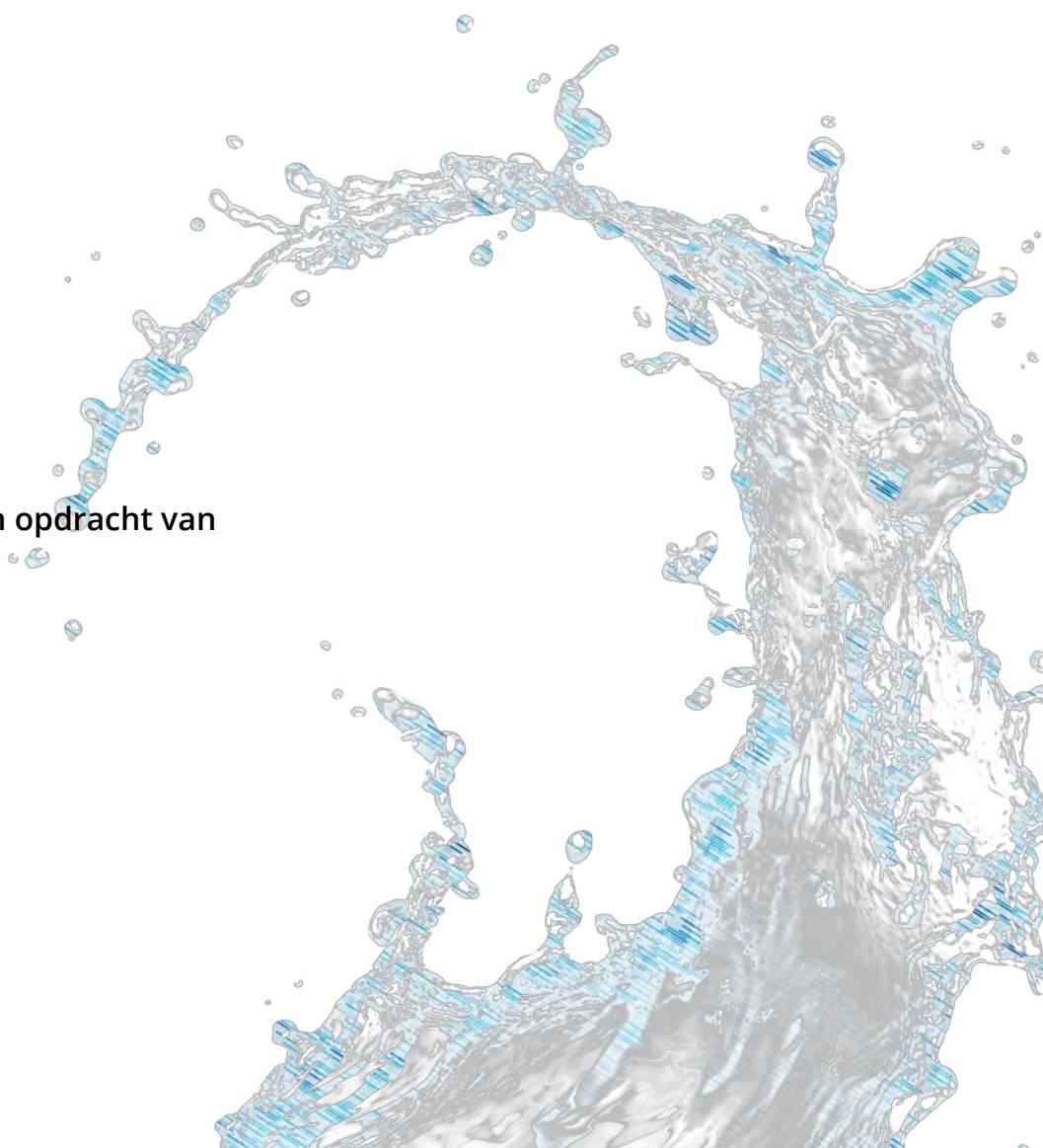


BOCHOLT STUWT

WERKSPOOR 2: ONDERZOEK NAAR HET BEVLOEIEN VAN DE
OPPERVLAKTEWATERS MET KANAALWATER

Opdracht uitgevoerd in opdracht van



DOCUMENTIDENTIFICATIE

Titel Onderzoek naar het bevoeien van oppervlaktewaters met kanaalwater
Opdrachtgever Droogte innovatiefonds Provincie Limburg

REVISIES

Versie	Datum	Omschrijving
1.0	14/11/2023	Oplevering

CONTACT

Contactpersoon dr. ir. **VINCENT WOLFS**
Tel.: +32 474 422 003
Mail: vincent.wolfs@sumaquab.be
Correspondentieadres Sumaquab
Sluisstraat 73 b3.01
3000 Leuven, BELGIUM

INHOUD

1	Inleiding.....	5
1.1	Context	5
1.2	Beschrijving studiegebied	5
1.3	Leeswijzer	7
2	Waterbalansmodel	9
2.1	Modelstructuur	9
2.2	Hydrologie en grondwater	10
2.3	Oppervlaktewater	11
2.4	Resultaten	14
2.4.1	Opbouw model	14
2.4.2	Resultaten model.....	15
3	Scenario analyses	19
3.1	Scenario's	19
3.2	Resultaten	20
4	Samenvatting en conclusies	25
	Referenties	27

1 Inleiding

1.1 Context

Dit rapport kadert binnen werkspoor 2 van de studie 'Bocholt Stuw'. De studie focust enerzijds op de implementatie en het beheer van stuwen en anderzijds op het gebruik van kanaalwater uit de Zuid-Willemsvaart, en dit in het stroomgebied van Abeek en Warmbeek in de gemeente Bocholt in het noorden van Limburg. Beide maatregelen hebben tot doel om de waterbeschikbaarheid te vergroten door het herstellen van de natuurlijke watercyclus en het verhogen van de lokale grondwaterstanden. Deze objectieven zorgen er voor dat er minder irrigatie nodig is en dat de bodem gedurende een langere periode doorheen het jaar voldoende vochtig blijft voor zowel landbouw als natuur. Daarnaast richten de maatregelen zich ook op een betere bodemwatervoorraad, zodat indien nodig toch geïrrigeerd kan worden met grondwater. Het aanvullen van het grondwater maakt het immers mogelijk om het geïnfiltreerde water in droge periodes deels terug op te pompen voor irrigatie.

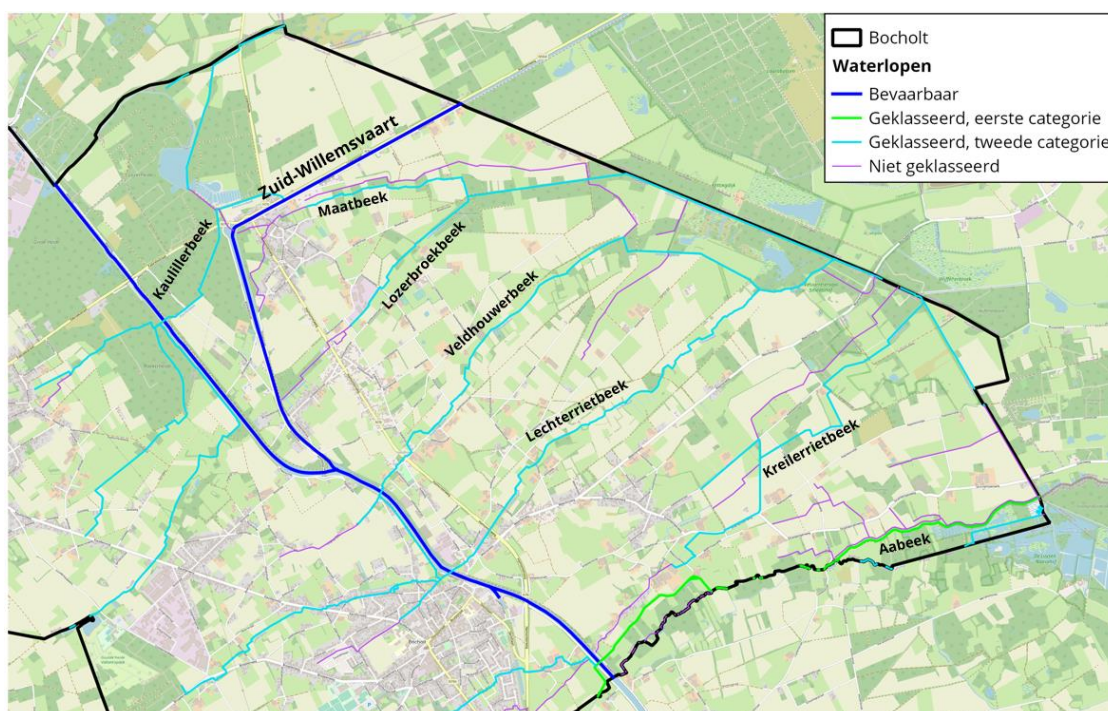
Om de objectieven te realiseren zet *Bocholt Stuw* in op twee werksporen:

- 1) De gerichte implementatie van regelbare stuwjes op perceelsgrachten en eventueel ook op geklasseerde waterlopen. Daarbij zal in samenwerking met de lokale actoren en de waterbeheerders een afsprakenkader omtrent het beheer van de stuwjes opgemaakt worden. Tevens wordt met behulp van innovatieve meettechnieken een monitoringsysteem opgezet en wordt dit gekoppeld met een beslissingsondersteunend instrument voor het afsprakenkader.
- 2) Het onderzoeken van de mogelijkheden om in natte periodes een deel van het kanaalwater uit de Zuid-Willemsvaart en het kanaal Bocholt-Herentals af te leiden naar de lokale oppervlaktewaters. De onderliggende doelstelling hierbij is opnieuw het vergroten van de grondwateraanvulling in de ruime omgeving en zo de waterbeschikbaarheid in droge periodes vergroten.

Beide sporen zijn bovendien complementair en versterken elkaar: de effectiviteit van de geplaatste stuwjes en het vergroten van de waterberging wordt gemaximaliseerd door in nattere periodes bijkomend kanaalwater aan te voeren. Deze extra aanvoer in de winterperiode laat toe om water te laten infiltreren naar het grondwater en draagt zo dus bij aan het op peil brengen en houden van de grondwaterstanden. Door het aangevoerde water te stuwen in de waterlopen krijgt het voldoende tijd om effectief te infiltreren.

