestroomgebied van het model. Een gedetailleerde terreinstudie is nodig om te bekijken hoe de afstroming rond de spoorwegberm gebeurt. De input van deze terreinkennis kan de modelinput bijsturen voor een beter benadering van de werkelijkheid. Niettemin is er een groot aandeel van het sediment dat afstroomt naar de maatregel afkomstig uit het westelijk deel van het afstroomgebied. De foto's van de opmeting op 04 april 2017 tonen dat de afvoer langs het noordoosten zijn weg vindt naar de afvoer, alsook langs de steilere helling in het noorden. De grootteordes tussen de simulaties en de observaties verschillen vrij sterk van elkaar (Tabel 13). Net zoals in Lubbeek is er geen aangrenzende grasstrook in het gebied waar topografische opmetingen zijn uitgevoerd. Daarom worden er in Tabel 13 geen modelresultaten voor de afzettingen in de grasstrook gerapporteerd.

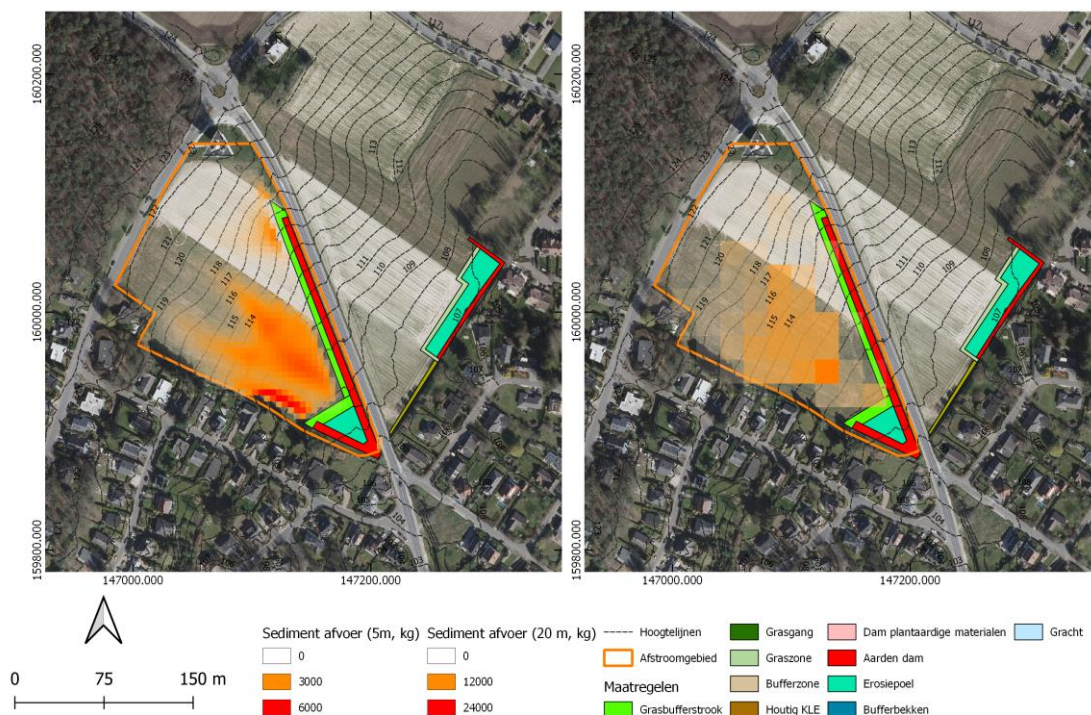


Figuur 64: Modelling van het sedimenttransport in het afstroomgebied te Sint-Genesius-Rode met resoluties 5 m (links) en 20 m (rechts) en gebruik makend van een standaard R-waarde van 1250 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.jaar<sup>-1</sup>. De coördinaten zijn uitgedrukt in Lambert 1972.

## 6.6 GENSTBERG – BEERSEL

Voor de simulaties van het afstroomgebied dat afstroomt in de maatregel te Beersel wordt geobserveerd dat de afstroming vrij eenvoudig is en uniform langs de helling, dit voor zowel het 5 als het 20 meter model (Figuur 65). De gesimuleerde deposities in de maatregel zijn echter vrij laag ten opzichte van de gemeten hoeveelheid, dit voor beide periodes (Tabel 13). Ook hier is het belangrijk om aan te duiden dat een groot aandeel van de gesimuleerde depositie plaatsvindt in de grasstrook voor de buffer.





