

Minder nutriënten in de sloot:

MAATREGELEN TER VERMINDERING VAN DE STIKSTOF- EN FOSFORCONCENTRATIE
IN HET KRW-WATERLICHAAM LOOBEEK-MOLENBEEK



K.H.H. Schütt
H.J. Sesink



waterschap
limburg



van hall
larenstein
university of applied sciences

Minder nutriënten in de sloot:

Maatregelen ter vermindering van de stikstof- en fosforconcentratie in het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek

Opdrachtgever:	Waterschap Limburg	
Versie:	1	
Status:	Definitief	
Auteurs:	K.H.H. (Karl) Schütt H.J. (Jaap) Sesink	karl.schutt@hvhl.nl jaap.sesink@hvhl.nl
Externe begeleiders: (Opdrachtgever)	G. (Gabriel) Zwart J. (Johan) Bode	g.zwart@waterschaplimburg.nl j.bode@waterschaplimburg.nl
Interne begeleider: (School)	G. J. (Gert Jan) van der Veen	gertjan.vanderveen@hvhl.nl

Velp, 1 juni 2017

Voorwoord

Dit rapport betreft een onderzoek naar de problematiek en aanpak van de waterkwaliteit in het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek, gelegen in Noord-Limburg. Daarbij is de vraag op welke wijze de concentraties stikstof en fosfor in dit waterlichaam teruggebracht kunnen worden naar de normen die Waterschap Limburg, de beheerder van dit waterlichaam, heeft opgesteld. In opdracht van Waterschap Limburg hebben wij, Karl Schütt en Jaap Sesink, gewerkt aan een oplossing voor dit vraagstuk. Het onderzoek hebben wij uitgevoerd in het kader van ons afstuderen voor onze opleiding Land en Watermanagement aan Hogeschool Van Hall Larenstein in Velp.

Tijdens het onderzoek is bekeken welke bronnen in het onderzoeksgebied ten grondslag liggen aan het waterkwaliteitsprobleem in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek. Er zijn meerdere methoden om het nutriëntenoverschot in dit waterlichaam aan te pakken. Echter blijkt het in theorie lastig te zijn om het waterkwaliteitsprobleem op te lossen en aan de normen voor stikstof en fosfor te voldoen. Toch kan met het maatregelenpakket, dat wij tijdens het onderzoek opgesteld en doorgerekend hebben, een substantiële reductie in de stikstof- en fosforconcentratie bereikt worden.

Gedurende het onderzoek zijn wij geholpen door diverse personen werkzaam bij verschillende instanties. Wij willen iedereen bedanken die ons heeft geholpen tijdens de afstudeeropdracht. Daarbij willen wij in het bijzonder onze begeleiders van Waterschap Limburg, Gabriel Zwart en Johan Bode, bedanken voor de tijd en moeite die zij hebben gestoken in de begeleiding en ondersteuning van onze afstudeeropdracht. Daarnaast willen we ook onze begeleider vanuit school, Gert Jan van der Veen, bedanken voor de ondersteuning en feedback tijdens het afstuderen.

Velp, 1 juni 2017,

Karl Schütt en Jaap Sesink

Samenvatting

Vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW) moeten, ter verbetering van de waterkwaliteit, in 2027 alle wateren met een KRW-bestemming voldoen aan de opgestelde chemische en ecologische normen. In het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek, in Noord Limburg, voldoen onder andere de concentraties van stikstof en fosfor niet aan de gestelde eisen. In opdracht van Waterschap Limburg is in deze studie met behulp van de KRW-verkenner onderzocht op welke wijze de concentraties van stikstof en fosfor in het waterlichaam kunnen worden verminderd, en of in 2027 aan de KRW-normen kan worden voldaan. Om deze vraag te beantwoorden is allereerst onderzoek gedaan naar de werking van het watersysteem, de herkomst van het water en de nutriënten (stikstof en fosfor) en de ontwikkeling van de waterkwaliteit in het waterlichaam. Daarnaast is met behulp van de KRW-verkenner onderzocht wat de herkomst is van stikstof en fosfor in het gebied. Met kennisname van deze tussenresultaten is een studie uitgevoerd naar mogelijke maatregelen om de emissie van stikstof en fosfor naar het waterlichaam Loobeek-Molenbeek te verminderen.

Het studiegebied wordt gevormd door het stroomgebied van het Afleidingskanaal en het waterlichaam Loobeek-Molenbeek. Dit gebied wordt gekenmerkt door hoge zandgronden, waarop intensieve landbouw plaatsvindt. Het KRW-waterlichaam bestaat uit de Loobeek en het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal (inclusief de Molenbeek). Stuwen en de aanvoer van irrigatiewater zorgen ervoor dat verdroging in het gebied wordt tegengegaan. Het aanvoerwater is afkomstig uit België. Dit stroomt vanuit het Peelkanaal via het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal en inlaat Vredepeel het KRW-waterlichaam binnen. De Loobeek wordt uitsluitend door gebiedseigen water gevoed. Ook de RWZI in Venray heeft een relatief groot aandeel in het debiet van het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal.

Uit de vrachtenanalyse met de KRW-verkenner blijkt dat voor het verbeteren van de waterkwaliteit in de Loobeek, de emissie van stikstof en fosfor uit de landbouw moet worden verminderd. Voor het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal draagt RWZI Venray respectievelijk voor 51% en 43% bij aan de stikstof- en fosforvracht. Daarnaast dragen respectievelijk emissies uit de landbouw en de aanvoer van gebiedsvreemd water met ongeveer 30% en 20% bij aan zowel de stikstof- als de fosforvracht.

Tussen de referentiesituatie (2014) en 2027 treed naar verwachting een verandering op in de concentraties van stikstof en fosfor in het waterlichaam. Deze verandering wordt veroorzaakt door de uitschakeling van gemaal Loobeek en de invloeden voortkomend uit het beleid dat invloed heeft op de stikstof- en fosforvrachten binnen het onderzoeksgebied. Door toedoen van deze veranderingen wordt in 2027 niet aan de gestelde normen voldaan, waardoor aanvullende maatregelen moeten worden getroffen om de norm te behalen.

De emissie vanuit de landbouw kan worden verminderd door het toepassen van rijenbemesting in de maïsteelt. Naast deze maatregel zijn er nog een scala aan overige maatregelen voor de landbouw mogelijk: bodemverbetering (meer organische stof en andere gewassen voor betere bodemstructuur), erfafspoeling tegengaan, zorgvuldig bemesten langs de watergangen, het vergroten van de mestopslag, het aanpakken van mestfraude en de gangbare landbouw omvormen naar biologische landbouw. De effecten van deze overige maatregelen zijn niet gekwantificeerd in deze studie.

Een indirecte, effectieve maatregel om de emissie vanuit de landbouw tegen te gaan is het aanleggen van zuiveringsmoerassen. Daarin wordt het water uit landbouwsloten gefilterd alvorens het in het KRW-waterlichaam terecht komt. De emissie vanuit RWZI Venray kan effectief worden verminderd door het toevoegen van een nafiltratatie door een zandfilter in het zuiveringsproces in te bouwen. Daarnaast kan het realiseren van een waterharmonica (een zuiveringsmoersas) voor een verdere verbetering van de effluentkwaliteit zorgen. Een alternatieve, effectieve en financieel efficiënte optie voor de twee voorgaande maatregelen is het afkoppelen van het effluent en dit rechtstreeks in de Maas lozen.

Het combineren van de landbouwmaatregelen en het verbeteren van de effluentkwaliteit van RWZI Venray zorgt ervoor dat de stikstof- en fosforconcentratie van het KRW-waterlichaam drastisch wordt verminderd ten opzichte van de situatie waarbij de verwachte waterkwaliteitsverandering door toedoen van het beleid en de uitschakeling van gemaal Loobeek is opgetreden. Echter wordt in 2027 niet voor het gehele waterlichaam voldaan aan de gestelde normen. Alleen in het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal kan de norm voor stikstof worden behaald, wanneer het effluent van de RWZI Venray volledig wordt afgekoppeld.

Verklarende woordenlijst

Begrip	Definitie
Aangepaste en kunstmatige wateren	Wateren die onherstelbaar verstoord zijn door menselijke ingrepen of wateren die door de mens zijn aangelegd
Abiotisch	Niet biologisch, niet levend
Afspoeling	Afstroming van water via het maaiveld
Aquatische ecosystemen	Een ecosysteem in een aquatische omgeving
Atmosferische depositie	De neerslag van stoffen uit de atmosfeer
Chemische waterkwaliteit	Toestand waarin een waterlichaam verkeert wanneer specifiek wordt gekeken naar de aanwezigheid/concentraties van <i>prioritaire stoffen</i>
Conventionele drainage	Gangbare vorm van drainage, waarbij het grondwaterpeil niet geregeld kan worden
Derogatie	Afwijking van de door de EU vastgestelde bemestingsnormen
Diffuse bronnen	Bronnen met een emissie die over een oppervlakte wordt verspreid
Drijfmest	Gemengde dierlijke mest (urine en uitwerpselen)
Ecologie	Dynamiek van de wisselwerking tussen organismen onderling en de <i>abiotische</i> milieufactoren (waaronder nutriënten)
Ecologisch Kwaliteitsratio (EKR)	Een getal tussen 0 en 1 waarin de <i>ecologische waterkwaliteit</i> wordt uitgedrukt ten behoeve van de beoordeling vanuit de KRW
Ecologische kwaliteitselementen	Verschillende elementen die samen de <i>ecologische waterkwaliteit</i> bepalen, waaronder de pH, <i>nutriënten</i> en de aanwezigheid van flora en fauna
Ecologische waterkwaliteit	De toestand waarin een waterlichaam verkeert wanneer gekeken wordt naar de <i>ecologie</i>
Effluent	Water dat gezuiverd is door een RWZI
Emissie	Uitstoot van een bepaalde stof / substantie
Erfafspoeling	De <i>afspoeling</i> van verontreinigd hemelwater vanaf boerenerven
Eutrofie	De mate waarin een ecosysteem van nutriënten voorzien is (voedselrijkdom)
Fosfor (P)	Element dat aanwezig is in meerdere stoffen zoals fosfaat en ortho-fosfaat
Goed Ecologisch Potentieel (GEP)	Maatlat voor de waterkwaliteit in <i>aangepaste en kunstmatige wateren</i> , uitgedrukt in het <i>Ecologisch Kwaliteitsratio (EKR)</i>
Goede Ecologische Toestand (GET)	Maatlat voor de waterkwaliteit in <i>natuurlijke wateren</i> , uitgedrukt in het <i>Ecologisch Kwaliteitsratio (EKR)</i>
Hydromorfologie	Hydrologische en morfologische karakteristieken van een waterlichaam
IBA	Individuele behandeling afvalwater

Kader Richtlijn Water (KRW)	Richtlijn die vanuit de Europese Unie is opgesteld ten behoeve van de verbetering en het behoud van de waterkwaliteit in de wateren van de Europese lidstaten
Kalibreren	Een model afstellen op de werkelijkheid
KRW-verkenner	Modelleringsprogramma dat is gemaakt om ondersteuning te bieden bij het bepalen van de effectiviteit van waterkwaliteitsgerichte maatregelen voor oppervlaktewater. Het is ontwikkeld door Deltares
Natuurlijke wateren	Wateren die in geringe mate verstoord zijn door menselijke ingrepen
Nutriënten	Voedingsstoffen, waaronder <i>stikstof</i> en <i>fosfor</i>
Peilgestuurde drainage	Vorm van drainage waarbij grondwaterpeil gecontroleerd kan worden
Prioritaire stoffen	Vervuilende stoffen die zijn opgenomen in Richtlijn Prioritaire Stoffen
Puntbronnen	Bronnen met een emissie op een specifieke locatie
Reductie	Vermindering
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
Stikstof (N)	Element dat aanwezig is in meerdere stoffen zoals nitraat en ammonium
STONE	Modelleringsprogramma dat de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor berekent
Uitspoeling	De verplaatsing van water in de bodem naar het grondwater, waarbij opgeloste stoffen meegenomen kunnen worden
Valideren	Het controleren van de modelbetrouwbaarheid
Waterlichaam	Afgebakend systeem van oppervlaktewater