1.2 Beschrijving studiegebied

De studie focust zich op het stroomgebied van de Abeek en de Warmbeek in de gemeente Bocholt. Dit zijn waterlopen die respectievelijk van west naar oost en van zuid naar noord door de gemeente stromen. Hun stroomgebieden en de gemeente worden doorkruist door de Zuid-Willemsvaart, welke van het Albertkanaal in het zuiden richting Weert in Nederland stroomt, en het kanaal Bocholt-Herentals (zie Figuur 1). De geklasseerde waterlopen die in aanmerking komen voor bevoeiing vanuit één van beide kanalen zijn eveneens aangeduid in Figuur 1. Deze bevinden zich allemaal in het lagergelegen gebied ten oosten van beide kanalen.



Figuur 1. Overzicht van het stroomgebied van de Aabeek binnen de gemeentegrenzen van Bocholt. De waterlopen op de rechteroever van de Zuid-Willemsvaart komen in aanmerking voor bevoeiing.

Op dit moment wordt er in Bocholt op twee locaties water ingelaten vanuit het kanaal, via zogenaamde 'tappingen'. Dit zijn:

- Het bekenstelsel rond de **Kaulillerbeek**, dat bevoeid wordt vanuit zowel het kanaal Bocholt-Herentals als vanuit de Zuid-Willemsvaart. Dit water wordt grotendeels gebruikt om de vloeivelden van de Lozerheide te irrigeren. Vloeivelden bestaan uit graslanden die in de 19^e en 20^e eeuw aangelegd werden voor hooiproductie. Via één of meerdere beken wordt het water vanuit het kanaal afgeleid naar een lagergelegen grachtensysteem dat de percelen bevoeit. In geval van de Kaulillerbeek wordt de toevoer van water niet actief gestuurd (Coussement et al., 2020). De tapping vanuit het kanaal worden beheerd door het Agentschap voor Natuur en Bos.
- De **Kreilerrietbeek** wordt bevoeid via een tapping die zich dicht bij de grens tussen Bocholt en Bree bevindt, op een kleine 100 meter van de duiker die de Aabeek onder het kanaal leidt. Deze tapping wordt beheerd door Watering Het Grootbroek en is doorheen het jaar bijna altijd voor 80 à 100 procent geopend. Enkel in periode van droogte en in geval van captatieverboden wordt de tapping gedeeltelijk gesloten. Langs de Kreilerrietbeek zijn op verschillende locaties stuwen terug te vinden om het water op te stuwen en te infiltreren. Tijdens een overleg met de watering werd aangereikt dat het ingelaten water niet altijd tot aan de samenvloeiing met de Lozerbroekbeek geraakt. De infiltratie ter hoogte van de stuwen is dus aanzienlijk.

Op basis van bovenstaande beschrijvingen lijkt het weinig zinvol om de Kaulillerbeek of de Kreilerrietbeek te gaan modelleren. De tapping richting de Kaulillerbeek is nl. vooral gericht op het in stand houden van natuurdoelstellingen en de Kreilerrietbeek wordt al bijna het hele jaar bevoeid waardoor er vermoedelijk weinig winsten meer te boeken zijn. Daarom wordt geopteerd voor één van de beken ten noordoosten van de Zuid-Willemsvaart, nl. de **Veldhouwerbeek**. Deze beek zal gemodelleerd worden in de huidige toestand en met inlaten vanuit het kanaal en/of opstuwingen. Op die manier kan de impact van de tappingen op de beek en het grondwater ingeschat worden. Merk op dat een vergelijking van de situatie langs de Kreilerrietbeek en de andere (niet-bevloeide) beken ook waardevolle informatie over de impact van de tappingen kan opleveren.

1.3 Leeswijzer

In dit rapport worden de resultaten van het onderzoek uitgevoerd in werkspoor 2 besproken. Het rapport is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 beschrijft het waterbalansmodel. Dit is het model dat gebruikt wordt om de waterloop te modelleren en een aantal scenario's door te rekenen. Het hoofdstuk bespreekt eerst de modelstructuur en gaat verder in op de onderdelen van het model. Daarna wordt de opbouw, de kalibratie en de resultaten van het model beschreven.
- Hoofdstuk 3 bevat de resultaten van de scenario-analyse. Het hoofdstuk begint met een beschrijving van de bestudeerde scenario's en verduidelijkt ook de aannames die gemaakt zijn bij het doorrekenen van de scenario's. Vervolgens worden de resultaten van de simulaties besproken en worden de verschillende scenario's met elkaar vergeleken.
- Hoofdstuk 4 bevat een samenvatting van het rapport en de belangrijkste conclusies.

2 Waterbalansmodel

Om een antwoord te bieden op de onderzoeksvragen van deze studie zal een waterbalansmodel gebruikt worden. Een dergelijk model is in staat om massabalansen in het watersysteem te simuleren en daarbij een aantal scenario's door te rekenen. Het opstellen van het model heeft relatief weinig gedetailleerde informatie, waardoor het geschikt is voor dit studiegebied waarvoor weinig data beschikbaar is. Het model is echter niet in staat om gedetailleerde berekeningen zoals nauwkeurige voorspellingen of de opmaak van overstromingskaarten uit te voeren, omdat daarvoor een fijner modeldetail nodig is. Wel kan het model de nodige scenariosimulaties rond waterbeschikbaarheid uitvoeren.

Dit hoofdstuk beschrijft het waterbalansmodel dat gebruikt werd voor het uitvoeren van de scenario analyses. De eerste sectie beschrijft de algemene structuur van het model. De tweede en derde sectie bevatten een meer gedetailleerde bespreking van de belangrijkste onderdelen van het model. Hierin wordt telkens eerst de modelstructuur geschetst, waarna de kalibratie van het model beschreven wordt. De toepassing van het waterbalansmodel op het studiegebied en de resultaten ervan worden besproken in de laatste sectie van dit hoofdstuk.

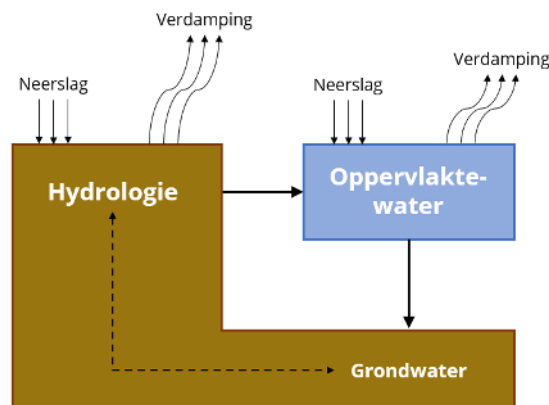
2.1 Modelstructuur

Het waterbalansmodel dat in dit onderzoek gebruikt werd, bestaat uit twee componenten:

- Een **hydrologische component**, waarin de belangrijkste processen met een invloed op neerslagafstroming en freatisch grondwater gemodelleerd worden. Meer concreet wordt er hierbij gekeken naar neerslagafstroming richting de waterlopen, bodemvochtgehalte, infiltratie naar het diepe grondwater en verdamping door gewassen en natuur. De belangrijkste outputs van deze laag zijn het neerslagafstromingsdebiet richting de waterlopen en het freatische grondwaterpeil.
- Een **hydraulische component**, waarin de oppervlaktewaters (beken en grachten) gemodelleerd worden. In deze component wordt rekening gehouden met directe neerslag en verdamping, instromende debieten van opwaarts of vanuit het kanaal, uitstromende debieten naar afwaarts of uit het systeem en het eventuele peilbeheer. Binnen deze component worden waterpeilen en debieten in de waterloop berekend, alsook de infiltratie vanuit het oppervlaktewater richting het freatische grondwater.

De structuur van het gecombineerd hydrologische – hydraulische waterbalansmodel is getoond in Figuur 2. De pijlen tussen beide blokken geven de interacties tussen beide componenten weer. Dankzij deze interacties kunnen volumes water uitgewisseld worden tussen beide componenten.

In een conceptueel waterbalansmodel wordt het studiegebied opgedeeld in een aantal compartimenten. Elk compartiment krijgt in het model een hydrologische en een hydraulische component. Op die manier wordt niet enkel water uitgewisseld tussen beide componenten, maar ook tussen de verschillende compartimenten.

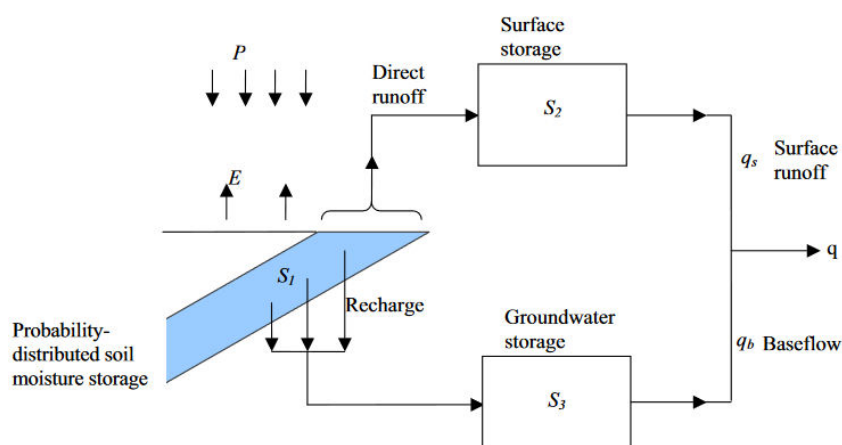


Figuur 2. Schematische weergave modelstructuur conceptueel model.

2.2 Hydrologie en grondwater

De hydrologische component focust zich op de waterbalans in de opwaarts delen van het watersysteem. Het simuleert enerzijds het neerslagafstromingsproces en anderzijds het peil van het freatische grondwater. Beiden worden dus samen beschouwd, wat ook nauw overeenstemt met het werkelijke gedrag van de hydrologie en het ondiep grondwater.

Het belangrijkste onderdeel hiervan is het neerslagafstromingsproces, waarin berekend wordt hoeveel water er richting de waterlopen stroomt, in functie van voorafgaandelijke neerslag en verdamping. Voor het modelleren van het neerslagafstromingsproces wordt er hier gebruik gemaakt van een PDM-model (Probability Distributed Model; Moore, 2007). Dit conceptuele neerslagafvoermodel beschrijft de processen die een invloed hebben op de neerslagafstroming op een gebiedsgemiddelde manier. Het houdt hierbij rekening met een snelle deelstroom (oppervlakkige afstroming) en een trage deelstroom (freatische grondwaterstroming). Daarnaast wordt ook rekening gehouden met verdamping, infiltratie en percolatie naar het grondwater, de bodemvochtbalans en de berging van water aan de oppervlakte, in de onverzadigde zone en in het grondwater. Het is, tot slot, ook mogelijk om een constant debiet toe te voegen. De structuur van het PDM-model is schematisch weergegeven in Figuur 3. Er wordt verwezen naar de hierboven vermelde referentie voor een meer uitgebreide beschrijving van het model.