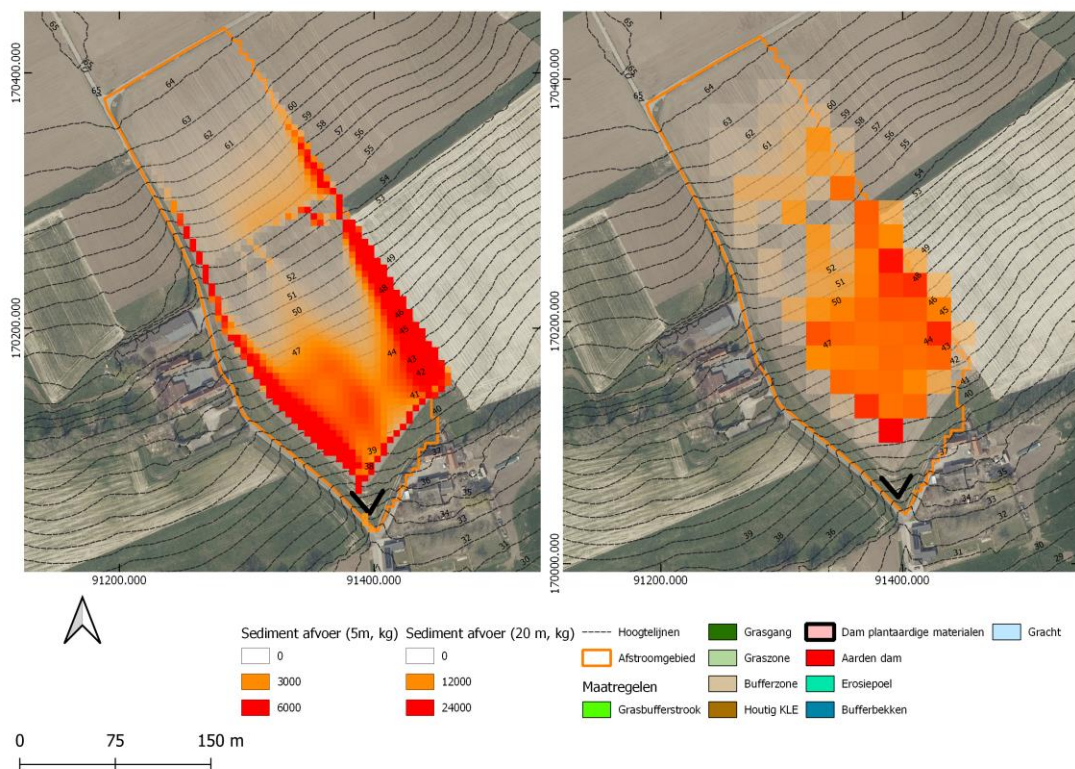
Figuur 65: Modellering van het sedimenttransport in het afstroomgebied te Beersel met resoluties 5 m (links) en 20 m (rechts) en gebruik makend van een standaard R-waarde van 1250 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.jaar<sup>-1</sup>. De coördinaten zijn uitgedrukt in Lambert 1972.

## 6.7 BERGSTRAAT – WORTEGEM-PETEGEM

De gesimuleerde patronen voor het 5 en 20 m model voor het afstroomgebied van de maatregel te Wortegem-Petegem zijn verschillend (Figuur 66). Het 5 m model simuleert een minder uniform patroon dan het 20 m model. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de zeer uniforme helling. De kleine hoogteverschillen in het digitaal hoogtemodel van 5 m zullen de afstroming meer beïnvloeden. Door de grovere resolutie, zijn deze kleine hoogteverschillen niet waarneembaar in het 20 m model. De afstromingen worden in beide modellen wel naar de dam van de maatregel geleid. Opvallend is dat de afstroming de perceelsgrens volgt en pas ter hoogte van de aarden dam in de graszone loopt. Dit is in tegenstelling tot wat het routing algoritme van CN-WS oplegt. De grasstrook in Wortegem-Petegem is echter geen geregistreerde maatregel. Aangezien het model enkel met gekende maatregelen rekening houdt, wordt de grasstrook beschouwd als 'grasland'. Grasland heeft dezelfde C-factor en transportcapaciteit als een grasstrook, maar de routing is anders. De grens met de grasstrook wordt in dit geval beschouwd als een perceelsgrens, zodat de afstroming deze grens pas op het laagste punt zal overschrijden. Bij grasbufferstroken wordt ervan uitgegaan dat de afstroming naar de strook niet gehinderd wordt en wordt de perceelsgrens dus niet preferentieel gevolgd.