Inhoud

Verklarende woordenlijst	7
1. Inleiding	13
1.1 Kader.....	13
1.2 Aanleiding.....	13
1.3 Onderzoeksvraag en deelvragen.....	14
1.4 Doel.....	14
1.5 Leeswijzer	14
1.6 Doelgroep	14
2. Methode	15
2.1. Beleidsinventarisatie.....	15
2.2. Inventarisatie waterlichaam Loobeek-Molenbeek	15
2.2.1. Inventarisatie algemene karakteristieken onderzoeksgebied.....	15
2.2.2. Watersysteem.....	15
2.2.3. Waterkwaliteit	15
2.3. Modelstudie	15
2.3.1. Inventarisatie en aanpassen model	15
2.3.2. Validatie aangepast model	16
2.4. Vrachtenanalyse.....	16
2.4.1. Referentiepunten	16
2.4.2. Modeljaren.....	16
2.4.3. Clustering debieten en vrachten.....	17
2.5. Opstellen maatregelen	17
2.5.1. Literatuuronderzoek.....	17
2.5.2. Kwantificeren effecten maatregelen en emissieveranderingen	17
2.6. Bepalen uitvoerbaarheid maatregelen.....	17
3. Beleid	18
3.1. Stikstof- en fosfornormen oppervlaktewater onderzoeksgebied	18
3.2. Effluentnormen RWZI's	18
3.2.1. RWZI Venray.....	18
3.2.2. RWZI Weert.....	18
3.3. Mestbeleid	19
3.4. Drainagebeleid Waterschap Limburg	19
4. Inventarisatie waterlichaam Loobeek-Molenbeek.....	20
4.1. Gebiedsbeschrijving.....	20
4.2. Watersysteem	20
4.2.1. Historie	20
4.2.2. Aanvoersysteem	20
4.3. Waterkwaliteit (N en P)	22
4.3.1. Meetgegevens	22
4.3.2. Doelgat	24

5.	Vrachtenanalyse.....	25
5.1.	Betrouwbaarheid	25
5.2.	Resultaten Vrachtenanalyse.....	25
5.2.1.	Debieten.....	25
5.2.2.	Stikstof.....	26
5.2.3.	Fosfor.....	26
5.2.4.	Belangrijkste emissiebronnen	26
6.	Maatregelen verminderen N en P.....	27
6.1.	Verwachte verandering in de waterkwaliteit (2014-2027)	27
6.1.1.	Uitschakeling gemaal Loobeek (inlaat Loobeek).....	27
6.1.2.	RWZI Venray (MUCT-proces-optimalisatie)	27
6.1.3.	RWZI Weert.....	28
6.1.4.	Gevolgen mestbeleid tot 2027.....	28
6.1.5.	Peilgestuurde drainage.....	29
6.1.6.	Kwantificering verwachte verandering waterkwaliteit 2014-2027.....	30
6.2.	Aanvullende maatregelen	31
6.2.1.	RWZI Venray nageschakelde zandfiltratie.....	31
6.2.2.	Nafiltering effluent RWZI Venray d.m.v. waterharmonica	32
6.2.3.	Effluent RWZI Venray lozen op de Maas	33
6.2.4.	Aanleg zuiveringsmoerassen landbouwsloten	33
6.2.5.	Rijenbemesting maïs	34
6.2.6.	Resultaat per aanvullende maatregel.....	35
6.3.	Reductie totaal maatregelenpakket	36
6.3.1.	Maatregelenpakket 1	36
6.3.2.	Maatregelenpakket 2	36
6.4.	Overige maatregelen	37
7.	Uitvoerbaarheid maatregelen.....	39
7.1.	RWZI Venray nageschakelde zandfiltratie	39
7.2.	Nafiltering effluent RWZI Venray d.m.v. waterharmonica	39
7.3.	Effluent RWZI Venray lozen op de Maas	40
7.4.	Aanleg zuiveringsmoerassen in landbouwsloten	41
7.5.	Rijenbemesting maïs.....	42
8.	Conclusie en aanbevelingen.....	43
8.1.	Conclusie	43
8.2.	Aanbevelingen.....	44
9.	Discussie	45
9.1.	Betrouwbaarheid model en interpretatie resultaten	45
9.2.	Betrouwbaarheid emissiereducties	45
9.2.1.	Uitschakeling gemaal Loobeek.....	45
9.2.2.	Peilgestuurde drainage.....	45
9.2.3.	Nafiltratie effluent door middel van waterharmonica	45

9.2.4.	Aanleg zuiveringsmoerassen in landbouwsloten.....	46
9.2.5.	Rijbemesting maïs.....	46
9.2.6.	RWZI Weert.....	46
9.3.	Uitgekozen modeljaren en representativiteit voor de toekomst.....	46
10.	Reflectie.....	47
10.1.	Reflectie Karl	47
10.2.	Reflectie Jaap	48
	Literatuurlijst	49
	Bijlage A: Achtergrondinformatie KRW-verkenner.....	53
	Bijlage B: Meetpunten onderzoeksgebied	54
	Bijlage C: Modelschematisatie onderzoeksgebied	56
	Bijlage D: Clustering emissietypen	57
	Bijlage E: Achtergrond beoordeling KRW.....	58
	Bijlage F: Achtergrond effluentkwaliteit RWZI Venray.....	59
	Bijlage G: Gebruiksnormen en achtergrond uit- en afspoeling van nutriënten.....	61
	Bijlage H: Achtergrond peilgestuurde drainage.....	65
	Bijlage I: Aanvullende analyse onderzoeksgebied	66
	Bijlage J: Stuwen Waterschap Limburg	71
	Bijlage K: Aanvoersysteem Peelkanaal	72
	Bijlage L: Verslag veldbezoek	73
	Bijlage M: Inventarisatie WPM model versie 1.2.	85
	Bijlage N: Validatie WPM model versie 1.2.B	87
	Bijlage O: Grafieken vrachtenanalyse	93
	Bijlage P: Achtergrond STONE	96
	Bijlage Q: Berekeningen emissiereductie landbouwmaatregelen.....	97
	Bijlage R: Aanwezige drainage	100
	Bijlage S: Boerenstuwen	101
	Bijlage T: Mogelijke locatie waterharmonica RWZI Venray	102
	Bijlage U: Mogelijke locatie zuiveringsmoerassen landbouwsloten.....	103

1. Inleiding

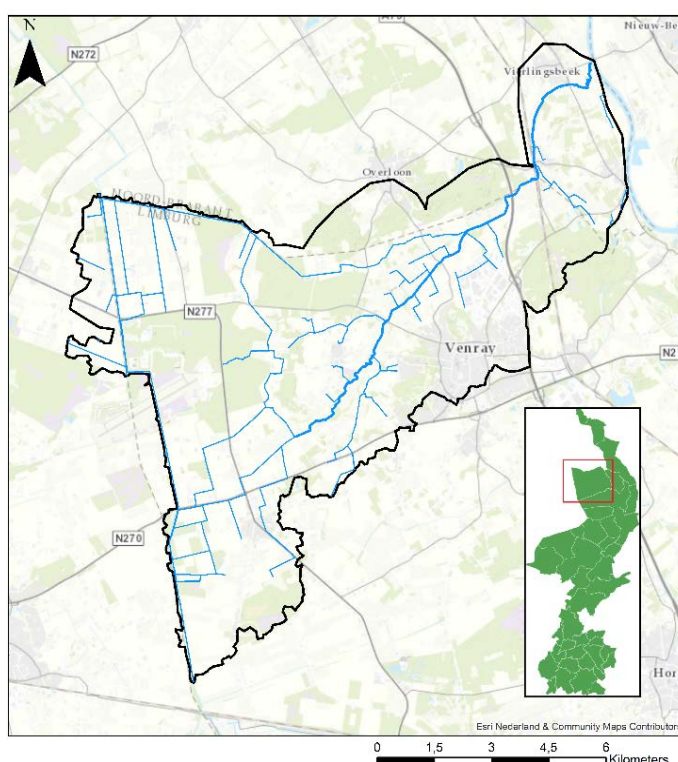
1.1 Kader

Vanuit Europa is, ter verbetering van de waterkwaliteit, beleid opgesteld in de vorm van de Kaderrichtlijn Water (KRW) (Galen, Tiktak, & Franken, 2015). De doelstelling is dat de waterkwaliteit, zowel op chemisch als ecologisch gebied, uiterlijk in 2027 in alle lidstaten van de EU voldoet aan de normen die door de waterbeheerders zijn opgesteld. In Nederland zijn onder andere de waterschappen verantwoordelijk voor de waterkwaliteit in diverse wateren. (Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000, 2000)

Vanuit de KRW heeft Waterschap Limburg waterlichamen benoemd die aan de normen moeten voldoen (de KRW-waterlichamen). Voor deze waterlichamen zijn verschillende doelen en maatregelen opgesteld. De betreffende doelen zijn het behalen van de GET (Goede Ecologische Toestand) in natuurlijke wateren en het behalen van het GEP (Goed Ecologisch Potentieel) in sterk veranderde en kunstmatige wateren. (Evers N. , Hoogveld, Mil, & Binnendijk, 2014)

1.2. Aanleiding

In het beheergebied van Waterschap Limburg voldoen niet alle wateren aan de KRW-doelstellingen, voor zowel de chemische als de ecologische waterkwaliteit. (Evers N. , Hoogveld, Mil, & Binnendijk, 2014). Om de waterkwaliteit te verbeteren, wil het waterschap inzicht hebben in welk aandeel verschillende bronnen hebben in de vracht van probleemstoffen. Hiertoe heeft Waterschap Limburg in samenwerking met Deltares en Royal Haskoning DHV een model opgezet in de KRW-verkenner; een modelleringsprogramma dat gebruikt wordt voor het modelleren van waterkwaliteit in oppervlaktewateren. Het betreffende waterkwaliteitsmodel omvat het voormalige beheergebied van Waterschap Peel en Maasvallei. Met het model kan inzicht worden verkregen in de herkomst en samenstelling van de vrachten van specifieke stoffen. Met behulp van deze inzichten kunnen maatregelen worden getroffen om de concentratie van de probleemstoffen in de watergangen te verminderen. De maatregelen kunnen tevens worden doorgerekend om inzicht te verkrijgen in de effecten.



Figuur 1: Onderzoeksgebied met het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek.

Waterlichaam Loobeek-Molenbeek is een van de waterlichamen waarvan de ecologische kwaliteit niet toereikend is. De concentraties van stikstof en fosfor overschrijden de norm (Evers N. , Hoogveld, Mil, & Binnendijk, 2014). Het waterlichaam ligt in het zuidelijke zandgebied, ten noordwesten van Venray, aan de grens met Noord - Brabant (figuur 1).

Het waterschap wil met behulp van de KRW-verkenner achterhalen welke bronnen, in welke mate, verantwoordelijk zijn voor de verhoogde concentraties stikstof en fosfor. Ook wil het waterschap weten op welke wijze deze concentraties verlaagd kunnen worden.

1.3. Onderzoeksvraag en deelvragen

De onderzoeksvraag die gedurende dit onderzoek zal worden beantwoord luidt:

Op welke wijze kunnen de concentraties stikstof en fosfor in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek worden verminderd en hoe ver kan aan de KRW-norm worden voldaan in 2027?

Om tot beantwoording van de hoofdvraag te komen zullen de volgende deelvragen worden beantwoord:

- *Welk beleid is direct of indirect van invloed op de stikstof- en fosforconcentraties in het stroomgebied van het waterlichaam en welke normen gelden er?*
- *Op welke wijze functioneert het watersysteem van het waterlichaam Loobeek-Molenbeek en hoe heeft de waterkwaliteit (stikstof en fosfor) zich ontwikkeld in de afgelopen jaren?*
- *Welke punt- en diffuse bronnen hebben de grootste invloed op de waterkwaliteit op het gebied van stikstof en fosfor?*
- *Welke verandering in de stikstof- en fosforconcentratie treedt onder invloed van beleid en geplande maatregelen op tot 2027 en hoe ver levert deze verandering een bijdrage aan het behalen van de normen?*
- *Met welke aanvullende maatregelen kunnen de concentraties van stikstof en fosfor in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek verder verminderd worden en welke van deze maatregelen zijn het meest effectief en efficiënt?*

1.4. Doel

Het doel van dit onderzoek is het opstellen van maatregelen waarmee de concentraties van stikstof en fosfor in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek kunnen worden verminderd en het verkrijgen van inzicht in de effecten van deze maatregelen. Daarbij wordt gestreefd om de concentraties van deze stoffen zodanig te verlagen dat aan de normen van de KRW wordt voldaan.

1.5. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methode van het onderzoek toegelicht. In hoofdstuk 3 volgt een beleidsinventarisatie. In dit hoofdstuk worden eerst de normen voor de stikstof- en fosforconcentraties in oppervlaktewater in het onderzoeksgebied behandeld. Vervolgens wordt ingegaan op ander beleid dat direct of indirect van invloed is op deze concentraties. In hoofdstuk 4 wordt de inventarisatie van het waterlichaam Loobeek-Molenbeek behandeld. Daarbij wordt ingegaan op het watersysteem en de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de afgelopen jaren. Daarna wordt het doelgat voor het behalen van de norm voor de stikstof- en fosforconcentraties vastgesteld. In hoofdstuk 5 wordt de vrachtenanalyse behandeld. De herkomst van stikstof en fosfor in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek zal daarbij worden gepresenteerd. In hoofdstuk 6 wordt eerst ingegaan op de verandering in de stikstof- en fosforconcentraties die naar verwachting tot 2027 optreedt. Daarna worden aanvullende maatregelen behandeld, waarmee de stikstof- en fosforconcentratie verlaagd kan worden. Hierbij zijn, indien mogelijk, de effecten op de concentraties van stikstof en fosfor gekwantificeerd. Ter afsluiting worden in dit hoofdstuk de effecten van de verschillende maatregelen individueel en gecombineerd behandeld. In hoofdstuk 7 wordt vervolgens ingegaan op de uitvoerbaarheid en effectiviteit van de maatregelen. Daarbij wordt ook een inschatting gegeven van de bijhorende kosten. In hoofdstuk 8 volgen de conclusie en aanbevelingen, en in hoofdstuk 9 volgt de discussie. In hoofdstuk 10 is tevens een reflectie op het onderzoeksproces opgenomen.