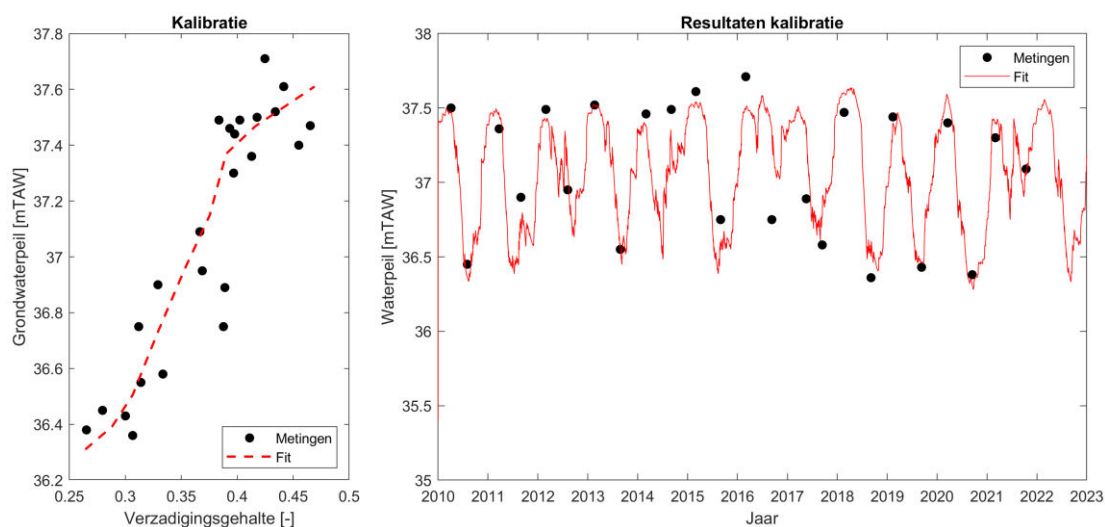


Figuur 3. Modelstructuur van het PDM-neerslagafvoermodel (Moore, 2007)

Het PDM-model is geïntegreerd in de InfoWorks RS en ICM-software en wordt frequent gebruikt in Vlaanderen, o.a. door de Vlaamse Milieu Maatschappij. In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van parametersets die eerder gekalibreerd werden, en gebruikt worden door VMM, voor de nabijgelegen Abeek. Er werd dus geen nieuwe kalibratie van het neerslagafvoer model uitgevoerd. Bij gebrek aan

debietsmetingen is het nl. niet mogelijk om een nieuwe parameterset af te ijken. Er wordt bijgevolg verondersteld dat het afstromingsgedrag rond de Verldhouwerbeek gelijkaardig is aan dat van de Abeek.

Naast het simuleren van het neerslagafstromingsproces voorziet de hydrologische component ook in een (rudimentaire) berekening van het freatisch grondwaterpeil op een aantal locaties. Het freatische grondwaterpeil wordt berekend met behulp van een relatie met het bodemvochtgehalte in de onverzadigde zone van het PDM-model (soil moisture storage in Figuur 3). Deze relatie wordt afgeijkt op basis van een langetermijn simulatie met het PDM-model en meetwaarden van het grondwaterpeil. Een voorbeeld van deze relatie en de resultaten is getoond in Figuur 4. De grafieken in deze figuur geven duidelijk aan dat het om een zeer eenvoudige en rudimentaire berekening gaat. Ondanks deze eenvoud is het model toch in staat om de variatie tussen hoge en lage grondwaterstanden vrij nauwkeurig te modelleren. Aangezien deze rudimentaire berekening gebaseerd is op grondwaterpeilmetingen, kan het model enkel op deze locaties grondwaterpeilen berekenen. Extrapolaties naar andere locaties zijn bijgevolg niet mogelijk.



Figuur 4. Voorbeeld van kalibratie relatie verzadigingsgehalte - grondwaterpeil. Hier voor DOV meetnetput 923/22/5.

2.3 Oppervlaktewater

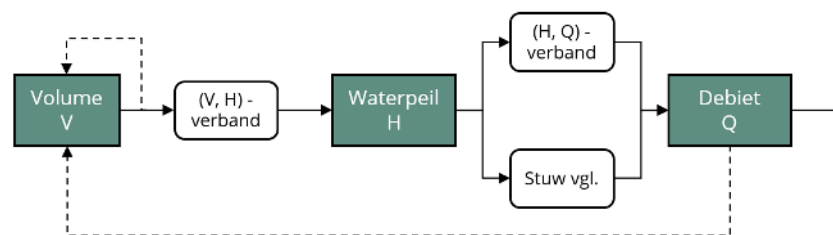
Modelstructuur

Voor de hydraulische component wordt gebruik gemaakt van een conceptuele modelstructuur die ontwikkeld werd aan de KU Leuven (o.a. Wolfs et al. (2015), Meert et al. (2018)). Hiervoor wordt het afstromingsgebied van de Veldhouwerbeek opgedeeld in een aantal compartimenten. Elk compartiment wordt voorgesteld door een bergingsreservoir, waarvan het volume overeenkomt met het water in alle waterlopen binnen dit compartiment. Alle andere variabelen met betrekking tot de kwantiteit van het oppervlaktewater worden rechtstreeks of onrechtstreeks aan dit volume gekoppeld.

Het schema in Figuur 5 toont een overzicht van de verschillende onderdelen binnen één compartiment. Het bergingselement met volume V is hierin het centrale element. Dit volume wordt berekend op basis van een massabalansvergelijking waarin rekening gehouden wordt met alle in- en uitstromende volumes. In een volgende stap wordt dit volume gebruikt om een waterpeil H op een bepaalde locatie te berekenen. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van een gekalibreerd verband tussen volume en waterpeil. Na het berekenen van de waterpeilen volgen de debieten tussen de verschillende compartimenten. Hiervoor worden er in dit onderzoek twee opties beschouwd:

- Wanneer er sprake is van een stuw of een andere hydraulische structuur op de grens van twee compartimenten wordt voor de berekening van het debiet gebruik gemaakt van gepaste wiskundige vergelijkingen. Deze vergelijkingen vertrekken van het op- en afwaartse waterpeil en het stuwpeil om het debiet te berekenen.
- Wanneer er geen structuur aanwezig is, wordt gebruik gemaakt van een berekend verband tussen waterpeil en debiet. Dit verband wordt berekend in functie van de bodemruwheid en in de veronderstelling dat er sprake is van een eenparige beweging in de waterloop (zie verder).

Tot slot wordt ook nog rekening gehouden met een infiltratiedebiet. Dit is het water dat vanuit de oppervlaktewaters richting het freatische grondwater stroomt. Wanneer alle debieten berekend zijn, worden deze in de volgende tijdstap opnieuw teruggekoppeld naar de volumebalans en worden alle berekeningen opnieuw doorlopen voor de volgende tijdstap.



Figuur 5. Structuur van de berekeningen in de hydraulische component. Volle pijlen duiden op de huidige tijdstap, pijlen met stippellijnen verwijzen naar de vorige tijdstap.

Volume en waterpeil

Het volume oppervlaktewater in een compartiment wordt berekend aan de hand van een massabalans. In deze balans wordt rekening gehouden met een aantal instromende debieten en volumes (neerslag, neerslagafstroming, instromen vanuit andere compartimenten of vanuit de Zuid-Willemsvaart) en een aantal uitstromende debieten en volumes (verdamping, uitstromen naar andere compartimenten of uit het systeem en infiltratie naar het freatisch grondwater).

Binnen elk compartiment kunnen één of meerdere waterpeilen berekend worden, aan de hand van (V, H)-verbanden. Deze worden opgesteld op basis van informatie over de dwarssecties van de waterlopen in een compartiment. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen twee types waterlopen:

- De geklasseerde waterloop **Veldhouwerbeek**. Voor deze waterloop zijn in de digitale atlas van waterlopen om de ca. 100 meter opmetingen van de dwarssecties terug te vinden. Deze opmetingen bestaan uit: kruinbreedte, bodembreedte en diepte. Om rekening te houden met onnauwkeurigheden tijdens het opmeten en om de berekening te vereenvoudigen werd per compartiment een gemiddelde waarde berekend voor zowel kruinbreedte, bodembreedte als diepte. Op basis van deze gemiddelde waarden en in combinatie met de lengte kan dan een (V, H)-verband berekend worden voor elk compartiment.
- De **grachten** binnen een compartiment. Voor deze grachten waren geen opmetingen beschikbaar, en dus werden waarden voor beide breedtes en de diepte verondersteld. Hiermee kon opnieuw een (V, H)-verband afgeleid worden, wat vervolgens gecombineerd werd met het verband voor de Veldhouwerbeek om tot één verband voor het volledige compartiment te komen. De locaties van de grachten in het compartiment werden afgeleid op basis van een GIS-analyse.

Debieten oppervlaktewater

Voor het berekenen van de debieten tussen twee naast elkaar gelegen compartimenten wordt voor de eenvoud verondersteld dat dit enkel via de Veldhouwerbeek gebeurt. In realiteit zal er langs de grachten waarschijnlijk ook nog water van het ene naar het andere compartiment stromen, maar dit

wordt voor de eenvoud van de berekeningen voorlopig dus genegeerd. Het debiet in de Veldhouwerbeek kan in het model op twee manieren berekend worden, welke hieronder verder verduidelijkt worden.

- Wanneer er geen sprake is van een stuw ter hoogte van de compartimentsgrens wordt gebruik gemaakt van een (H, Q)-verband. Het uitgaande debiet wordt dus berekend in functie van het waterpeil ter hoogte van de compartimentsgrens. Hierbij wordt verondersteld dat er sprake is van een eenparige beweging (Berlamont, 2006). Dit houdt in dat verondersteld wordt dat de waterdiepte constant is over de volledige lengte van de waterloop. Merk op dat dit niet betekent dat het waterpeil constant is. Het bodemverhang zorgt nl. voor een daling van het waterpeil van opwaarts naar afwaarts.

In geval van een eenparige beweging kan het debiet uitgedrukt worden in functie van het waterpeil, de afmetingen van de dwarssectie en een beperkt aantal parameters. Dit kan door het omvormen van de zogenaamde vergelijking van Bresse (Berlamont, 2006):

$$Q = \sqrt{\frac{S_0 \cdot A^{10/3}}{n^2 \cdot P^{4/3}}}$$

Met:

- o Q het debiet [m^3/s]
- o S_0 het bodemverhang [m/m]. Dit werd benaderend afgeleid op basis van het digitaal hoogte model.
- o A de natte oppervlakte van de dwarssectie [m^2], welke functie is van de waterdiepte.
- o n de Manning coëfficiënt. Deze coëfficiënt beschrijft de bodemruwheid. De waarde ervan kan teruggevonden worden in hydraulische naslagwerken en/of is onderdeel van de kalibratie van het model.
- o P de natte omtrek van de dwarssectie [m], welke eveneensfunctie is van de waterdiepte.