De gemodelleerde grootteorde van depositie in de buffers is een stuk lager dan de gemeten hoeveelheden, dit omdat er in het 5 m model sedimentatie optreedt in het grasland tussen de akker en de erosiepoel. Het model bevestigt het belang van de problematiek en de erosie maatregel, wat ook geobserveerd werd tijdens veldbezoeken (dambreuk).

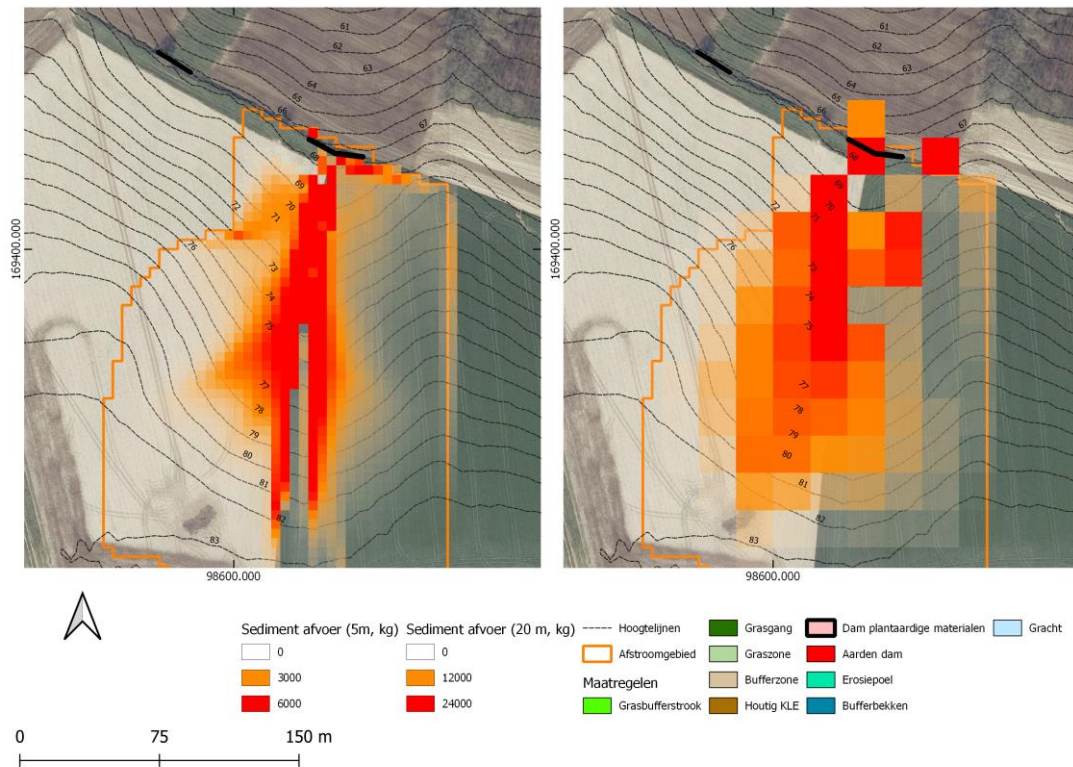




Figuur 66: Modelling van het sedimenttransport in het afstroomgebied te Wortegem-Petegem met resoluties 5 m (links) en 20 m (rechts) en gebruik makend van een standaard R-waarde van  $1250 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{jaar}^{-1}$ . De coördinaten zijn uitgedrukt in Lambert 1972. De maatregel staat hier in het zuidelijk punt van het afstroomgebied (zie zwarte lijn).