1.6. Doelgroep

Dit rapport is bestemd voor de medewerkers van Waterschap Limburg en Waterschapsbedrijf Limburg. Tevens zal het rapport beschikbaar worden gesteld aan Hogeschool van Hall Larenstein.

2. Methode

In dit hoofdstuk wordt de opzet van het onderzoek behandeld. Hierbij wordt ingegaan op de fasering van het onderzoek en op de methoden die gedurende de verschillende fasen gehanteerd zijn.

2.1. Beleidsinventarisatie

In de eerste fase van het onderzoek is een beleidsinventarisatie uitgevoerd. Daarbij is nagegaan welke normen gelden voor de stikstof- en fosforconcentraties in oppervlaktewater binnen het onderzoeksgebied. Vervolgens is het aanvullend beleid dat van invloed is op de nutriëntconcentraties in het oppervlaktewater geïnventariseerd. Het betreft normen voor effluentkwaliteit, het landelijke mestbeleid en het drainagebeleid van Waterschap Limburg.

2.2. Inventarisatie waterlichaam Loobeek-Molenbeek

In de tweede fase van het onderzoek is een inventarisatie van het waterlichaam Loobeek-Molenbeek uitgevoerd. Daarbij is ingegaan op de karakteristieken van het onderzoeksgebied en het waterlichaam.

2.2.1. Inventarisatie algemene karakteristieken onderzoeksgebied

Eerst is de begrenzing van het onderzoeksgebied vastgesteld. Daarna zijn diverse gegevens verzameld over het onderzoeksgebied waaronder hoogteligging, grondsoorten, grondwatertrappen en het landgebruik. Deze gegevens zijn opgevraagd via het waterschap of verkregen via openbare databronnen.

2.2.2. Watersysteem

Vervolgens is het watersysteem van het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek in kaart gebracht met behulp van GEO-data en rapportages van het waterschap. Aan de hand van deze gegevens is inzicht verkregen in de historie en de opbouw van het watersysteem.

2.2.3. Waterkwaliteit

De waterkwaliteit in het waterlichaam is voor de afgelopen tien jaar bekeken. Daarbij zijn de meetgegevens van stikstof- en fosforconcentraties geraadpleegd en is onderzocht hoe deze concentraties zich de afgelopen jaren hebben ontwikkeld. Deze gebruikte data is afkomstig van het waterschap. Daarnaast is het doelgat voor de stikstof- en fosforconcentratie ten opzichte van de norm bepaald. Daarbij is gekeken welke reductie benodigd is om de norm te behalen op de meetpunten die worden gebruikt voor de validatie tijdens de modelstudie (zie tabel 2 paragraaf 2.3.2). De benodigde reducties zijn bepaald aan de hand van de normen en de gemiddelde meetwaarden gedurende de zomerhalfjaren van 2011, 2012 en 2014. Deze zomerhalfjaren zijn het uitgangspunt voor de modelsimulatie gedurende dit onderzoek (zie paragraaf 2.4.2)

Ook is een verkennend veldbezoek uitgevoerd, waarbij ter indicatie van de waterkwaliteit, onder andere nitraat- en ammoniumconcentraties in diverse watergangen binnen het onderzoeksgebied gemeten zijn.

2.3. Modelstudie

In deze fase is het KRW-verkenner model van de watergangen in Noord-Limburg (WPM versie 1.2.) bestudeerd. De KRW-verkenner is een modelleringsprogramma dat ontwikkeld is door Deltares. In bijlage A is achtergrondinformatie over de werking van dit programma opgenomen.

2.3.1. Inventarisatie en aanpassen model

Eerst zijn het gebruikte model en de invoergegevens geïnventariseerd. De opbouw van het model is bekeken en de kalibratie en validatie van het model zijn bestudeerd. Hierbij is gebruik gemaakt van bestaande validatie- en kalibratierapporten, opgesteld door Royal Haskoning DHV in opdracht van Waterschap Limburg (voormalig waterschap Peel en Maasvallei). Vervolgens is het model aangepast om de betrouwbaarheid te verbeteren.

2.3.2. Validatie aangepast model

Het voor dit onderzoek aangepaste model (WPM versie 1.2.B) is gevalideerd voor de hydrologie en stikstof- en fosforconcentratie. De validatiepunten (meetpunten en bijhorende modelpunten) zijn weergegeven in tabel 1 en 2. Kaarten met de locaties van de verschillende meetpunten zijn opgenomen in bijlage B. De modelschematisatie van het onderzoeksgebied is te zien in bijlage C.

2.4. Vrachtenanalyse

Met behulp van de KRW-verkenner en de vrachtbalanstool (een door Deltares ontwikkelde plug-in voor de KRW-verkenner) is inzicht verkregen in de herkomst van de debieten en de stikstof- en fosforvrachten in de watergangen van het onderzoeksgebied. Daarbij is achterhaald welke emissiebronnen het grootste aandeel hebben in de vracht, en daarmee de grootste prioriteit hebben om te worden gereduceerd.

2.4.1. Referentiepunten

Ten behoeve van de vrachtenanalyse is het waterlichaam Loobeek-Molenbeek opgesplitst in twee verschillende gedeeltes: de Loobeek en het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal. Het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal is ook meegenomen in de vrachtenanalyse. Van deze drie watergangen zijn de meest benedenstroomse modelpunten (Surface Water Units) van elke watergang geanalyseerd (figuur 2). De vrachten op deze punten omvatten per sectie alle bovenstroomse emissies.

2.4.2. Modeljaren

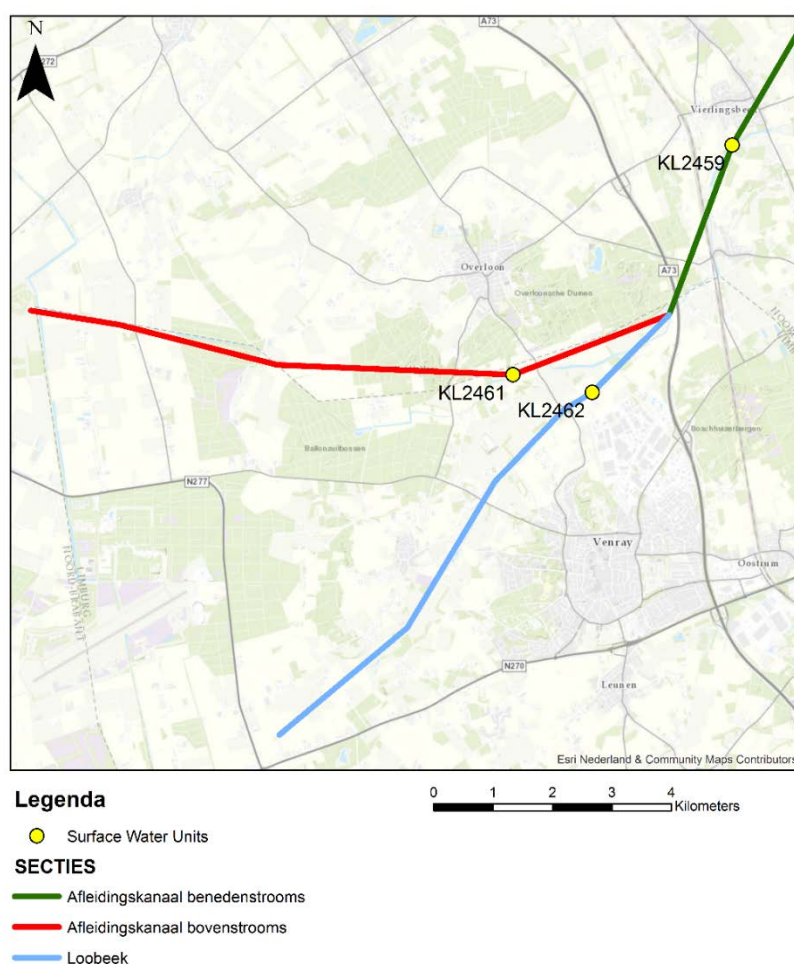
In dit onderzoek worden alleen de zomerhalfjaren doorgerekend, aangezien de KRW-norm uitsluitend voor dit jaargetijde geldt (Binnendijk, Basten, Mil, & Zwart, 2014). De jaren 2015 en 2016 zijn niet opgenomen in het WPM-model (versie 1.2). Gedurende het onderzoek is gerekend met de zomerhalfjaren van 2011, 2012 en 2014. Deze modeljaren zijn het meest representatief voor de huidige situatie. De jaren voorafgaand aan 2011 zijn niet representatief voor het heden, omdat de maatregelen die in 2010 in de RWZI Venray zijn uitgevoerd een grote invloed hebben op de stikstof- en fosforconcentratie in het waterlichaam (WBL, 2013). Aangezien uit de hydrologische validatie blijkt dat het zomerhalfjaar van 2013 niet betrouwbaar is, is besloten dit jaar niet mee te nemen.

Tabel 1: Validatiepunten hydrologie.

Sectie	Meetpunt	Modelpunt (SWU)
Afleidingskanaal benedenstrooms	OAFLE01	KL2460
Loobeek	OLOOB02	KL2463

Tabel 2: Validatiepunten waterkwaliteit.

Sectie	Meetpunt	Modelpunt (SWU)
Afleidingskanaal benedenstrooms	OAFLE900	KL2460
Afleidingskanaal bovenstrooms	OAFLE600	KL2461
Loobeek	OLOOB700	KL2464



Figuur 2: Modelschematisatie van de hoofdwatergangen in het onderzoeksgebied met de bijhorende representatieve modelpunten.

2.4.3. *Clustering debieten en vrachten*

Voor de vrachtenanalyse zijn de bronnen van stikstof en fosfor en de debieten geclusterd per regio en type emissiebron. In bijlage D zijn de clusters voor de debieten en de stikstof- en fosforemissies opgenomen.

2.5. Opstellen maatregelen

Met behulp van de resultaten uit de vorige fasen van het onderzoek is gestreefd naar het samenstellen van een maatregelenpakket dat kan bijdragen aan een duurzame oplossing voor de stikstof- en fosforproblematiek in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek. Met deze maatregelen wordt gestreefd naar het behalen van de huidige KRW-doelstelling.

2.5.1. *Literatuuronderzoek*

Eerst is nagegaan welke emissieveranderingen, door toedoen van geplande maatregelen en het uitgevoerde beleid, tussen 2014 en 2027 zullen optreden of zijn opgetreden in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek. Daarnaast zijn aanvullende maatregelen opgesteld om de stikstof- en fosforconcentratie in het waterlichaam te verlagen. Voor elke ingreep of maatregel zijn de reductiepercentages voor de verschillende emissies bepaald.

2.5.2. *Kwantificeren effecten maatregelen en emissieveranderingen*

De effecten van de maatregelen op de stikstof- en fosforconcentratie in het waterlichaam zijn voor de referentie jaren (2011, 2012 en 2014) met het WPM-model (versie 1.2.B) in de KRW-verkenner gekwantificeerd. Dit is gedaan door de reductiepercentages voor stikstof en fosfor per maatregel in het model door te voeren.

Eerst is nagegaan welke reducties de geplande maatregelen en het beleid tot 2027 individueel uitvoeren op de stikstof- en fosforconcentratie van het oppervlaktewater. Daarbij zijn de reducties bepaald op de representatieve punten voor de verschillende watergangen die bij de vrachtenanalyse gebruikt zijn (figuur 2).

Daarna is bekeken hoe ver in 2027 aan de norm kan worden voldaan wanneer alle verwachte emissieveranderingen, door toedoen van geplande maatregelen en het beleid, gecombineerd worden. Dit is gedaan door de meetgemiddelden gedurende het zomerhalfjaar van de modeljaren (2011, 2012 en 2014) te verrekenen met de behaalde reducties in het model op de validatiepunten (tabel 2).

Vervolgens is nagegaan welke reductie per aanvullende maatregel wordt behaald. De behaalde reducties van de aanvullende maatregelen zijn uitgedrukt ten opzichte van de toestand waarbij de waterkwaliteitsverandering door toedoen van de geplande maatregelen en het beleid is opgetreden. Wederom zijn de individuele effecten per maatregel geanalyseerd op de representatieve punten van de vrachtenanalyse.