Door bovenstaande vergelijking uit te rekenen voor een voldoende kleine stap voor de diepte kan een (H, Q) – verband afgeleid worden.

- Wanneer er ter hoogte van de compartimentsgrenzen sprake is van stuwen, dan kan het debiet over de stuw berekend worden met behulp van stuwvergelijkingen. Deze hydraulische vergelijkingen beschrijven het debiet in functie van het waterpeil op- en afwaarts van de stuw en enkele parameters zoals kruinpeil, breedte en een debietscoëfficiënt. Er wordt hier gebruik gemaakt van dezelfde vergelijkingen die geïmplementeerd zijn in de InfoWorks-ICM software die gebruikt wordt door o.a. de Vlaamse Milieumaatschappij. Aangezien de stuwen nog niet geplaatst zijn, werden aannames gemaakt voor de breedte en het kruinpeil.

Infiltratiedebiet

Het laatste onderdeel van de hydraulische component is het infiltratiedebiet. Dit onderdeel stelt de infiltratie vanuit het oppervlaktewater naar het freatische grondwater voor. Voor het berekenen van deze infiltratie werd de volgende eenvoudige aanpak gebruikt:

$$Q_{ow_gw} = C_{inf}(S_m) \cdot A$$

Met:

- o Q_{ow_gw} het infiltratiedebiet [m^3/s]
- o C_{inf} de infiltratiecapaciteit, welke hier functie is gemaakt van het bodemvochtgehalte in het PDM-model. Deze relatie is als volgt opgesteld:
 - Lineair afnemende relatie tussen bodemvochtgehalte en infiltratiecapaciteit
 - Maximale infiltratiecapaciteit bij een vochtgehalte van 0%
 - Infiltratiecapaciteit gelijk aan 0 indien het bodemvochtgehalte een bepaalde drempel overschrijdt.
- o A de natte oppervlakte van de dwarssectie [m^2], welke functie is van de waterdiepte.

In de massabalans van het oppervlaktewater wordt de infiltratie beschouwd als een volume dat uit het systeem verdwijnt. In de hydrologische component wordt het als een instromend volume beschouwd. Het wordt toegevoegd aan de 'soil moisture storage' in het PDM-model en heeft op die manier een impact op de verdeling van water over snelle en trage deelstroom en ook op het waterpeil van het freatische grondwater. Op die manier is de waterbalans volledig gesloten. Om dit mogelijk te maken, werden enkele aanpassingen aan de code van het PDM-model doorgevoerd.

2.4 Resultaten

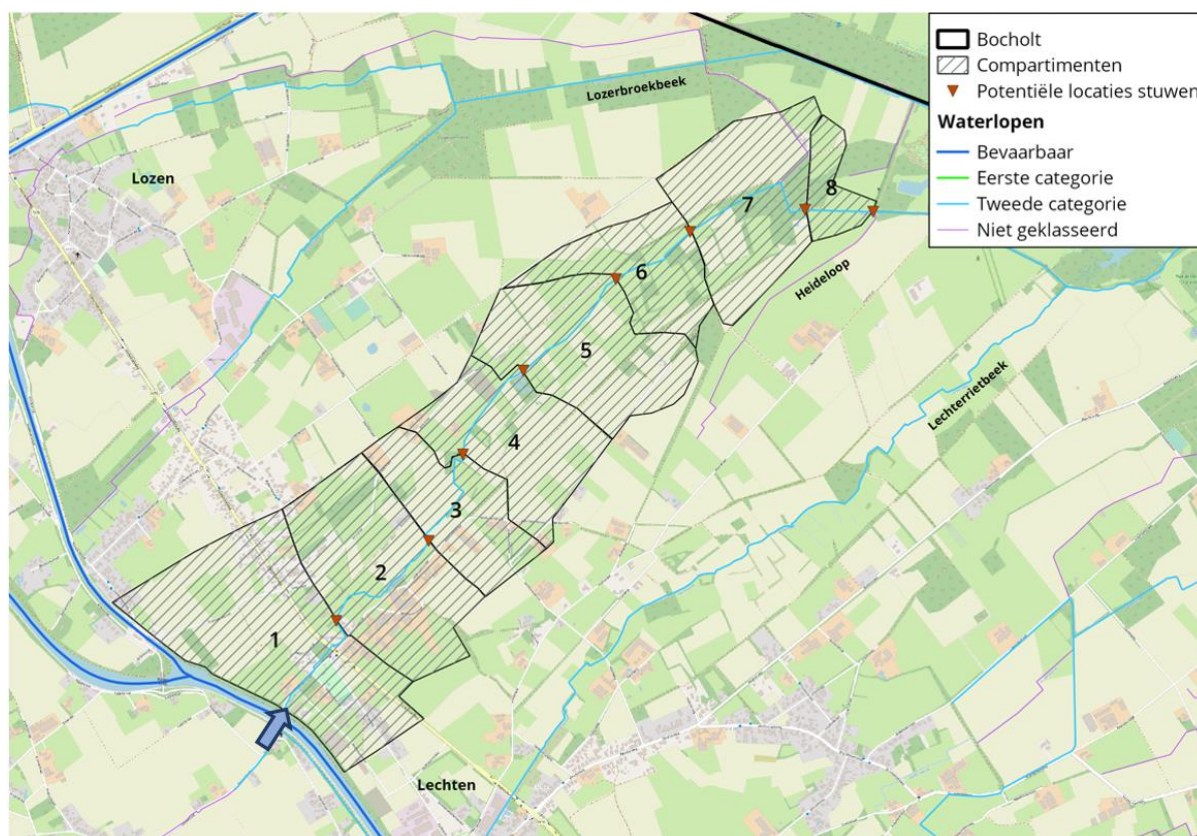
In deze sectie worden de resultaten van het model voor de huidige toestand beschreven. Dit komt met andere woorden overeen met de kalibratiefase. De sectie begint met een schets van de opbouw van het model, waarna enkele resultaten besproken worden. Omwille van de zeer beperkte hoeveelheid data en metingen is het niet mogelijk om een uitgebreide kalibratie en validatie uit te voeren.

2.4.1 Opbouw model

Het opdelen van het afstroomgebied van de Veldhouwerbeek in compartimenten gebeurde in twee stappen:

- 1) **Identificatie van mogelijke stuwlocaties.** Moest de Veldhouwerbeek ooit opgestuwd worden om een hoger peil te realiseren, dan zullen deze stuwen als grenzen van compartimenten fungeren. Het volume en het peil binnen het compartiment zullen dan nl. afhankelijk zijn van het peilbeheer van deze stuwen. Het lijkt aangeraden om de stuwlocaties gemakkelijk bereikbaar te houden, zodat een aanpassing van het peilbeheer makkelijk uit te voeren is. Locaties waar de beek onder een weg of brug doorgaat, lijken bijgevolg aangewezen locaties voor de grenzen van de compartimenten. Daarnaast zal getracht worden om de afstand tussen mogelijke stuwlocaties min of meer gelijk te houden. Dit zal het effect van de stuwen vermoedelijk zo groot mogelijk maken.
- 2) **Inschatting afstroomgebied.** Wanneer de mogelijke stuwlocaties geïdentificeerd zijn, is de volgende stap om het afstroomgebied in te schatten. Dit is het gebied waarin de neerslag afgevoerd wordt naar de Veldhouwerbeek. Deze inschatting gebeurde op basis van het digitaal hoogte model van Vlaanderen (resolutie 1 m). De analyse werd uitgevoerd per compartiment.

Het resultaat van de hierboven beschreven stappen is getoond in Figuur 6. Hierin stellen de gearceerde gebieden de 8 compartimenten voor, welke genummerd zijn van opwaarts naar afwaarts. Het meest afwaartse compartiment is aanzienlijk kleiner dan de andere zeven. Dit is het gevolg van de specifieke locatie: de grens tussen compartimenten 7 en 8 bevindt zich langs een weg en is dus geschikt als stuwlocatie. De stuwlocatie voor compartiment 8 werd opwaarts van de samenvloeiing met de Heidesloot (niet geklasseerde waterloop) gelegd. De mogelijke locaties voor de stuwen zijn eveneens aangeduid in Figuur 6, met rode driehoeken.



Figuur 6. Opdeling van de Veldhouwerbeek in compartimenten.