## 6.8 STEENBERGSTRAAAT – OUDENAARDE

De gesimuleerde patronen in het afstroomgebied voor de maatregel te Oudenaarde zijn gelijk voor beide modelsimulaties (Figuur 67). De afstroming verloopt recht naar de maatregel, wat ook bevestigd wordt door het fotomateriaal van de opmeting op 18/12/2017 (zie Figuur 33). De gesimuleerde grootteordes aan de bufferende houthakseldam zijn voor de eerste periode gelijkaardig aan de metingen, althans voor het 20 meter model. Indien de resultaten van het 5 meter model nader wordt onderzocht, dan wordt vastgesteld dat een aandeel van de afvoer sedimenteert in de graszone net voor de maatregel (zie Tabel 13). Indien we dit meenemen in de analyse dan wordt de grootteorde voor het eerste event wel benaderd.



Figuur 67: Modelling van het sedimenttransport in het afstroomgebied te Oudenaarde met resoluties 5 m (links) en 20 m (rechts) en gebruik makend van een standaard R-waarde van  $1250 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ . De coördinaten zijn uitgedrukt in Lambert 1972. De maatregel staat hier in het noordelijke punt van het afstroomgebied (zie zwarte lijn).

## 6.9 HASSELSTRAAT – MAARKEDAL

De afstroompatronen voor het 5 en 20 m model zijn gelijkaardig voor het afstroomgebied van de maatregel in Maarkedal (Figuur 68). Het pad van de afstroming en depositie ter hoogte van de maatregel verschilt in het 20 m model van dit in het 5 m model. De gesimuleerde grootteordes zijn gelijk aan deze van de observaties, hoewel ze tussen de modellen relatief veel verschillen, en beide binnen de observatiefout van de sedimentvolumes vallen.





Het wordt ook aangeraden om de accuraatheid van de topografische metingen te verhogen, ook al was de accuraatheid van de gebruikte GPS zeer hoog. Dit laat toe om de meetfout op de geschatte volumes te verlagen, en een beter inzicht te krijgen in de afzetting. Kleine afwijkingen in hoogtemetingen vertalen zich al snel in vrij grote verschillen in volumes van afgezet sediment. Een afwijking van 1 cm op de Z-coördinaat op een oppervlakte van 500 m<sup>2</sup> geeft al een volumeverandering van 5 m<sup>3</sup> of 7,4 ton (rekenend met een gemiddelde bulkdensiteit van 1,48 ton/m<sup>3</sup>). Daarenboven kan het aangeraden worden, rekening houdend met de praktische randvoorwaarden, om een groter gebied op te meten, om zo ook zones van netto-erosie in kaart te brengen. Op deze manier kunnen ook de lokale spatiale patronen van het model getoetst worden. Het is belangrijk om te vermelden dat deze uitbreiding wel een veel hogere kost met zich mee kan dragen.

De validiteit van de neerslagmetingen wordt als goed beoordeeld. Zowel de intensiteiten als hoeveelheden vielen binnen de grens van mogelijke waarden. De maandtotalen van de lokale metingen van neerslag komen goed overeen met de dichtstbijzijnde pluviometer van de VMM.

We vergeleken de opgemeten sedimentvolumes met de gemodelleerde sedimentvolumes in de 9 studiegebieden. Deze modelresultaten werden bekomen door te modelleren met de gewasfactoren (C-factoren) van de hoofdteelten van het bestudeerde jaar, in combinatie met de berekende R-factor van de meetperiode. Deze werkwijze heeft het nadeel dat de actuele toestand van de percelen niet volledig opgenomen is in het model. De gebruikte C-factoren zijn namelijk van toepassing voor een heel jaar. In realiteit variëren de C-factoren in de loop van het seizoen. De modellering zou kunnen verbeterd worden door een aangepaste C-factor te berekenen voor de beschouwde periode, maar een tool voor dergelijke verfijning van de C-factor is nog in ontwikkeling. Van zodra deze tool ter beschikking is, kan de impact hiervan uitgetest worden.