Tenslotte is de totale reductie ten opzichte van 2014, die wordt bereikt door het combineren van alle aanvullende maatregelen en verwachte emissieveranderingen tot 2027, bepaald. Dit is wederom gedaan door de meetgemiddelden gedurende het zomerhalfjaar van de modeljaren (2011, 2012 en 2014) te verrekenen met de behaalde reducties in het model op de validatiepunten (tabel 2).

2.6. Bepalen uitvoerbaarheid maatregelen

De maatregelen zijn verder uitgewerkt gedurende deze fase. Hierbij is ingegaan op de verwachte kosten en de uitvoerbaarheid van de betreffende maatregelen.

3. Beleid

In dit hoofdstuk wordt eerst een korte omschrijving gegeven van het beleid dat geldt voor de oppervlaktewaterkwaliteit in het onderzoeksgebied. Daarnaast wordt ingegaan op de effluentnormen van de RWZI's die invloed hebben op de waterkwaliteit in het onderzoeksgebied, het mestbeleid en het drainagebeleid van Waterschap Limburg.

3.1. Stikstof- en fosfornormen oppervlaktewater onderzoeksgebied

Voor de gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties in het zomerhalfjaar zijn in 2015 doelen opgesteld voor de verschillende waterlichamen in het voormalig beheersgebied van Waterschap Peel en Maasvallei. Het waterlichaam Loobeek-Molenbeek valt in de beoordelingscategorie sterk veranderde en kunstmatige wateren, door toedoen van de ingrepen die in het verleden hebben plaatsgevonden (Evers N. , Hoogveld, Mil, & Binnendijk, 2014). Voor het waterlichaam Loobeek-Molenbeek gelden de volgende normen voor het zomerhalfjaar:

- De maximaal gewenste gemiddelde concentratie voor stikstof is 2,3 mg/l.
- De maximaal gewenste gemiddelde concentratie voor fosfor is 0,11 mg/l.

In het Peelkanaal, dat water aanvoert naar het waterlichaam Loobeek-Molenbeek zijn de normen hoger dan in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek. De norm is voor stikstof 2,8 mg/l en voor fosfor 0,15 mg/l. In bijlage E is informatie opgenomen over het beoordelingssysteem van de KRW. (Evers N. , Hoogveld, Mil, & Binnendijk, 2014)

3.2. Effluentnormen RWZI's

3.2.1. RWZI Venray

De normen die Waterschap Limburg hanteert voor de RWZI in Venray worden in de toekomst strenger. In tabel 3 is een overzicht te zien van de opgestelde normen en de datum van ingang. Ook zijn de normen gedurende de jaren 2011, 2012 en 2014 (de nulsituatie voor het implementeren van de maatregelen) weergegeven (Gommans, Informatie RWZI Venray, 2017). In bijlage F is een achtergrond met de schommelingen in de effluentkwaliteit van RWZI Venray gedurende de jaren 2006 - 2014 opgenomen.

Tabel 3: Streef- en grenswaarden stikstof en fosfor RWZI Venray (Gommans, Informatie RWZI Venray, 2017).

Jaar	Stof	Streefwaarde zomergem. (mg/l)	Grenswaarde wintergem. (mg/l)	Grenswaarde Jaargem. (mg/l)
2010	Stikstof	-	-	10
	Fosfor	-	-	2
2016	Stikstof	6	10	8
	Fosfor	0,3	0,6	0,5
2021	Stikstof	5	10	8
	Fosfor	0,2	0,4	0,3
2027	Stikstof	3	6	5
	Fosfor	0,2	0,4	0,3

3.2.2. RWZI Weert

Ook de effluentkwaliteit van deze RWZI wordt in de toekomst verbeterd. RWZI Weert loost in de Zuid Willemvaart die onder beheer van Rijkswaterstaat (RWS) staat. In de huidige praktijk is de effluentkwaliteit beter dan de normen die door RWS zijn opgesteld. In 2019 worden de normen van de effluentkwaliteit aangescherpt. In tabel 4 staat de huidige effluentkwaliteit, alsmede de huidige en toekomstige normen voor de stikstof- en fosforconcentratie in het effluent. (Gommans, Informatie RWZI Weert, 2017)

Tabel 4: Effluentkwaliteit en normen voor de RWZI Weert (Gommans, Informatie RWZI Weert, 2017).

	Jaargemiddelde effluentkwaliteit RWZI Weert (huidig)	Huidige effluentnorm door RWS	Zomergem. effluentnorm per 2019	Wintergem. effluentnorm per 2019	Jaargem. effluentnorm per 2019
Stikstof	Ca. 20 mg/l	32,5 mg/l	8 mg/l	12 mg/l	10 mg/l
Fosfor	Ca. 2 mg/l	4,8 mg/l	0,8 mg/l	1,2 mg/l	1,0 mg/l

3.3. Mestbeleid

De overheid voert een landelijk mestbeleid waarin regels voor de bemesting van landbouwgronden zijn opgenomen. Als gevolg van het mestoverschot, werd in de jaren 70 - 80 steeds meer mest uitgereden op de landbouwgronden. Er was sprake van verregaande vermist van het grond- en oppervlaktewater. In 1989 kwam het eerste Nationaal Milieu Beleidsplan waarin regels zijn opgenomen voor de maximale fosfaatgift en vermindering van de ammoniakuitstoot. In 1991 werd de nitraatrichtlijn ingesteld om het grondwater en de bodem te beschermen. Hierop volgden in 1994 regels voor het emissiearm aanwenden van mest om de ammoniakuitstoot te verminderen. Sindsdien is de regelgeving steeds verder toegenomen en zijn de bemestingsnormen verder aangescherpt. Er zijn verschillende nitraat actie programma's (NAP) uitgevoerd om de nitraatconcentraties in het grondwater terug te dringen. Elke 4 jaar wordt er een nieuw NAP opgesteld, waarbij er aanpassingen in het mestbeleid worden doorgevoerd. In het 5^e NAP (2014 -2017) wordt gestreefd naar evenwichtsbemesting. De norm voor stikstofgift is in dit huidige actieprogramma voor akker- en tuinbouwgewassen (incl. maïs), welke gevoelig zijn voor uit- en afspoeling, gereduceerd met 20% voor de zandgronden in Noord - Brabant en Limburg. De nitraatconcentraties in het grondwater worden op veel plaatsen in het zandgebied (Brabant en Limburg) nog fors overschreden. Voor het 6^e NAP (vanaf 2018) is nog niet bekend in welke mate de bemestingsnormen op landelijke schaal verder worden aangescherpt. De verwachting is dat er meer gebiedsspecifieke aanscherpingen in het beleid komen. De exacte effecten van dit beleid zijn echter nog niet te kwantificeren en worden daarom ook buiten beschouwing gelaten in deze studie. In bijlage G wordt ingegaan op de gebruiksnormen van het mest en wordt een achtergrond gegeven over de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden. (Hermans)

Met de afschaffing van het melkquota in 2015 is het mestprobleem door de grote groei van het aantal melkkoeien (+ 120.000) groter geworden. Het fosfaatplafond (de maximale hoeveelheid fosfaat dat in Nederland mag worden geproduceerd) is overschreden. Hierop heeft de overheid getracht het mestoverschot te verminderen door een generieke korting over alle rundveebedrijven in Nederland toe te passen. Tot op heden is niet exact bekend hoe zich dit verder zal ontwikkelen. Er bestaat de mogelijkheid dat Nederland de derogatie verliest. Dit kan positieve gevolgen hebben voor de waterkwaliteit doordat er minder mest op de landbouwbedrijven met derogatie mag worden gebruikt. (Dam, 2016)

3.4. Drainagebeleid Waterschap Limburg

Droogte is een groot probleem in het beheergebied van Waterschap Limburg. In het beheergebied van het waterschap wordt in de landbouw veelvuldig gebruik gemaakt van beregening. De bijhorende grondwateronttrekking heeft een negatief effect op de grondwatervoorraden en leidt tot een verdroging van de natuurgebieden. Als gevolg van klimaatverandering zullen deze problemen alleen maar toenemen. Om verdroging tegen te gaan voert Waterschap Limburg een actief drainagebeleid. Het waterschap wil in 2018 in samenwerking met de agrariërs alle conventionele drainage hebben omgevormd naar peilgestuurde drainage (PGD). Met PGD kan de drainagebasis gedurende het seizoen worden aangepast naar de gewenste omstandigheden op het perceel. Hierdoor kan meer water worden vastgehouden gedurende het groeiseizoen, waardoor de beregeningsbehoefte afneemt. PGD leidt daardoor tot een vermindering van de verdroging van natuur. Daarnaast heeft het ook invloed op de stikstof- en fosforemissie naar het grond- en oppervlaktewater. In bijlage H is een achtergrond opgenomen over de werking en verschillende vormen van PGD. In 2016 is een stimuleringsregeling voor het ombouwen van drainage gestart. Hierbij wordt een deel van de kosten voor het aanleggen van PGD vergoed. (Waterschap Limburg, 2017) (Maasvallei, Peilgestuurd draineren, 2016)

4. Inventarisatie waterlichaam Loobeek-Molenbeek

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het watersysteem en de waterkwaliteit in het onderzoeksgebied. Daarbij worden eerst de algemene karakteristieken van het gebied beschreven.

4.1. Gebiedsbeschrijving

Het waterlichaam Loobeek-Molenbeek ligt ten noordwesten van Venray, tegen de grens met Noord-Brabant. Het waterlichaam ligt ingesneden in de hogere (droge) zandgronden. Langs het waterlichaam zijn plaatselijk veenresten en zavelgronden aanwezig. Er is sprake van een groot hoogteverschil in het onderzoeksgebied. Van west naar oost, richting de Maas, neemt de hoogte in het gebied af met ongeveer 15 meter. Het landgebruik bestaat uit hoofdzakelijk natuur (3000 ha) en landbouw (4600 ha). Langs het KRW-waterlichaam is voornamelijk grasland aanwezig. Het grootste gedeelte van de landbouwgrond is in gebruik als bouwland waarop voornamelijk maïs, groenten en aardappelen worden geteeld. In bijlage I zijn kaarten en een uitgebreidere gebiedsanalyse opgenomen waarbij wordt ingegaan op de hoogteligging, de grondsoorten, het landgebruik en de grondwatertrappen in het onderzoeksgebied.

4.2. Watersysteem

4.2.1. Historie

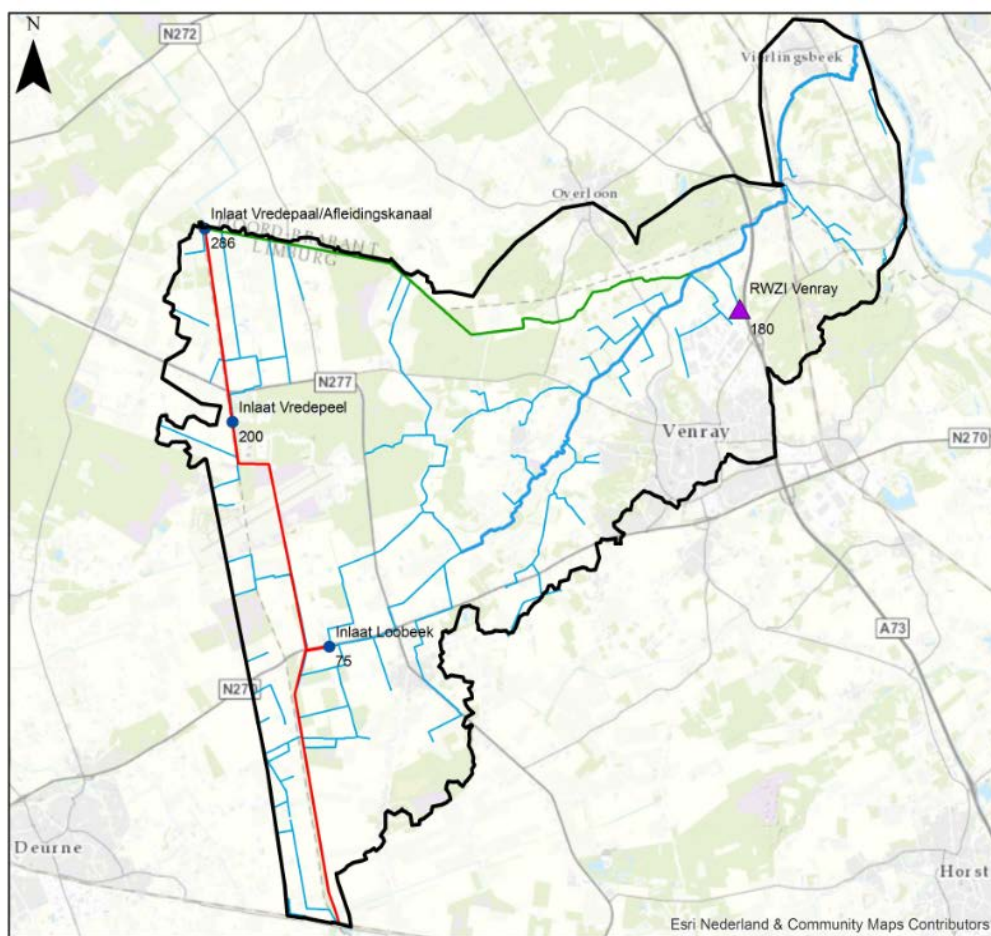
De Loobeek is ontsprongen in de Peel. Het beekje zorgde voor de afwatering van het veengebied. Aan het einde van de 19^e eeuw / begin 20^e eeuw is een groot deel van het brongebied ontgonnen. Het aanwezige veen is verdwenen door vervening (turfwinning). Het veen werd afgevoerd via kanalen. Na afronding van de ontginning werd het gebied in gebruik genomen als landbouwgrond, of werden naaldbossen aangeplant. Dit naaldhout diende als stuthout voor de mijnen. Als gevolg van deze ontginningen veranderde ook de functie en het regime van de Loobeek. De Loobeek dient nu voor de ontwatering van de achterliggende landbouwgebieden. Samen met het verdwijnen van het veen is ook de sponswerking verdwenen. Hierdoor wordt het regenwater aanzienlijk sneller afgevoerd en moest de doorstroming van de Loobeek worden verbeterd. In droge tijden stond de beek daarentegen juist vaak droog.