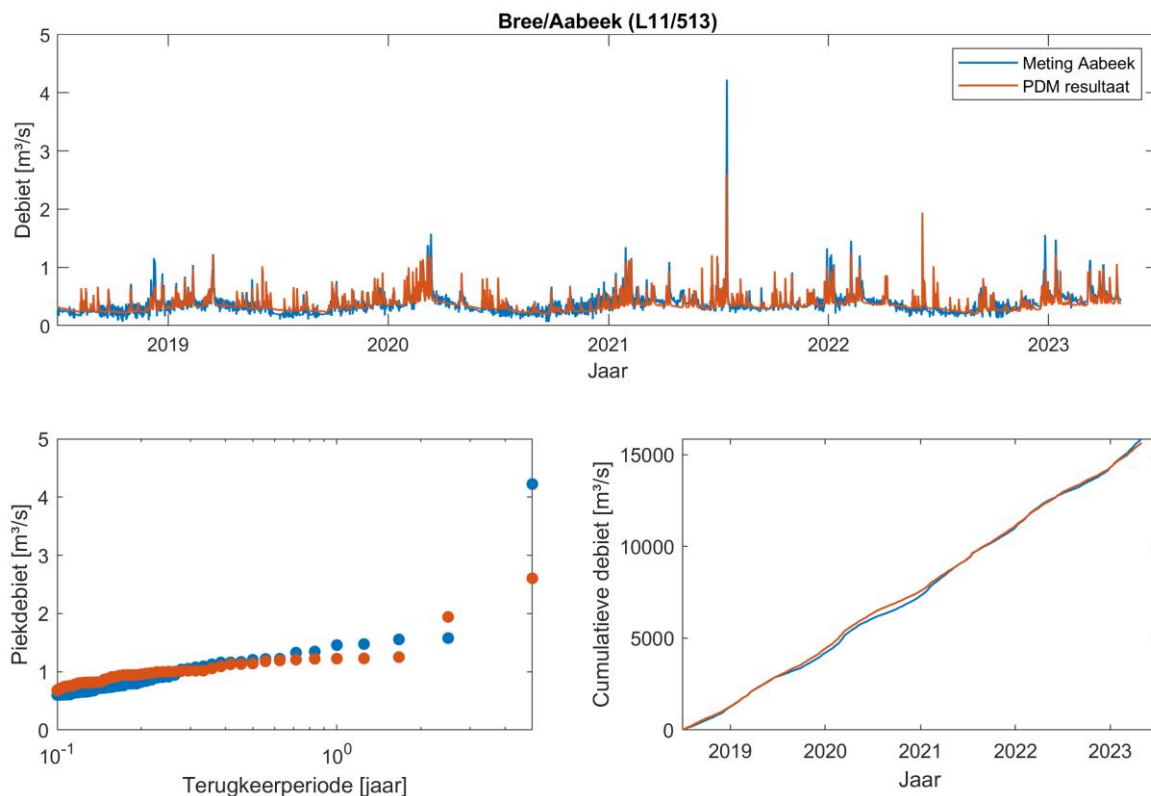
De Veldhouwerbeek ontvangt via een koker onder de Zuid-Willemsvaart, ter hoogte van de Kapelstraat, ook neerslagafstromingsdebieten vanuit het gebied ten zuidwesten van het kanaal. De locatie van deze koker is met een blauwe pijl aangeduid in Figuur 6. Het gebied ten zuidwesten van het kanaal werd niet als compartiment opgenomen in het model omdat verondersteld werd dat extra inlaten vanuit de Zuid-Willemsvaart geen of nauwelijks impact zullen hebben op dat gedeelte van de Veldhouwerbeek. Om de debieten vanuit het opwaartse gebied te berekenen werd gebruik gemaakt van het PDM-model voor de Aabeek en de bijhorende parameterset. Dit debiet werd vervolgens herschaald in functie van de oppervlakte van het afstroomgebied. Het dient opgemerkt te worden dat het onzeker is of dit een voldoende nauwkeurige inschatting van het debiet in de Veldhouwerbeek oplevert. Er is nl. ook nog de Bermslootbeek, dewelke parallel aan het kanaal stroomt en vermoedelijk nog water afvoert richting de Lechterrietbeek. Het is echter moeilijk om exact in te schatten hoe de verdeling tussen beide waterlopen verloopt.

2.4.2 Resultaten model

Deze sectie beschrijft de resultaten van het massabalansmodel. Hierbij komen drie topics aan bod: de hydrologische component, de kalibratie en resultaten van de hydraulische component en tot slot een bespreking van de massabalans van het volledige systeem.

De randvoorwaarden van het massabalansmodel bestaan uit lokale tijdreeksen van neerslag en evapotranspiratie. De tijdreeks van neerslaghoeveelheden werd samengesteld op basis van de tijdreeksen van meetpunten in Overpelt (P11_002) en Neeroeteren (P11_043) die te vinden zijn op Waterinfo.be. De tijdreeks van Overpelt werd als startpunt genomen, waarna de ontbrekende waarden ingevuld werden met data uit Neeroeteren. Voor de tijdreeks van evapotranspiratie werd op dezelfde manier gewerkt met de data uit de stations van Overpelt (ME11_002), Herentals (ME10_011) en Niel-bij-Sint-Truiden (ME09_012). Finaal werd randvoorwaarden voor de periode van 01/01/2010 t.e.m. 01/50/2023 bekomen.

De nauwkeurigheid van het PDM-model wordt getoond in Figuur 7. Hierin is zowel een vergelijking van beide tijdreeksen (boven), van de extreme-waardenverdeling van piekdebieten (links onder) en van het cumulatieve debiet (rechts onder) terug te vinden. De grafieken in Figuur 7 tonen aan dat het model er goed in slaagt om de aangevoerde volumes, ter hoogte van het meetpunt, in te schatten. Ook de variatie in de tijd wordt goed benaderd. Bij het vergelijken van de piekdebieten kan opgemerkt worden dat het model iets grotere afwijkingen vertoont voor de meeste extreme piekdebieten. Dit hoeft echter niet problematisch te zijn voor dit onderzoek, omdat dit vooral gericht is op waterbalansanalyses en dus niet op overstromingsanalyses.



Figuur 7. Vergelijking debietsmetingen Aabeek (meetpunt Bree, L11_513) met resultaat PDM-model.

Zoals hierboven al meerdere malen aangegeven zijn er in het studiegebied amper metingen terug te vinden. Op de Veldhouwerbeek zelf zijn er geen waterpeilmetingen. Bij het kalibreren van de parameters die betrekking hebben op de laag oppervlaktewater moest bijgevolg creatief te werk gegaan worden. Hieronder volgt een overzicht van enkele methodes die gebruikt werden om sommige parameters in te schatten.

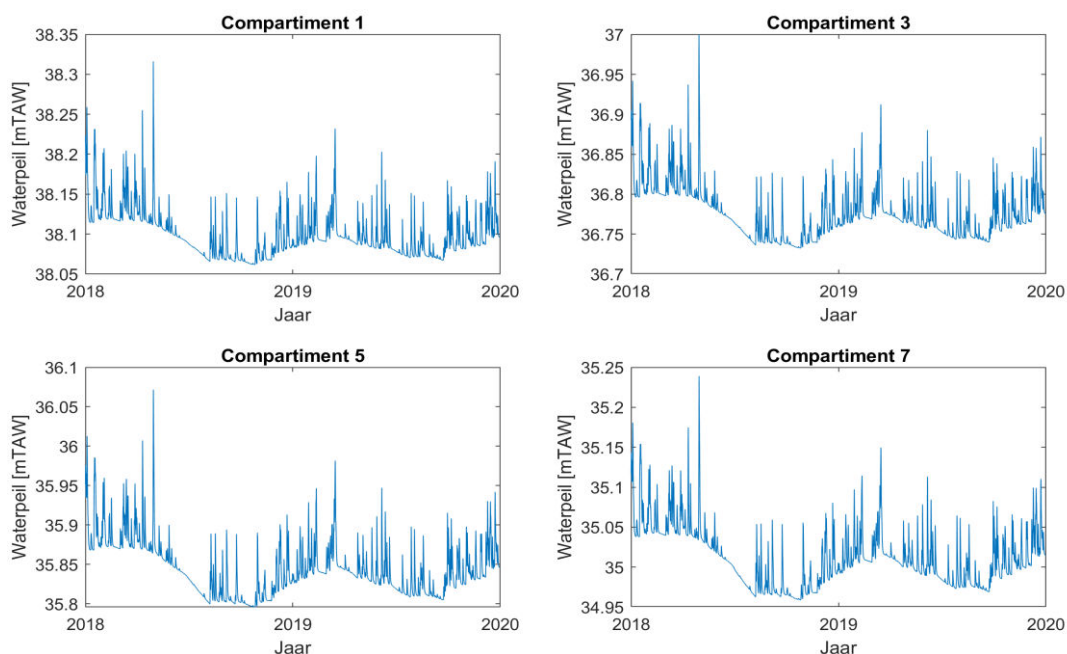
- Bij het opstellen van de (V, H)-verbanden werd vertrokken van de dwarssecties van de waterlopen. Dit levert echter enkel een verband op tussen het volume en de waterdiepte. Een verticale verschuiving om het absolute waterpeil te bekomen is dus noodzakelijk. Dit gebeurde aan de hand van het digitaal hoogte model van Vlaanderen met resolutie 1 m. uit dit digitaal hoogtemodel kan nl. het waterpeil in de Veldhouwerbeek op moment van opname afgeleid worden. Door het vergelijken van het gesimuleerde peil op die dag met de meting werd het bodempeil van de Veldhouwerbeek ingeschat.
- De Manning-coëfficiënt heeft een aanzienlijke impact op het (H, Q)-verband dat gebruikt wordt om het debiet tussen twee compartimenten te berekenen. Dit heeft op zijn beurt een impact op het verschil in waterpeil tussen periodes met hoge en lage debieten. Een initiële waarde voor de Manning-coëfficiënt werd afgeleid op basis van literatuur en de kennis over de toestand van de waterloop. De waarde werd in tweede instantie nog wat bijgeschaafd, zodat de verschillen tussen hoog- en laagwater in overeenstemming zijn met wat geobserveerd kon worden in nabijgelegen meetpunten op de Aabeek. Dit is uiteraard geen

nauwkeurige kalibratie, maar aangezien beide waterlopen in dezelfde richting en door een gelijkaardig gebied stromen kan verondersteld worden dat ze zich min of meer hetzelfde gedragen.

- Tijdens een overleg met Watering Het Grootbroek werd besproken dat de nabijgelegen Kreilerrietbeek gevoed wordt door een tapping vanuit het kanaal. Hierbij werd opgemerkt dat het ingelaten water in droge periodes het afwaartse gedeelte van de waterloop niet bereikt. Dit betekent dat het water vanuit de Zuid-Willemsvaart grotendeels infiltreert ter hoogte van de stuwen die terug te vinden zijn in de beek. Deze vaststelling werd gebruikt om een inschatting te maken van de infiltratiecapaciteit die gebruikt wordt bij het berekenen van het infiltratiedebiet. Hiervoor werd een simulatie opgezet waarbij 1) het debiet door de koker gelijk aan 0 gesteld werd, 2) een constant debiet ingelaten werd vanuit het kanaal, en 3) stuwen geplaatst werden in de Veldhouwerbeek. Op die manier werd een gelijkaardige situatie als in de Kreilerrietbeek gesimuleerd. De infiltratiecapaciteit werd begroot via iteratie totdat een simulatie bekomen werd waarbij het waterpeil in de meest afwaartse reservoirs niet meer boven het stuwpeil uitkomt, terwijl dit in de meest opwaartse wel het geval is.

Bovenstaande manieren van kalibreren wijken duidelijk af van de standaardpraktijken op vlak van kalibratie. Toch laat het toe om (op een eerder kwalitatieve manier) een model op te stellen dat beantwoorden aan de noden van dit onderzoek. Zoals eerder aangegeven heeft dit model vooral tot doel om waterbalansen in te schatten en zijn voorspellingen van waterpeilen met een nauwkeurigheid van 1 cm niet noodzakelijk.