Hoewel de teelt op het moment van de topografische opmeting vastgesteld kan worden, is deze niet altijd representatief voor het hele meetinterval. Het opgemeten volume sediment kan bijvoorbeeld afgezet zijn vlak na de eerste topografische meting van het meetinterval, met andere omstandigheden op de akkers die niet gekend zijn. Voor langere meetperioden zal enkel een dynamische modellering de impact van zowel een variërende C-factor als R-factor de temporele variatie in sedimentaanvoer kunnen opvangen. De via een tool berekende variatie van de C-factor dient bovendien bijgestuurd te worden op basis van terreinobservaties om de evolutie van de C-factor voldoende accuraat te voorspellen. De theoretische voorspelling van de gewasontwikkeling geeft namelijk slechts een gemiddelde evolutie weer die in de praktijk sterk kan variëren omwille van tal van condities (weersomstandigheden, gewasvariëteiten, ziektedruk, bemesting,...). Ook specifieke bodemcondities kunnen een rol spelen, zoals het gehalte aan organische koolstof, de bodemstructuur en het bodemvochtgehalte.

De gemodelleerde hoeveelheden sediment die afgezet worden in de bufferbekkens zijn dikwijls een onderschatting van de totale sedimentaanvoer. Dit is te wijten aan de aanwezigheid van een grasstrook of graszone rond het bufferbekken. CN-WS geeft aan de graspixels een lage transportcapaciteit, waardoor er veel sediment in deze graszone sedimenteert en niet doorstroomt tot aan de eigenlijke bufferende dam of erosiepoel (zie ook depositie in grasstrook Tabel 14). Het is daarom belangrijk dat steeds het geheel van maatregelen (bufferende maatregel én graszone) geanalyseerd wordt in de modelresultaten.

De modelresultaten tussen de twee gebruikte ruimtelijke resoluties (5 en 20 m) zijn verschillend. Dit verschil is waarschijnlijk te wijten aan schalingseffecten. Notebaert et al. (2006) beschrijft dat een verandering in resolutie belangrijke schalingseffecten veroorzaakt in de topografische factor LS. De LS-factor wordt gebruikt in de berekening van de RUSLE-waarde en de transportcapaciteit in CN-WS. De LS-factor zal bij een fijnere resolutie afnemen en bij een grovere resolutie komen extremere waarden in LS voor dan bij een grovere resolutie. Om de gemodelleerde hoeveelheden erosie via de RUSLE tussen verschillende resoluties met elkaar te kunnen vergelijken, kan er een correctiefactor opgesteld worden. Deze correctiefactor wordt vervolgens meegenomen in de kalibratie van het model. Bij de laatste kalibratie van CN-WS (Deproost et al., 2018) werd ervoor geopteerd geen correctiefactor toe te passen bij de berekening van de LS-factor op een resolutie van 5m. Bij een volgende kalibratie is het aangewezen het invoeren van een correctiefactor te evalueren. Ondanks de schalingseffecten zijn de afstromingspatronen voor alle gebieden op beide resoluties vergelijkbaar.

## 8 BESLUIT

Het doel van deze opdracht was om sedimentaanwas op te meten in bufferende erosiebestrijdingsmaatregelen en om een evaluatie te doen van de module WaTEM/SEDEM van het erosie- en sedimenttransportmodel CN-WS voor de afstroomgebieden van deze bufferende maatregelen.

In deze opdracht werd de sedimentaanwas voor bufferende maatregelen in 9 gebieden periodiek opgemeten. Daarnaast werden de neerslagintensiteiten en -hoeveelheden continu gemonitord om de neerslagerosiviteit te berekenen en te kunnen inschatten wanneer opmetingen moesten uitgevoerd worden. Het tijdstip waarop een terreinmeting kon uitgevoerd worden, werd gestuurd met behulp van een alarmsysteem op basis van de continue neerslagmetingen. De combinatie van periodieke veldmetingen en continue neerslagmetingen maken het mogelijk om een inschatting te maken van de hoeveelheid sedimentaanwas. De terreinomstandigheden van de meetlocaties, de frequentie van de sedimentaanwasmetingen en de meetonzekerheid op de topografische metingen zorgen ervoor dat het inschatten van de precieze hoeveelheid afgezet sediment per event niet altijd even nauwkeurig kon gebeuren.