Om de afwatering in het gebied ten noorden van de Loobeek verder te bevorderen is na de Tweede Wereldoorlog het Afleidingskanaal gegraven. In de jaren 60 en 70 is de Loobeek tijdens de ruilverkaveling verder genormaliseerd. Destijds zijn ook een groot aantal stuwen (bijlage J) in het gebied geplaatst om droogte tegen te gaan en de landbouwfunctie verder te verbeteren. (Haartsen, 2005) (E. Binnendijk, 2014)

4.2.2. Aanvoersysteem

Het water dat in het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek (figuur 3) stroomt is afkomstig van verschillende bronnen. Naast de gebiedseigen afvoer, als gevolg van de ontwatering van de percelen in het stroomgebied van het waterlichaam, is ook water afkomstig uit de RWZI Venray (effluent). Daarnaast wordt met behulp van drie inlaten gebiedsvreemd water uit het Peelkanaal ingelaten. In figuur 3 en 4 is een overzicht weergegeven van de verschillende inlaatpunten in het gebied. Dit gebiedsvreemde water, oorspronkelijk voor een groot deel afkomstig uit de Maas, wordt via de Zuid Willemsvaart, het Kanaal van Deurne en de Helenavaart naar het Peelkanaal aangevoerd (zie bijlage K voor het aanvoersysteem in Nederland). (Bode, 2017)

Van de drie inlaten voert inlaat Vredepaal/Afleidingskanaal het grootste deel van het gebiedsvreemde water aan. Waterschap Aa en Maas vraagt, om verdroging tegen te gaan in de zomer, een vast debiet voor het gebied ten noorden van het Afleidingskanaal/Peelkanaal. Het overtollige water wordt via het Afleidingskanaal richting de Maas afgevoerd. De andere inlaat, inlaat Vredepeel, voert water aan richting de Aanvoerleiding Vredepeel (figuur 4, linkerzijde). Deze aanvoerleiding dient voor de irrigatie van het landbouwgebied. Het water in de betreffende irrigatiekanalen stroomt vervolgens naar het Afleidingskanaal. (Bode, 2017)

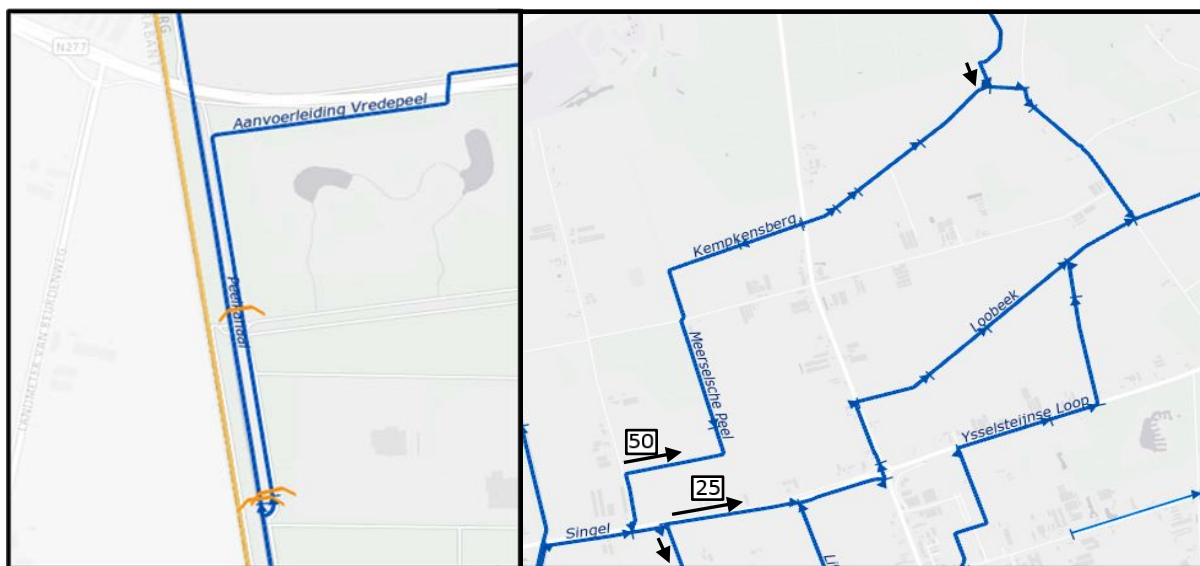


Legenda

- ▲ RWZI
- Inlaat water (l/s)
- Afleidingskanaal
- Aanvoerkanaal (Peelkanaal)
- KRW-Lichaam Loobeek-Molenbeek (Loobeek, Afleidingskanaal en Molenbeek)

0 1.5 3 4.5 6 Kilometers

Figuur 3: Aanvoerpunten gebiedsvreemd water (debiet is zomergemiddelde).



Figuur 4: Detaillering inlaat Vredepeel (links) en inlaat Loobeek (rechts) (Limburg, Legger Noord-Limburg, 2017).

Inlaat Loobeek (Singel) (figuur 4, rechterzijde) is eind 2014/begin 2015 buiten werking getreden. Voorheen werd bij dit inlaatwerk met behulp van een gemaal het water drie kanten op gestuurd: 50 l/s richting de Meerselsche Peel, 25 l/s richting de Loobeek en 25 l/s om het lokale systeem door te spoelen. De Meerselsche Peel vloeit uiteindelijk weer samen met de Loobeek, waardoor 75 l/s gebiedsvreemd water in de Loobeek terecht kwam via 'inlaat Loobeek'. De inlaat is stopgezet met het doel om minder gebiedsvreemd water in het systeem van de Loobeek aan te voeren (Bode, 2017).

4.3. Waterkwaliteit (N en P)

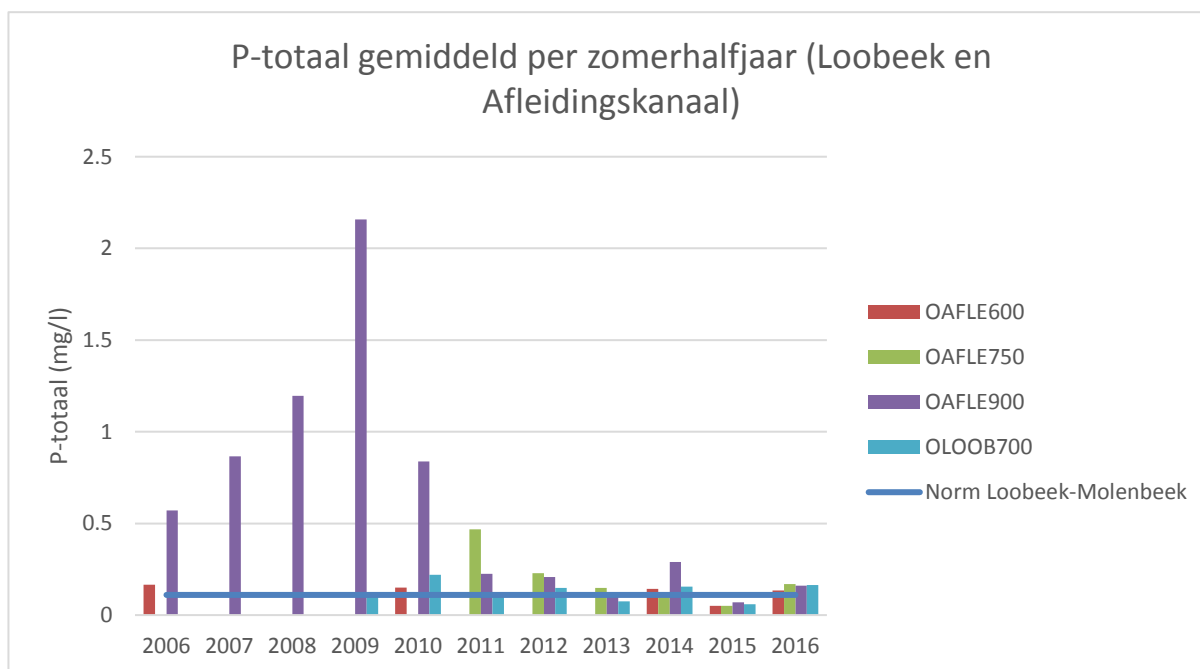
In deze paragraaf volgt een beschrijving van de ontwikkeling van de waterkwaliteit in het waterlichaam in de afgelopen 10 jaar. Tijdens het onderzoek heeft een veldbezoek plaatsgevonden waarbij indicatieve waterkwaliteitsmetingen zijn uitgevoerd. De bevindingen en resultaten van de waterkwaliteitsmetingen gedurende dit veldbezoek zijn opgenomen in bijlage L.

4.3.1. Meetgegevens

De waterkwaliteit binnen het onderzoeksgebied wordt op diverse punten gemeten. In bijlage B is een kaart van de meetpunten voor waterkwaliteit toegevoegd. In tabel 5 is te zien bij welke watergang de meetpunten horen. De stikstof- en fosforconcentraties zijn in de afgelopen jaren een aantal keer per kwartaal gemeten. In figuur 5 zijn de gemiddelde fosforconcentraties in het zomerhalfjaar in mg/l weergegeven voor de verschillende meetpunten in de Loobeek en het Afleidingskanaal. Vanaf 2010 schommelen de fosforconcentraties rond de norm op de verschillende meetlocaties. Voorafgaand aan 2010 is met name meetdata beschikbaar van punt OAFLE900. Het valt op dat de fosforconcentraties voorafgaand aan 2010 op dat meetpunt hoger waren.

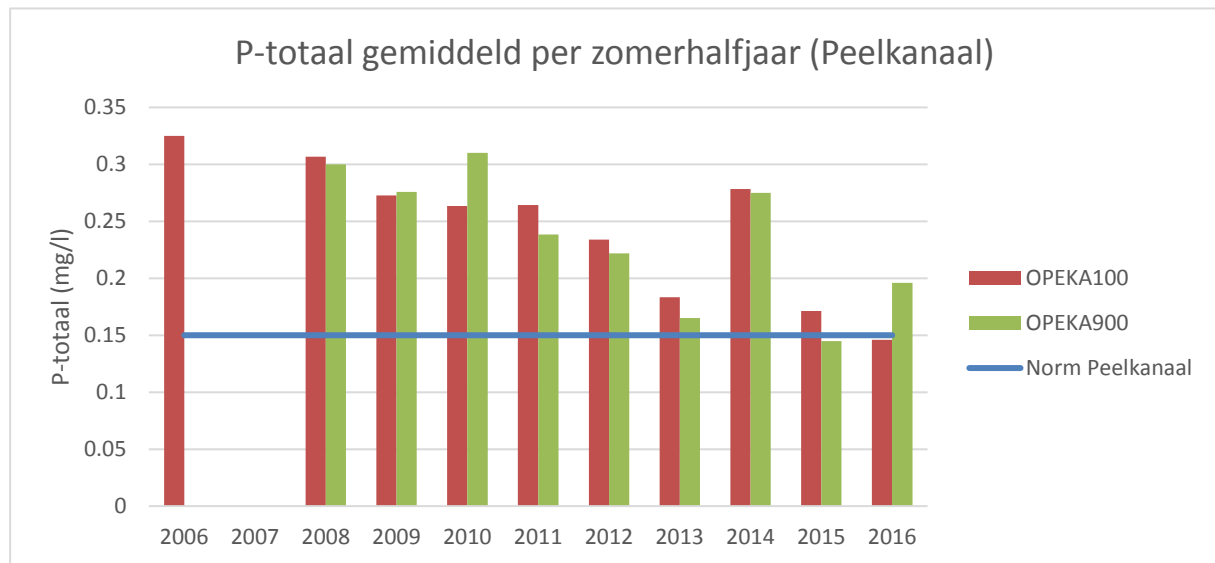
Tabel 5: Meetpunten waterkwaliteit.