Figuur 8 toont enkele resultaten van het massabalansmodel van de Veldhouwerbeek in de huidige toestand, nl. waterpeilen in vier van de acht compartimenten. De locaties van de getoonde waterpeilen is telkens aan de afwaartse rand van het compartiment, of met andere woorden net opwaarts van de mogelijke stuwlocaties in Figuur 6. Zoals eerder aangegeven is een nauwkeurige vergelijking van de modelresultaten met metingen niet mogelijk, toch kan vastgesteld worden dat het model realistische resultaten oplevert. Zo is er een duidelijk verschil te zien tussen de nattere wintermaanden (hogere baseflow, grotere en meer frequente pieken), en de drogere zomermaanden (periodes met lage peilen, duidelijk minder pieken, ...). Daarnaast is ook te zien dat de verschillen tussen de hoogste en de laagste peilen in de grootteorde van 30 cm liggen. Dit ligt in de lijn van wat gemeten wordt ter hoogte van de meetpunten van VMM op de nabijgelegen Aabeek.



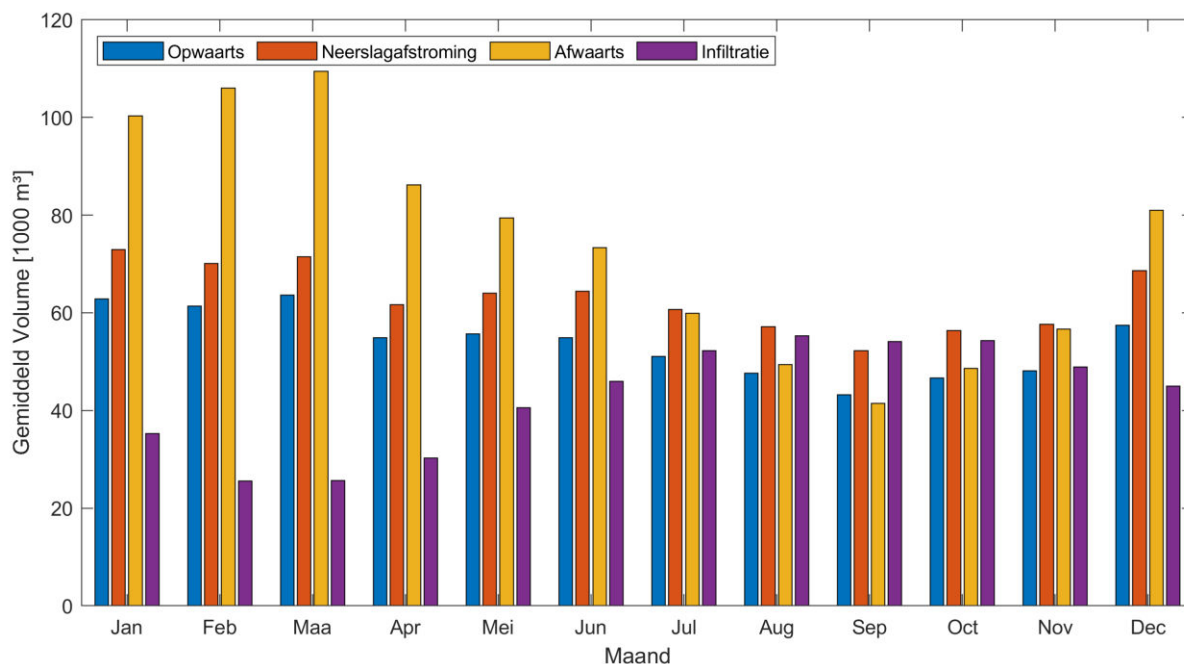
Figuur 8. Resultaten van het massabalansmodel van de Veldhouwerbeek: waterpeilen in vier van de acht compartimenten, voor de huidige toestand.

Figuur 9 toont de resultaten van de analyse van de massabalans voor de huidige toestand. Bij het opmaken van deze figuur werden de volgende stappen gevolgd:

- 1) Extractie van een periode van 10 jaar uit de gesimuleerde tijdreeksen (2011-2022). Er werd voor de jaren 2013 t.e.m. 2022 gekozen. Op die manier kan de invloed van de initiële condities op de hydrologische component verwaarloosd worden.
- 2) Opdelen van de debieten in vier categorieën. Dit zijn:
 - Het opwaartse debiet (door de koker) onder de Zuid-Willemsvaart
 - De totale neerslagafstroming die toestroomt in de acht compartimenten
 - Het afwaartse debiet (d.i. het uitstromende debiet volledig afwaarts)
 - Het infiltratiedebiet. Hier werd ook de som over alle acht compartimenten genomen.
- 3) Voor elke jaargang in de tien beschouwde jaren en voor elke categorie wordt het debiet per maand gesommeerd, en vermenigvuldigd met de tijdstap. Op die manier wordt het totale volume per maand en per jaar verkregen.
- 4) Tot slot wordt per maand het gemiddelde over de tien jaar berekend. Deze cijfers zijn getoond in Figuur 9 en geven dus een gemiddeld beeld van de massabalans tijdens het jaar.

Uit de cijfers voor de huidige toestand, en rekening houdende met de veronderstellingen bij de opbouw van het model, kunnen een aantal zaken afgeleid worden. Zo is te zien dat de oorsprong van het water in de Veldhouwerbeek ongeveer gelijk verdeeld is tussen het opwaartse debiet en de neerslagafstroming. Dit volume vertoont bovendien slechts een beperkte variatie doorheen het jaar: ook in de zomermaanden is er nog een aanzienlijk volume neerslagafstroming. Dit heeft vermoedelijk te maken met het feit dat de PDM-parameters zorgen voor een relatief groot constant debiet in de waterloop (zie ook Figuur 7).

Het instromende debiet wordt verdeeld over het uitstromende debiet en de infiltratie naar het freatische grondwater. Tijdens de wintermaanden is de infiltratie aanzienlijk kleiner dan in de zomermaanden, waardoor het grootste gedeelte van het water afstroomt naar afwaarts. In de zomermaanden kan de infiltratie toenemen met een factor 2 à 3 t.o.v. de wintermaanden. Het afgevoerde volume is bijgevolg ook aanzienlijk kleiner.



Figuur 9. Overzicht van de massabalans in een gemiddeld jaar uit de periode 2013 – 2022 voor de huidige toestand.

3 Scenario analyses

3.1 Scenario's

Gebruikmakende van het model dat in het vorige hoofdstuk beschreven werd, zullen in het tweede deel van het onderzoek een aantal scenario's doorgerekend worden. Deze scenario's zijn zodanig ontworpen dat ze een antwoord kunnen bieden op een aantal van de onderzoeksvragen. Deze vragen zijn:

- Wat is de meerwaarde van het opstuwen van de waterloop met het oog op het instellen van een hoger waterpeil en het bevorderen van de infiltratie?
- Wat is de impact van het inlaten van water vanuit de Zuid-Willemsvaart op de Veldhouwerbeek?
- Tot waar rijkt de invloed van het ingelaten debiet?

In totaal werden acht scenario's gedefinieerd, welke samengevat zijn in Tabel 1. De scenario's onderscheiden zich van elkaar door de af- of aanwezigheid van stuwen in de Veldhouwerbeek en door de omvang van het ingelaten debiet. Om het aantal scenario's te beperken werd verondersteld dat er ofwel geen stuwen aanwezig zijn, ofwel dat alle stuwen aangeduid in Figuur 6 ook effectief opgetrokken zijn. In dit laatste geval wordt per compartiment een opstuwing van 30 à 40 cm gerealiseerd. Tevens werd verondersteld dat de stuwen het volledige jaar op hetzelfde peil blijven staan. Er wordt met andere woorden geen onderscheid gemaakt tussen periodes met hoge en lage debieten. Dit zorgt ervoor dat er in de simulaties maximaal wordt ingezet op infiltratie.

Op vlak van ingelaten debiet vanuit de Zuid-Willemsvaart worden vier mogelijkheden beschouwd. In het eerste geval wordt er geen water ingelaten. De drie daaropvolgende scenario's veronderstellen een steeds toenemend inlaatdebiet, met stappen van 0.01 m³/s. Ook hier wordt verondersteld dat het inlaatdebiet jaarrond hetzelfde is, om zo de maximale impact te kunnen evalueren. Merk op dat hierbij verondersteld wordt dat er steeds voldoende water beschikbaar is in de Zuid-Willemsvaart. Dit is niet noodzakelijk het geval. Voor een eerste impactanalyse lijkt het voorlopig nog niet nodig om de massabalans van de Zuid-Willemsvaart mee te evalueren. Indien men zou overgaan tot realisatie van extra inlaten, dan dient dit uiteraard wel onderzocht te worden.

Het scenario waarbij er geen water wordt ingelaten vanuit het kanaal en waarbij de waterloop niet opgestuwd wordt, stemt overeen met de huidige toestand. Dit is in onderstaande tabel aangeduid als scenario 0.

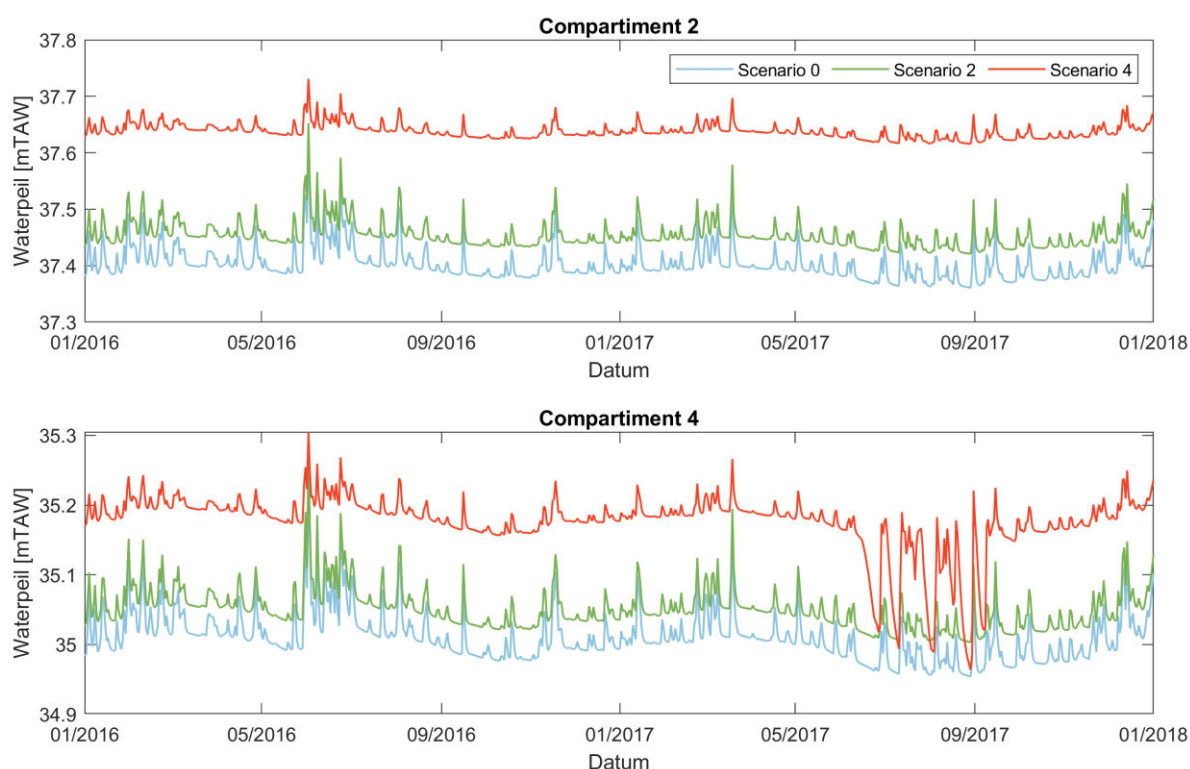
Tabel 1. Overzicht doorgerekende scenario's in model Veldhouwerbeek