De modelresultaten van het erosie en sedimenttransportmodel CN-WS zijn getoetst aan de opgemeten sedimentvolumes. De afstromingspatronen in de toestroomgebieden naar de onderzochte maatregelen kunnen goed gesimuleerd worden met het CN-WS model, dit op een resolutie van 5 en 20 meter. De grootteordes van de gesimuleerde sedimentafzettingen in de erosiebestrijdingsmaatregelen komen over het algemeen goed overeen met de gemeten hoeveelheden. Het model is echter niet in staat om nauwkeurig de gemeten sedimentaanwas in te schatten, omdat er onvoldoende data beschikbaar zijn over de lokale condities op de velden gedurende de volledige meetperiode omdat er gerekend wordt met algemene gewasfactoren van de hoofdteelten. Bovendien is de meetonzekerheid op de metingen van de sedimentaanwas te groot. Om tot een beter inzicht te komen in de relatie tussen de neerslag en de sedimentaanwas zal de nauwkeurigheid van de terreinopmetingen nog verder moeten verbeteren en zal moeten gefocust worden op het zo goed mogelijk inschatten van lokale condities (gewasontwikkeling en bodemgesteldheid) van de percelen in het afstroomgebied m.b.v. modellen en metingen. Voor langere meetperiodes zal de dynamiek van de neerslagerosiviteit dienen gecombineerd te worden met de evolutie van de gewasfactoren om de erosie- en sedimenttransportprocessen voldoende

nauwkeurig te kunnen inschatten op de schaal van individuele afstroomgebieden en events. Het CN-WS model leent zich op dit moment vooral voor het berekenen van gemiddelde meerjarige waarden van erosie en sedimenttransport.

## 9 DANKWOORD

Fluves kon deze studie voor Departement Omgeving niet uitvoeren zonder de hulp van Timothy Saey (3DSoil) die de topografische opmetingen uitvoerde. De pluviometers werden op terreinen van verschillende landbouwers (Wortegem, Oudenaarde en Maarkedal), particulieren (Landen, Lubbeek, Beersel) en het gemeentehuis van Sint-Genesius-Rode geplaatst. Daarnaast zou het niet mogelijk geweest zijn de studiegebieden uit te kiezen zonder hulp van de erosiecoördinatoren die in de verschillende gebieden actief zijn.





## BIJLAGE 1: DATASHEETS MEETAPPARATUUR

Dit is een digitale bijlage en bevat de datasheets en handleidingen van de gebruikte pluviometers en dataloggers.

## BIJLAGE 2: SCRIPTS EN DATA

Dit is een digitale bijlage. De bijlage is onderverdeeld in volgende mappenstructuur:

- Density
  - o Shapefiles met de locaties van de genomen bodemstalen waar de densiteit van bepaald is
  - o Analyse rapporten van de densiteitsmetingen
- Modeling
  - o Raw: modelberekeningen met de ruwe afbakening van de toestroomgebieden naar de onderzochte maatregel
  - o Def: modelberekeningen voor elk studiegebied, maar met betere afbakening van het toestroomgebied op basis van de modeloutput van de 'raw' berekeningen.
- Pluvio
  - o De subfolder 'rawdata' bevat de ruwe data die door de dataloggers is geregistreerd
  - o De notebook 'verwerking\_pluvio.ipynb' bevat alle analyse stappen die ondernomen zijn op de ruwe data om tot een gevalideerde meetreeks te komen. De notebook kan gebruikt worden in de conda-omgeving die in 'environment.yml' beschreven wordt.
- Rfactor
  - o De csv-files in deze folder zijn de input tijdsreeksen voor de matlab scripts. Deze input reeksen zijn het eindproduct van de notebook in de pluvio-folder.
  - o Prepare\_matlab\_input notebook zet deze ruwe input data om naar het formaat dat verwacht wordt in de matlabscripts. Deze vewerkte data komt terecht in 'input\_matlab'.
  - o De resultaten van 'main.m' (matlabscript van Verstraeten) worden weggeschreven in 'output\_matlab'
- Topo
  - o Per studiegebied is er een folder voor elke opmeting de verwerkte gegevens staan.
  - o De verwerking van de topografische opmetingen is uitgevoerd met de notebook 'Verwerking\_sediment.ipynb'.

## BIJLAGE 3: FOTOMATERIAAL

Dit is een digitale bijlage. Per studiegebied is er een map die voor verschillende terreinbezoek aan de meetplaatsen de foto's groepeert.