Waterlichaam	Meetpunt
Aflidingskanaal	OAFLE600
	OAFLE750
	OAFLE900
Loobeek	OLOOB700
Peelkanaal	OPEKA100
	OPEKA900



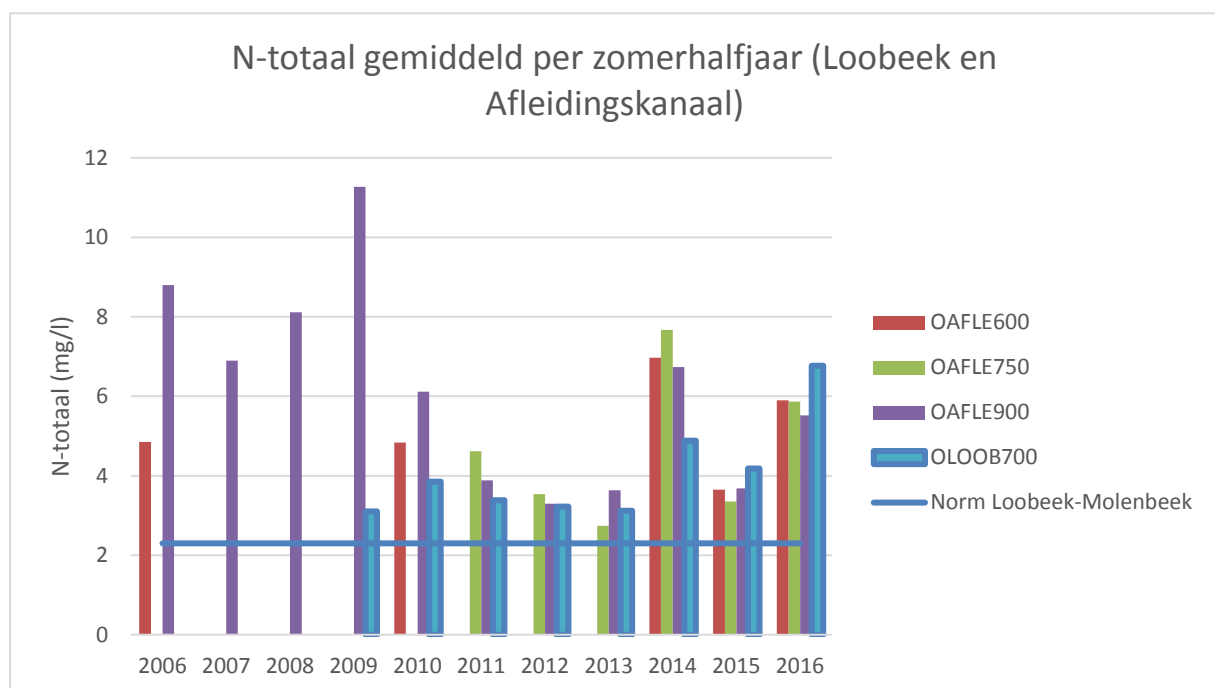
Figuur 5: Gemiddelde fosforconcentraties gedurende het zomerhalfjaar voor de Loobeek en het Afleidingskanaal.

In het Peelkanaal, dat water aanvoert naar het waterlichaam Loobeek-Molenbeek, werd de norm tussen 2006 en 2016 vooral overschreden gedurende het zomerhalfjaar (figuur 6). Alleen in de laatste twee jaar werd de norm op sommige locaties behaald. Voor het jaar 2007 is overigens geen meetdata beschikbaar.



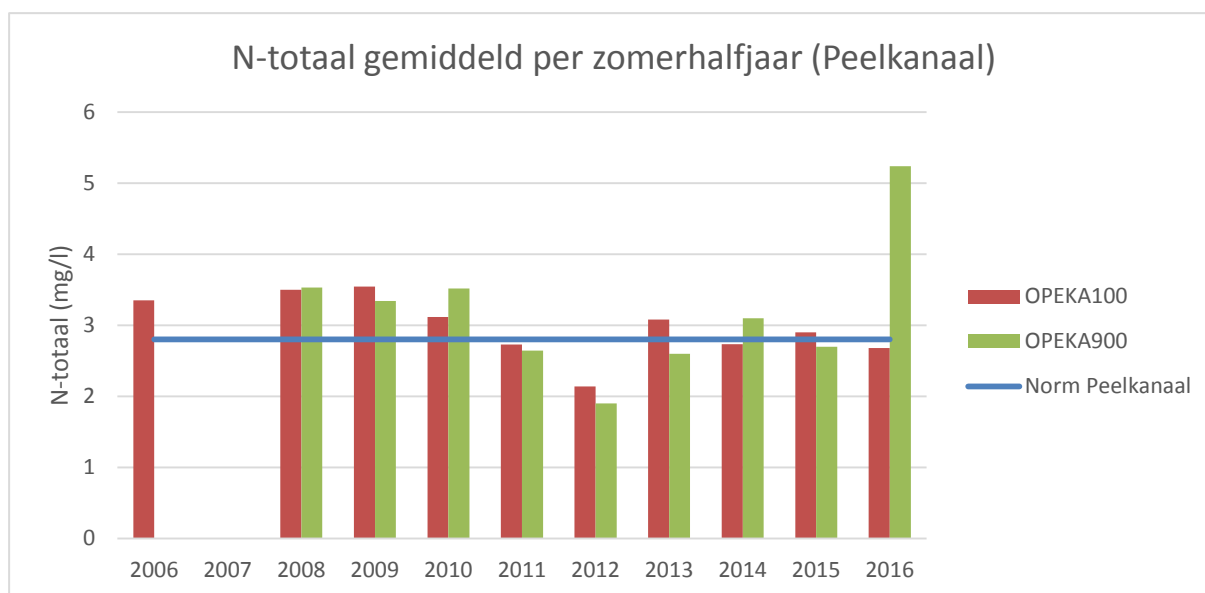
Figuur 6: Gemiddelde fosforconcentraties gedurende het zomerhalfjaar voor het Peelkanaal.

In figuur 7 zijn de gemiddelde concentraties stikstof gedurende het zomerhalfjaar tussen 2006 en 2016 op verschillende meetpunten in het Afleidingskanaal en de Loobeek weergegeven. De norm wordt in alle jaren overschreden.



Figuur 7: Gemiddelde stikstofconcentraties gedurende het zomerhalfjaar voor de Loobeek en het Afleidingskanaal.

In het Peelkanaal schommelde de concentratie stikstof op de verschillende meetpunten tussen 2006 en 2016 rond de norm (zie figuur 8). In het zomerhalfjaar van 2016 is een opvallende verhoging te zien van de concentratie stikstof in meetpunt OPEKA900. Dit is mogelijk te verklaren doordat er veel neerslag is gevallen in de maand juni, waardoor sprake was van een verhoogde uit- en afspoeling van de landbouwgronden (Bode, 2017).



Figuur 8: Gemiddelde stikstofconcentraties gedurende het zomerhalfjaar voor het Peelkanaal.

4.3.2. Doelgat

In het onderzoek is specifiek gekeken naar het doelgat gedurende de zomerhalfjaren van 2011, 2012 en 2014 (modeljaren, zie paragraaf 2.4.2). Uit de analyse blijkt dat de gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties voor deze zomerhalfjaren respectievelijk 4,64 en 0,24 mg/l bedragen voor het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal (meetpunt OAFLE900). Voor de Loobeek (meetpunt OLOOB700) is de gemiddelde kwaliteit gedurende deze jaren respectievelijk 3,72 en 0,15 mg/l. De meetgemiddeldes van de concentraties stikstof en fosfor gedurende de zomerhalfjaren van 2011, 2012 en 2014 zijn aanzienlijk hoger dan de in 2015 opgestelde normen (2,3 en 0,11 mg/l). In tabel 6 is een overzicht weergegeven van de gemiddelde concentraties inclusief de benodigde reductie om aan de in 2015 opgestelde doel te voldoen.

Tabel 6: Overzicht huidige toestand en het doel voor het KRW-waterlichaam.

	Huidige kwaliteit (2011, 2012 en 2014)	Doel	Benodigde reductie
N (OAFLE900)	4,64 mg/l	2,3 mg/l	-50,4%
P(OAFLE900)	0,24 mg/l	0,11 mg/l	-54,3%
N (OLOOB700)	3,72 mg/l	2,3 mg/l	-38,2%
P (OLOOB700)	0,15 mg/l	0,11 mg/l	-26,7%

5. Vrachtenanalyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de vrachtenanalyse behandeld. Eerst wordt, ten behoeve van de interpretatie van deze resultaten, ingegaan op de betrouwbaarheid van het gebruikte (aangepaste) model (WPM versie 1.2.B). In bijlage M is een inventarisatie van het originele WPM model (versie 1.2.) opgenomen. Hierin wordt ingegaan op de debieten, emissiebronnen en clustering en de aanpassingen die zijn gedaan om tot het vernieuwde model (WPM versie 1.2.B.) te komen.

5.1. Betrouwbaarheid

In bijlage N is de validatie van het gebruikte model opgenomen. Het model is zowel gevalideerd voor de hydrologie als voor de waterkwaliteit (stikstof en fosfor). De modeldebieten worden als betrouwbaar beschouwd wanneer deze meer dan 50% afwijken van de meetwaardes (Validatie kalibratie hydrologie model 1.2, 2016). Voor de waterkwaliteit (stikstof en fosfor) worden de modelwaardes als goed tot matig gezien wanneer deze tussen de 0% en 60% afwijken van de meetwaardes (Snijders, 2016).

Hydrologisch gezien wordt het gebruikte model als betrouwbaar beschouwd voor het zomerhalfjaar. De stikstofconcentraties van het model gedurende het zomerhalfjaar worden ook betrouwbaar geacht. Er is daarbij sprake van een kleine onderschatting. De gemodelleerde fosforconcentraties in het model van het Afleidingskanaal worden gezien als betrouwbaar, maar die in de Loobek niet. In de Loobek is sprake van een overschatting van de fosforconcentratie. Hierbij wijken de modelwaardes gemiddeld meer dan 60% af van de werkelijke waardes. De modelwaardes worden daarom gezien als slecht betrouwbaar. Door deze afwijking in de Loobek is ook in het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal sprake van een overschatting van de gebiedseigen fosforvracht in het model.

5.2. Resultaten Vrachtenanalyse

Gedurende de vrachtenanalyse zijn drie watergangen in het onderzoeksgebied geanalyseerd (figuur 9). De Loobek en het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal vormen samen het waterlichaam Loobek-Molenbeek. De herkomst van de stikstof- en fosforvracht op de drie bijhorende referentiepunten (paragraaf 2.4.1.) verschilt. In tabel 7 is een overzicht weergegeven, waarbij de herkomstpercentages voor de verschillende stoffen (N, P, Q) per referentiepunt worden vergeleken. Daarbij bestaan de debieten die zijn onderverdeeld bij 'landbouw en natuur' uit grondwater. In bijlage O zijn grafieken van deze tabel opgenomen waarbij een nadere uitsplitsing wordt gemaakt in de verschillende emissietypen.

Tabel 7: Overzichtstabel herkomst van stikstof (N), fosfor (P) en het debiet (Q) op de referentiepunten.