Scenario	Stuwen ?	Inlaat debiet [m ³ /s]
0	Neen	0
1	Neen	0.01
2	Neen	0.02
3	Neen	0.03
4	Ja	0
5	Ja	0.01
6	Ja	0.02
7	Ja	0.03

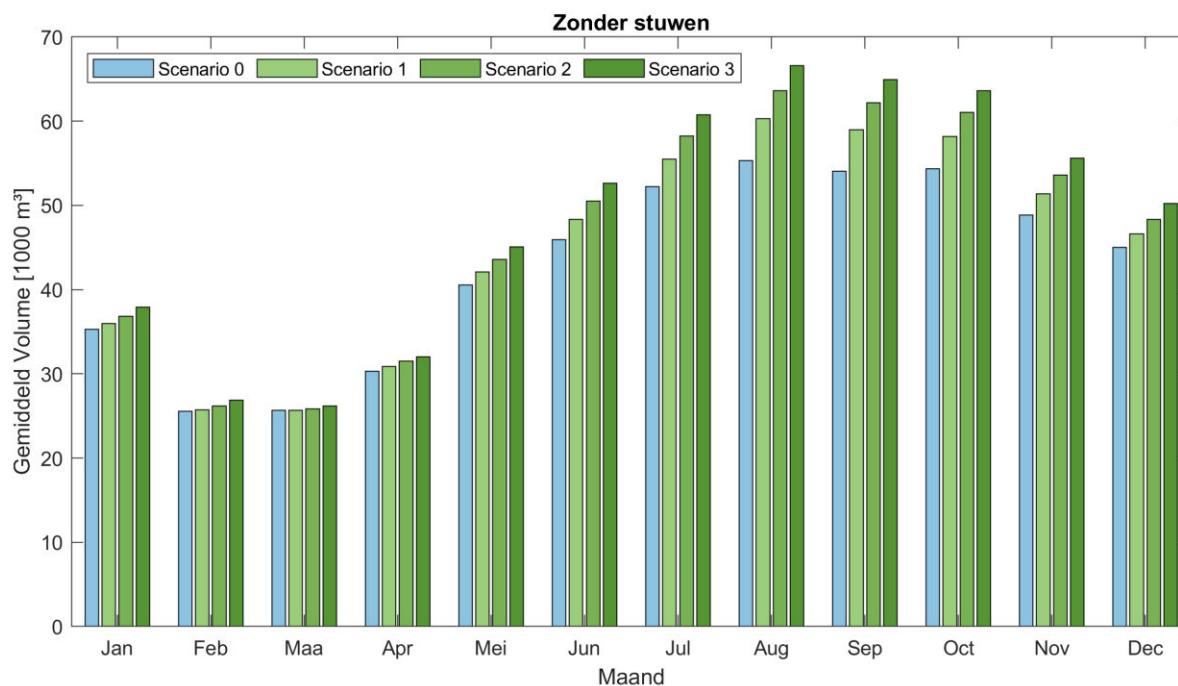
3.2 Resultaten

Deze sectie beschrijft de resultaten van de simulaties die uitgevoerd werden voor de beschouwde scenario's. Dit wordt op twee manieren gedaan. Eerst wordt de impact van de maatregelen geschetst aan de hand van tijdreeksen van waterpeilen. Daarna worden massabalansen opgesteld en vergeleken voor de verschillende scenario's.

Figuur 10 toont de tijdreeksen van gesimuleerde waterpeilen op twee locaties langs de Veldhouwerbeek: meer opwaarts in de beek (compartiment 2) en meer afwaarts (compartiment 7). Voor beide locaties worden drie tijdreeksen getoond. Dit zijn: de huidige toestand (scenario 0), een scenario zonder opstuwing en met een inlaatdebiet van $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ (scenario 2) en een scenario met opstuwing maar zonder extra debiet (scenario 4). Door de simulatieresultaten van deze scenario's te vergelijken kan een eerste beeld van de impact verkregen worden. Het inlaten van extra debiet vanuit de Zuid-Willemsvaart leidt tot een quasi constante verhoging van het waterpeil, over de volledige lengte van de tijdreeks. Dit geldt zowel voor het opwaarts als afwaartse gedeelte van de waterloop. Het opstuwten van de waterloop zorgt voor een veel grotere toename van het waterpeil. In dit geval ligt die rond de 30 à 40 cm voor alle compartimenten. Daarnaast is ook te zien dat de pieken tijdens hoogwaterperiodes relatief gezien minder groot zijn dan in de huidige toestand. Tot slot kan ook nog opgemerkt dat het niet altijd en overall mogelijk is om het waterpeil op te stuwten. Bijvoorbeeld in de zomer van 2017: tijdens zeer droge periodes zakt het waterpeil onder het stuwpeil en daalt het waterpeil tot het niveau in de huidige toestand. Dit komt frequenter en meer uitgesproken voor in de meer afwaartse zones van de Veldhouwerbeek.



Figuur 10. Impact van maatregelen op gesimuleerde waterpeilen in de Veldhouwerbeek.

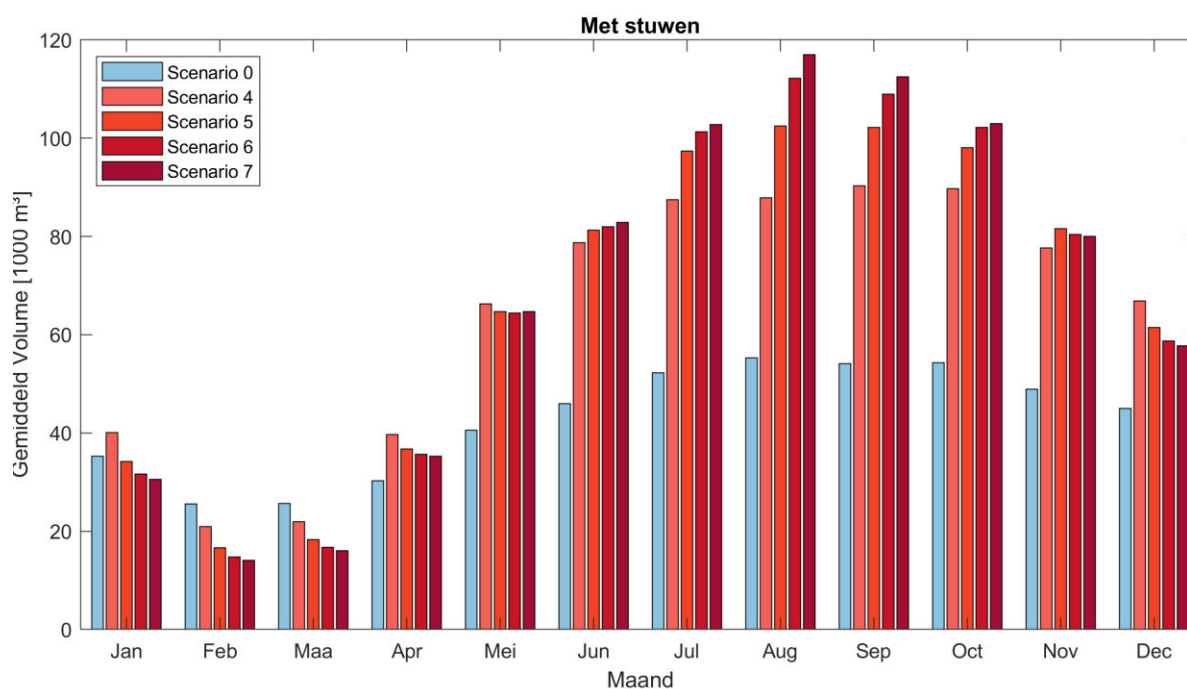


Figuur 11: Gemiddelde maandelijkse infiltratie bij scenario's zonder opstuwing.

Figuur 11 vergelijkt de gemiddelde maandelijkse infiltratie bij scenario's 0 tot en met 3. Dit zijn de scenario's zonder opstuwing van de waterloop. Ze verschillen onderling naargelang het inlaatdebiet vanuit het kanaal. Uit de massabalansberekeningen kan afgeleid worden dat een extra debiet aan opwaartse zijde slechts een beperkte impact heeft op de totale infiltratie langsheen de waterloop. Dit is te verklaren doordat een extra inlaatdebiet tot een relatief kleine stijging van het waterpeil leidt. Het contactoppervlak om water te laten infiltreren vanuit de waterloop naar het grondwater neemt dus ook slechts in beperkte mate toe. Bovendien wordt in deze scenario's ook verondersteld dat het water niet echt vastgehouden wordt. Een deel van het ingelaten water zal dus ook gewoon naar afwaarts wegstromen. De toename van het infiltrerende volume is het grootst tijdens de zomermaanden. In de nattere wintermaanden is er amper sprake van een toename. Dit is te wijten aan de afhankelijkheid van de infiltratie met het bodemvochtgehalte.