Sectie	N / P / Q	Gebiedseigen		Gebiedsvreemd		
		RWZI Venray	Landbouw en natuur	België	RWZI Weert	Landbouw en natuur
Afleidingskanaal benedenstrooms	N	51%	28%	18%	2%	0%
	P	43%	32%	21%	4%	0%
	Q	22%	25%	51%	2%	0%
Afleidingskanaal bovenstrooms	N	0%	14%	76%	9%	0%
	P	0%	8%	77%	15%	0%
	Q	0%	7%	90%	3%	0%
Loobek	N	0%	84%	10%	1%	1%
	P	0%	85%	12%	2%	0%
	Q	0%	69%	29%	1%	0%

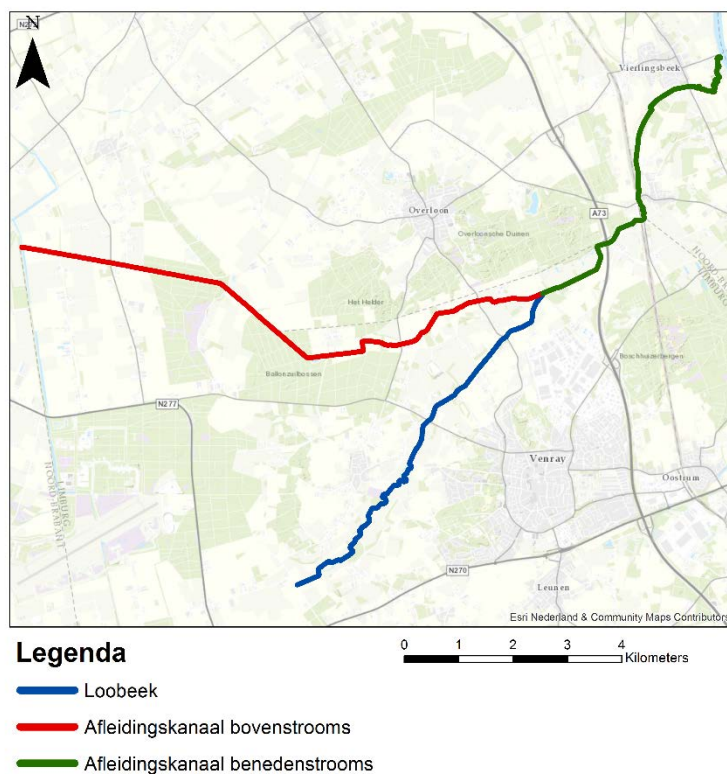
* Het betreft voornamelijk de emissie uit de landbouw (bijlage O)

5.2.1. Debieten

Het gebiedsvreemd water heeft op de meeste referentiepunten een aanzienlijk aandeel in het debiet. In het benedenstroomse- en bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal bestaat gedurende het zomerhalfjaar meer dan de helft van het aanwezige water uit aanvoerwater uit België. Alleen in de Loobek is meer gebiedseigen water aanwezig dan gebiedsvreemd water. In het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal is ook een aanzienlijk invloed merkbaar van de RWZI Venray. Overigens kan opgemerkt worden dat de RWZI in Weert alle punten ook nog een klein aandeel heeft in de herkomst van het water.

5.2.2. Stikstof

In het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal is de helft van de stikstofvracht afkomstig uit het effluent van RWZI Venray. Voor de rest wordt de herkomst voornamelijk gevormd door gebiedseigen emissies (landbouw en natuur) en het aanvoerwater uit België. Een klein deel van de vracht stikstof in alle watergangen is afkomstig van het effluent van de RWZI in Weert. In het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal is te zien dat het grootste deel van de vracht stikstof afkomstig is uit het aanvoerwater van België. De RWZI in Weert heeft hier een groter aandeel van 9%. Daarnaast is een klein deel van de stikstofvracht op dit punt afkomstig van de landbouw en natuur binnen het gebied zelf. In de Loobeeek is een groot deel van de stikstofvracht afkomstig uit de gebiedseigen emissies (landbouw en natuur). Een klein deel van de herkomst kent zijn oorsprong in het aanvoerwater uit België. Gebiedsvreemde landbouw en natuur en de overige



Figuur 9: Geanalyseerde watergangen.

gebiedseigen emissies hebben een verwaarloosbaar aandeel in de herkomst. De (geclusterde) emissie van landbouw en natuur op de referentiepunten bestaat hoofdzakelijk (>90%) uit de uit- en afspoeling van landbouw- en natuurgronden (zie bijlage O). De grootste emissie is hierbij afkomstig uit de landbouw. De natuur heeft slechts een klein aandeel in de stikstofvracht (bijlage Q)

5.2.3. Fosfor

Voor fosfor is de herkomst vergelijkbaar met die van stikstof. In het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal is te zien dat het grootste deel van de fosforvracht afkomstig is van de RWZI in Venray. Daarnaast bestaat de herkomst voornamelijk uit de landbouw en uit het aanvoerwater uit België. De RWZI in Weert heeft voor fosfor een groter aandeel in de herkomst op deze twee punten dan in de herkomst van stikstof. Bovenstrooms in het Afleidingskanaal is wederom te zien dat de herkomst van fosfor voornamelijk bestaat uit het aanvoerwater uit België, gebiedseigen emissies (landbouw en natuur) en de RWZI in Weert. In de Loobeeek bestaat de herkomst voornamelijk uit gebiedseigen emissies (landbouw en natuur). Een klein deel omvat de aanvoer uit België en het effluent van de RWZI in Weert.

5.2.4. Belangrijkste emissiebronnen

In het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal hebben de RWZI van Venray en de gebiedseigen emissies (landbouw en natuur) het grootste aandeel in de vrachten van stikstof en fosfor. De vracht/debiet verhouding van deze bronnen is relatief groot ten opzichte van de andere bronnen (zie tabel 7).

In de Loobeeek bestaat de herkomst van het debiet en de nutriëntenvracht hoofdzakelijk uit gebiedseigen emissies. De aanvoer uit België heeft ook een klein aandeel, maar de gebiedseigen emissies blijven de belangrijkste bron die aangepakt moet worden in deze watergang.

In het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal bestaat de herkomst van het debiet en de vrachten van stikstof en fosfor voornamelijk uit de aanvoer uit België.

6. Maatregelen verminderen N en P

In dit hoofdstuk is met behulp van de informatie uit de voorgaande hoofdstukken gezocht naar passende maatregelen om de stikstof- en fosforconcentratie in het waterlichaam Loobeek-Molenbeek te verminderen. Hierbij wordt eerst gekeken naar emissieveranderingen als gevolg van het uitgevoerde beleid en ingrepen in het gebied tot 2027. Daarnaast zijn aanvullende maatregelen opgesteld die tot een verdere verlaging van de nutriëntenconcentratie in het water moet zorgen. De aanvullende maatregelen richten zich op de grootste bronnen van stikstof en fosfor: RWZI Venray en de uit- en afspoeling van landbouwgronden. Daarnaast zijn 'overige maatregelen' opgesteld, die tot een verdere verlaging van de stikstof- en fosforconcentratie kunnen leiden. De effecten van deze maatregelen zijn niet gekwantificeerd.

6.1. Verwachte verandering in de waterkwaliteit (2014-2027)

In deze paragraaf wordt ingegaan op de verwachte verandering van de waterkwaliteit (stikstof en fosfor) van het KRW-waterlichaam tussen 2014 en 2027 (referentiejaar en eindjaar KRW). Deze veranderingen worden veroorzaakt door emissieveranderingen die optreden als gevolg van het uitgevoerde beleid en ingrepen in het watersysteem.

6.1.1. Uitschakeling gemaal Loobeek (inlaat Loobeek)

Tot 2014 werd zoals beschreven in paragraaf 4.2.2. gebiedsvreemd water de Loobeek ingelaten via een gemaal. Het stilzetten van het betreffende gemaal heeft ook consequenties voor de stikstof- en fosforvrucht die het projectgebied binnenkomt, alsmede de concentraties die in het in het KRW-waterlichaam optreden. Om het effect van deze maatregel te kwantificeren is het stopzetten van het aanvoerwater in de KRW-verkenner doorgetrokken.



Figuur 10: Situatie bij gemaal Loobeek na stopzetten begin 2015 (links) en de Meerselsche Peel (rechts) (N.B. De leiding welke zichtbaar is, is geen onderdeel van het wateraanvoersysteem).

6.1.2. RWZI Venray (MUCT-proces-optimalisatie)

Met oog op de strengere normen voor het effluent (paragraaf 3.2) die in 2016 zijn ingegaan, is in 2012 en 2013 het MUCT-proces (Modified University of Cape Town Proces) op de zuivering in Venray verder geoptimaliseerd. Waterschapsbedrijf Limburg (WBL) heeft in 2012 en 2013 een praktijkonderzoek uitgevoerd, waarbij is onderzocht op welke wijze het MUCT-proces verder kan worden geoptimaliseerd. De aanleiding van dit onderzoek was het toepassen een MUCT-proces in de RWZI, waardoor al voor een groot deel aan de benodigde reductie op de zuivering werd voldaan. Procesoptimalisatie is dan een logische vervolgstap. (WBL, 2013)

Uit het onderzoek van WBL blijkt dat, met behulp van de proces-optimalisatie, de streefnormen voor de zomer (welke per 2016 zijn ingegaan) behaald kunnen worden. In tabel 8 zijn de effluentwaarden van de RWZI Venray voor de jaren 2011, 2012 en 2014 opgenomen, alsmede de jaargemiddelde effluentkwaliteit.

In 2014 is de effluentkwaliteit door stopzetting van de optimalisatiemaatregelen verslechterd vanwege kostenbesparing. Per 2016 is deze optimalisatie weer opgestart om aan de aangescherpte normen van de effluentkwaliteit te voldoen.

Om het verhoogde effluentgemiddelde (respectievelijk 6,96 en 0,54 mg/l voor stikstof en fosfor) voor de jaren 2011, 2012 en 2014 te corrigeren naar de effluentkwaliteit in 2016 (6 mg/l), moet een reductiepercentage in de KRW-verkenner worden toegepast. Het reductiepercentage voor stikstof en fosfor bedraagt respectievelijk 13,83 en 44,46 procent.

Tabel 8: Effluentconcentraties stikstof en fosfor na de procesoptimalisatie in 2012-2013 (WBL, 2013).

Fosfor	Zomergemiddelde waarde ⁽¹⁾ streefwaarde	Wintergemiddelde grenswaarde ⁽²⁾	Jaargemiddelde grenswaarde	Eenheid
Eis tot 2016	-	-	2	mg/l P
KRW-eis na 2016	0,3	0,6	0,5	mg/l P
2010	3,1		3	mg/l P
2010 / 2011		1,8		mg/l P
2011	1		1	mg/l P
2011 / 2012		0,52		mg/l P
2012	0,22		0,29	mg/l P
2012/2013		0,19		mg/l P
2013	0,26		0,22 ⁽³⁾	mg/l P

(1) zomer: april–september en (2) winter: oktober–april (3) jaargemiddelde 2013 t/m september 2013

Stikstof	Zomergemiddelde streefwaarde ⁽¹⁾	Wintergemiddelde grenswaarde ⁽²⁾	Jaargemiddelde grenswaarde	Eenheid
Eis tot 2016	-	-	10	mg/l N
KRW-eis na 2016	6	10	8	mg/l N
2010	8,2		13	mg/l N
2010 / 2011		9,6		mg/l N
2011	8,5		8,6	mg/l N
2011 / 2012		7,3		mg/l N
2012	6,1*		6,7	mg/l N
2012/2013		7,7		mg/l N
2013	5,9*		6,2 ⁽³⁾	mg/l N

*: afronding naar 6

6.1.3. RWZI Weert

Om de verbeteringen in de effluentkwaliteit van RWZI Weert te kwantificeren met behulp van de KRW-verkenner wordt de huidige effluentkwaliteit aangepast naar verwachte effluentkwaliteit in 2019 (zie tabel 9). Uit deze normen is op te maken dat naar aanleiding van de verscherpte normen voor de RWZI in Weert een reductie van 50% is te verwachten voor zowel stikstof als fosfor.

Tabel 9: Effluentkwaliteit en normen voor de RWZI Weert (Gommans, Informatie RWZI Weert, 2017) .

	Jaargemiddelde effluentkwaliteit RWZI Weert (huidig)	Huidige effluentnorm door RWS	Zomergem. effluentnorm per 2019	Wintergem. effluentnorm per 2019	Jaargem. effluentnorm per 2019
Stikstof	Ca. 20 mg/l	32,5 mg/l	8 mg/l	12 mg/l	10 mg/l
Fosfor	Ca. 2 mg/l	4,83 mg/l	0,8 mg/l	1,2 mg/l	1,0 mg/l

6.1.4. Gevolgen mestbeleid tot 2027

Als gevolg van het mestbeleid zijn de aanwendingsnormen voor meststoffen steeds lager geworden. Door deze strengere normen zijn de concentraties van stikstof en fosfor in het grond- en oppervlaktewater afgenomen. De verwachting is dat de daling van de uitspoeling tot 2027, als gevolg van na-ijling van meststoffen, hoofdzakelijk zal worden veroorzaakt door de aanscherping van de gebruiksnormen in de jaren 2001-2010. Het vijfde nitraat actie programma zal naar verwachting een geringe invloed hebben op de reductie van de uit- en afspoeling naar het grond- en oppervlaktewater. Dit wordt mede veroorzaakt doordat in de akkerbouw vanwege een groter aanbod van rundveedrijfmest minder varkensdrijfmest zal worden gebruikt. Rundveedrijfmest is uit financieel oogpunt gunstiger vanwege het hogere o.s.-gehalte en het lagere fosfaatgehalte in vergelijking met varkensdrijfmest. Hierdoor kan meer stikstof uit drijfmest worden aangewend en hoeft minder kunstmest te worden gebruikt. Echter heeft rundveedrijfmest een langere nawerking, waardoor meer uitspoeling plaatsvindt. (P. Groenendijk, 2016) (Groenendijk & Renaud, 2016)

Emissiereductie

De verwachting is dat tussen 2014 en 2027 de belasting van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater respectievelijk met 9% en 12% zal afnemen als gevolg van het aangescherpte mestbeleid (Groenendijk et al., 2015). De reductiepercentages voor het mestbeleid moeten voor STONE (de emissie van uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater uit landbouw- en natuurgronden) worden gecorrigeerd voor de aanwezigheid van natuur in het onderzoeksgebied. In bijlage P is een achtergrond over de werking van STONE opgenomen. Het netto reductiepercentage voor de stikstof- en fosforemissie uit STONE bedraagt voor stikstof en fosfor respectievelijk 8% en 9% procent in het onderzoeksgebied. In bijlage Q is een berekening met de totstandkoming van de emissiereductie voor STONE als gevolg van het mestbeleid opgenomen.