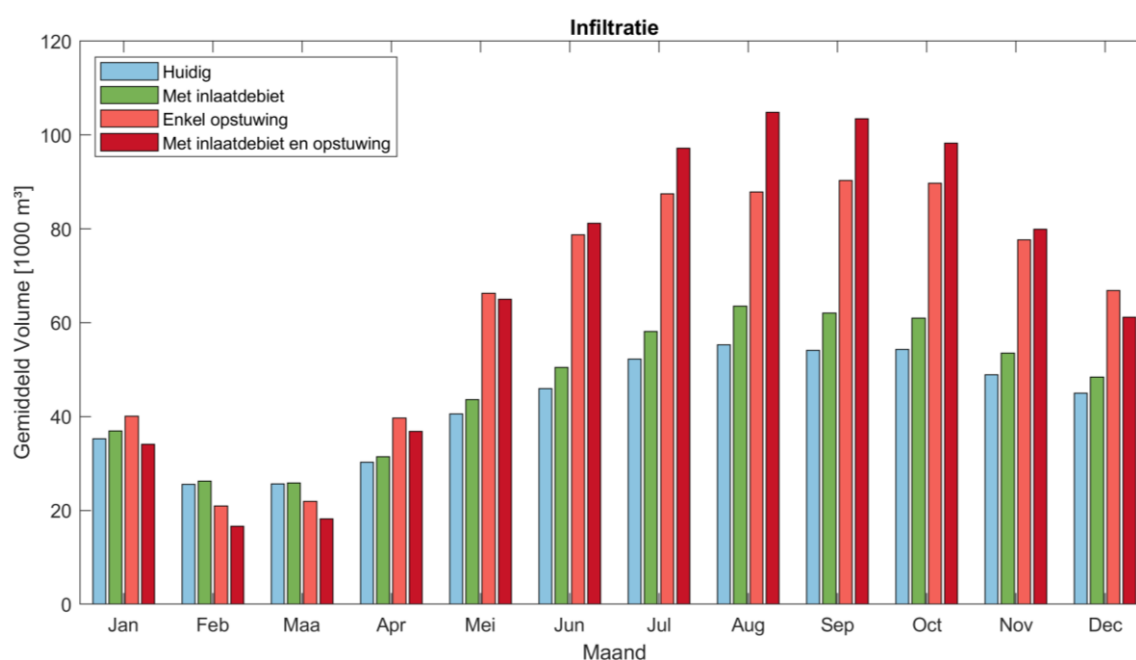
Een gelijkaardige analyse voor scenario's 4 tot en met 7 is getoond in Figuur 12. Dit zijn de scenario's waarbij de waterloop opgestuwd wordt. Onderling verschillen de scenario's nog naargelang de omvang van het debiet dat ingelaten wordt vanuit het kanaal. Uit de massabalansberekeningen kan afgeleid worden dat het infiltrerende volume sterk toeneemt bij deze scenario's. Deze toename is opnieuw het sterkst in de droge zomermaanden. Het toegenomen infiltrerende volume is te danken aan het feit dat een hoger waterpeil gerealiseerd wordt dankzij de opstuwing, en doordat het water langer vastgehouden wordt. Het heeft met andere woorden de tijd om te infiltreren.

Opvallend is dat het plaatsen van stuwen leidt tot een afname van het infiltrerende volume in de wintermaanden. Dit zou kunnen suggereren dat het optrekken van de stuwen in de wintermaanden niet interessant is. De figuur geeft echter een vertekend beeld. Doordat jaarrond meer water kan infiltreren zal het bodemvochtgehalte en dus ook het freatische grondwaterpeil jaarrond toenemen. Deze hogere grondwaterstanden zullen tot meer drainage naar de waterlopen leiden en dus tot minder infiltratie. Op jaarbasis gezien zal de beschikbaarheid van grondwater echter nog steeds stijgen.



Figuur 12. Gemiddelde maandelijkse infiltratie bij scenario's met opstuwing.

Tot slot wordt in Figuur 13 getracht om een vergelijking te maken van alle beschouwde scenario's. Voor de eenvoud is een gemiddelde genomen van scenario's 1 t.e.m. 3 en van scenario's 5 t.e.m. 7. Deze zijn terug te vinden als 'Met inlaatdebiet' en 'Met inlaatdebiet en opstuwing'. Onderstaande grafiek toont opnieuw aan dat de impact van water inlaten vanuit de Zuid-Willemsvaart kleiner is dan de impact het opstuwten van de waterloop. Worden beide maatregelen gecombineerd, dan wordt een nog grotere impact bekomen. De toename van infiltratie is vooral in de zomermaanden zichtbaar. In de wintermaanden is een stagnatie of daling van de infiltratie zichtbaar. Ondanks deze daling zal de waterbeschikbaarheid van het freatische grondwater wel toenemen, indien jaarrond meer kan geïnfiltreerd worden.



Figuur 13. Gemiddelde maandelijkse infiltratie bij veralgemening scenario's.

Bovenstaande figuren zijn opgemaakt voor één bepaalde parameterset voor de modelcomponent die de infiltratie voorstelt. Omwille van het belang van deze component op de onderzoeksvragen is hij in een laatste stap van de studie onderworpen aan een gevoeligheidsanalyse. In deze analyse werden verschillende parametersets voor de infiltratie getest. Dit hield in dat eerst het bodemvochtgehalte waarbij geen infiltratie meer mogelijk is, werd verschoven. In tweede instantie werd ook de maximale infiltratiecapaciteit aangepast, zodanig dat het model realistische resultaten oplevert in overeenstemming met de eerder beschreven kalibratieprocedure. Voor de verschillende parametersets werden alle scenario's vervolgens opnieuw doorgerekend en werden massabalansen opgemaakt. De resulterende massabalansen verschillen onderling in de absolute volumes die elke maand kunnen infiltreren. De onderlinge verhoudingen van de verschillende scenario's verschillen echter niet. Water inlaten vanuit het kanaal zonder de waterloop op te stuwen leidt tot een beperkte toename van de infiltratie. Het opstuwen van de waterloop en water vasthouden leidt tot een beduidend grotere impact.

4 Samenvatting en conclusies

Voorliggend rapport is onderdeel van werkspoor 2 van de studie 'Bocholt Stuw't', die uitgevoerd werd in opdracht van het Droogte Innovatiefonds van de Provincie Limburg. Binnen werkspoor 2 wordt onderzocht wat de impact is van het inlaten van kanaalwater uit de Zuid-Willemsvaart op de lagergelegen waterlopen in het landbouwgebied. Het inlaten van water heeft als doel om dit water vervolgens te laten infiltreren, zodat het freatisch grondwater aangevuld, wat op zijn beurt tot een hogere waterbeschikbaarheid kan leiden in drogere periodes. Zo zou indien nodig toch nog geïrrigeerd kunnen worden met grondwater. Het aanvullen van het grondwater maakt het immers mogelijk om het geïnfiltreerde water in droge periodes deels terug op te pompen voor irrigatie.

Op dit moment zijn er in Bocholt twee locaties waar er water 'getapt' kan worden vanuit de Zuid-Willemsvaart. De eerste tapping bevindt zich ter hoogte van de Kreillerrietbeek (aan de grens met Bree), welke door landbouwgebied stroomt. De tweede tapping bevindt zich in het noorden van de gemeente en wordt gebruikt om natuurgebied Lozerheide van water te voorzien. In deze studie wordt niet gekeken naar de tapping op de Kreillerrietbeek omdat deze het grootste deel van het jaar al geopend is. In de plaats wordt de Veldhouwerbeek bestudeerd en wordt verondersteld dat er een nieuwe tapping wordt geïnstalleerd. Naast een modellering kan een vergelijking van de huidige situaties aan beide beken ook al nuttige informatie opleveren.

Om de impact van een nieuwe tapping te evalueren werd in deze studie gebruik gemaakt van een waterbalansmodel. Een dergelijk model is in staat om massabalansen in het watersysteem (oppervlakte- en grondwater) te simuleren en daarbij een aantal scenario's door te rekenen. Het opstellen van het model behoeft relatief weinig gedetailleerde informatie, waardoor het geschikt is voor dit studiegebied waarvoor weinig data beschikbaar is. Het model is niet in staat om gedetailleerde berekeningen zoals nauwkeurige voorspellingen of de opmaak van overstromingskaarten uit te voeren, omdat daarvoor een fijner modeldetail nodig is. Wel kan het model de nodige scenariosimulaties rond waterbeschikbaarheid uitvoeren.

Na kalibratie van het massabalansmodel voor de Veldhouwerbeek werden verschillende scenario's doorgerekend. Binnen deze scenario's werden verschillende opties bekeken: de huidige toestand, de huidige toestand met inlaten vanuit het kanaal, het opstuwen van de waterloop met stuwtjes, en een combinatie van deze maatregelen. Bovendien werden ook verschillende groottes van ingelaten debiet beschouwd. Elk scenario werd doorgerekend met dezelfde meteorologische randvoorwaarde voor een periode van meer dan 10 jaar. Vervolgens werden de resultaten geanalyseerd en werd een massabalans van het systeem opgesteld. Op basis daarvan kon de effectiviteit van de maatregelen begroot worden.

Uit de resultaten blijkt dat het inlaten van water vanuit de Zuid-Willemsvaart slechts een beperkte impact heeft op het freatische grondwater. Het plaatsen van de stuwen in de waterloop heeft een veel groter effect. Dit omdat het water een hoger peil bereikt en vooral omdat het de tijd krijgt om te infiltreren. Bij een toename van het debiet is dit veel minder het geval. Er kan dus geconcludeerd worden dat het inlaten van water vanuit het kanaal enkel een duidelijke impact heeft indien dat water vastgehouden wordt zodat het voldoende tijd krijgt om te infiltreren. Eenzelfde redenering geldt uiteraard ook voor de opwaartse onderdelen van het systeem: hoe beter het water vastgehouden wordt, hoe meer het kan infiltreren.

Tot slot geven de resultaten ook aan dat het minder interessant is om enkel in de wintermaanden in te laten. Indien dit jaarrond wordt toegepast, inclusief opstuwning, worden aanzienlijk grotere infiltratievolumes bekomen.

Referenties

- Berlamont, J. (2006). Aanvullingen van Hydraulica – Theorie van de verhanglijnen. Acco (Leuven). ISBN: 978 90 334 6316 7
- Coussement T., Willems P., Bertels D., Huysmans M., Vaessens A., Vanrespaille H., Reynaert S, Elsen F., Demuijnck M., 2020. Opmaak van een dynamische waterbalans met afwegingskader en instrumenten voor een reactief en proactief waterbeleid. Bodemkundige Dienst van België, KU Leuven R&D, Vrije Universiteit Brussel, Provincie Limburg. Documentversie 14/05/2020. 274+19p.
- Meert, P., Pereira, F., Willems, P. (2018). Surrogate modelling-based calibration of hydrodynamic river model parameters. *Journal of Hydro-environment Research*, 19, 56-67.
- Moore, R.J. (2007). The PDM rainfall-runoff model. *Hydrology & Earth System Sciences*, 11(1), 483-499.
- Wolfs, V., Meert, P., Willems, P. (2015). Modular conceptual modelling approach and software for river hydraulic simulations. *Environmental Modelling & Software*, 71, 60-77.



SUMAQUA

Sluisstraat 79 b3.01

3000 Leuven, BELGIUM

dr. ir. Vincent Wolfs

Tel.: +32 474 422 003

Mail: vincent.wolfs@sumaqua.be

www.sumaqua.be