6.1.5. Peilgestuurde drainage

Als gevolg van het beleid dat door Waterschap Limburg wordt uitgevoerd moet in 2018 alle conventionele drainage zijn omgevormd naar peilgestuurde drainage. Dit zal invloed hebben op de emissie van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater.

Effect op af- en uitspoeling

Het omvormen van conventionele drainage naar peilgestuurde drainage heeft een reducerend effect op de uit- en afspoeling van stikstof van deze gedraineerde percelen. De lagere belasting van het oppervlaktewater wordt veroorzaakt doordat de grondwaterstand minder ver uitzakt. Bij een hogere grondwaterstand neemt de denitrificatie van stikstof toe. Deze hogere grondwaterstand heeft echter een negatief effect op de belasting van fosfor op het oppervlaktewater. Door de hogere grondwaterstand is de bodem vochtiger. Hierdoor neemt de omzetting van organisch gebonden fosfor af. Dit heeft tot gevolg dat er meer mobiel (organisch gebonden) fosfaat in het bodemvocht aanwezig is, wat gevoelig is voor uitspoeling. Hierdoor neemt de belasting van fosfor op het oppervlaktewater als gevolg van het toepassen van peilgestuurde drainage toe. De verwachting is dat als gevolg van het toepassen van deze maatregel een reductie van de emissie van stikstof van 30% op zal treden, de emissie van fosfor zal toenemen met 9%. De veranderingen in emissie zullen enkel optreden indien de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) niet lager dan 80 cm is. Bij een lagere GHG zal naar verwachting de grondwaterstand ook bij PGD onder de drainagebasis van conventionele drainage zakken; er is geen invloed op de emissie. (P. Groenendijk, 2016)

De huidige praktijk

In het projectgebied is 21% van de landbouwgrond gedraineerd. Er is nog niet veel peilgestuurde drainage aanwezig in het projectgebied. In bijlage R is een kaart met de aanwezige conventionele en peilgestuurde drainage opgenomen. In tabel 10 is het areaal peilgestuurde drainage en conventionele drainage weergegeven bij de verschillende grondwaterstanden.

Naast de percelen die peilgestuurde drainage hebben, kan er ook peilgestuurd worden gedraineerd via boerenstuwen. In bijlage S is een overzicht van deze stuwen opgenomen. Het is echter niet bekend in welke mate deze bijdragen aan de uitvoering van het beleid voor peilgestuurde drainage. Aangenomen wordt dat deze boerenstuwen voor de referentie jaren (2011, 2012 en 2014) niet bijdragen aan het areaal peilgestuurde drainage. Veel stuwen zijn verouderd (niet meer verstelbaar) of worden niet goed ingesteld. Daardoor zijn de optredende effecten niet te kwantificeren (Bode, 2017).

Tabel 10: Hectares per drainage-GHG-type.

Arealen	opp(ha)
PGD GHG >80 cm-mv	71
PGD GHG < 80 cm-mv	4
CD GHG >80 cm-mv	811
CD GHG <80 cm-mv	86

Emissiereductie

Als gevolg van het omvormen van alle conventionele drainage (bij een GHG > 80 cm – mv) naar peilgestuurde drainage zal een reductie optreden van 7% op de totale STONE-emissie van stikstof. De emissie van fosfor zal als gevolg van de verhoogde grondwaterstand toenemen met 1%. De berekeningen van deze emissieveranderingen zijn opgenomen in bijlage Q.

6.1.6. Kwantificering verwachte verandering waterkwaliteit 2014-2027

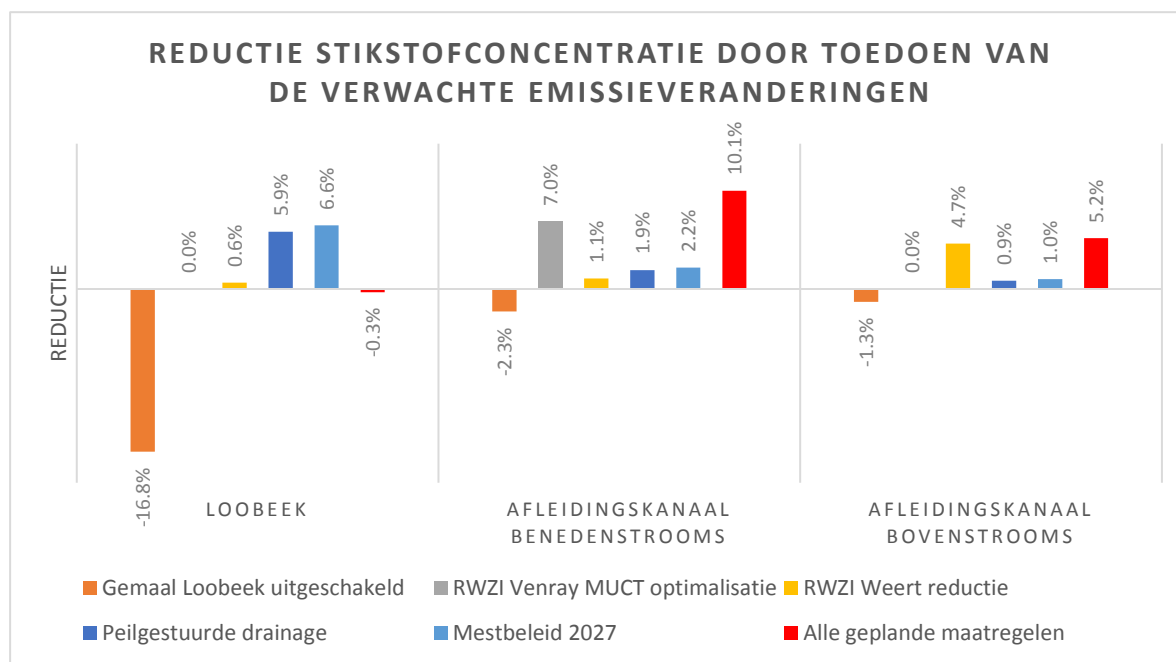
Met behulp van de KRW-verkenner zijn de effecten, van de verwachte emissieveranderingen door het beleid en de ingreep in het watersysteem, op de waterkwaliteit gekwantificeerd. In tabel 11 zijn de emissieveranderingen weergegeven ten opzichte van de uitgangssituatie. Hierbij is het buitenwerking stellen van het gemaal ten behoeve van de wateraanvoer van de Loobeek buiten beschouwing gelaten. Dit is een maatregel waarbij het debiet wordt uitgeschakeld op een specifiek punt, waardoor de emissie verdwijnt.

In figuur 11 zijn de opgetreden veranderingen in de stikstofconcentratie, door toedoen van de verwachte emissieveranderingen als gevolg van het beleid en de ingreep in het watersysteem, ten opzichte van de begintoestand (2014) weergegeven. Per watergang (Loobeek, Afleidingskanaal benedenstrooms, Afleidingskanaal bovenstrooms) zijn duidelijke verschillen zichtbaar. Opmerkelijk is dat de uitschakeling van het gemaal van de Loobeek zorgt voor een stijging van de stikstofconcentratie (16,8%) in de Loobeek.

De emissieveranderingen zorgen voor een reductie van 5,2% in het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal. In het benedenstroomse gedeelte wordt een reductie van 10,1% bereikt. In de Loobeek is ondanks de uitschakeling van het gemaal, sprake van een minimale stijging van de stikstofconcentratie met 0,3%.

Tabel 11: Gehanteerde reductiepercentages voor de emissie van stikstof en fosfor.

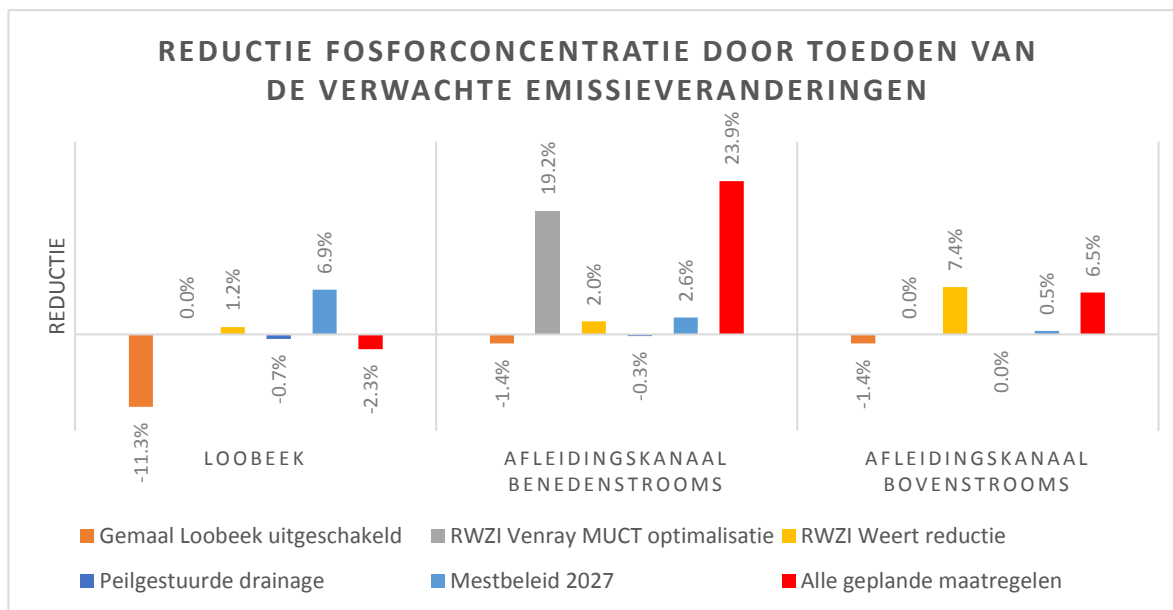
Geplande maatregel	Stikstof	Fosfor
RWZI Venray MUCT	-13,83%	-44,46%
RWZI Weert	-50,00%	-50,00%
Mestbeleid 2027	-8,44%	-9,47%
PGD	-7,18%	0,90%



Figuur 11: Optredende reductie van de stikstofconcentratie als gevolg van de verwachte emissieveranderingen.

In figuur 12 zijn de opgetreden veranderingen in de fosforconcentratie, door toedoen van de verwachte emissieveranderingen als gevolg van het beleid en de ingreep in het watersysteem, weergegeven. Ook de fosforconcentratie wordt in de verschillende secties negatief beïnvloed door de uitschakeling van het gemaal van de Loobeek. Opmerkelijk is de stijging van de fosforconcentratie in het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal door deze maatregel. Het toepassen van peilgestuurde drainage zorgt voor een minimale stijging van de fosforconcentratie. Een maatregel die een groot effect heeft, is de toepassing van de procesoptimalisatie van het MUCT-proces in de RWZI van Venray. Deze zorgt voor een daling van 19,2% in de concentratie fosfor in het benedenstroomse gedeelte van de Loobeek. Ook de reductie van fosfor in het effluent van de RWZI in Venray heeft nog een aanzienlijke invloed in het gehele Afleidingskanaal.

In het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal wordt een reductie van 6,5% bereikt, in het benedenstroomse gedeelte 23,9% en in de Loobeek is sprake van een stijging van de fosforconcentratie met 2,3%.



Figuur 12: Optredende reductie van de fosforconcentratie als gevolg van de verwachte emissieveranderingen.

In tabel 12 zijn de reducties van de stikstof- en fosforconcentratie, als gevolg van alle emissieveranderingen samen tussen 2014 en 2027, op de verschillende meetpunten te zien. Het blijkt dat voor zowel stikstof als fosfor nog een opgave resteert om in 2027 aan de gestelde normen te voldoen. In de Loobeek wordt door toedoen van de uitschakeling van het gemaal Loobeek de benodigde reductie van stikstof en fosfor groter. In de benedenstroomse sectie van het Afleidingskanaal worden wel reducties behaald. Voor stikstof resteert een reductie van 40% en voor fosfor resteert een reductie van 30%. Door toedoen van de reductie die door de verwachte emissieveranderingen en de ingreep in het watersysteem in 2027 bereikt wordt, zal onvoldoende bijgedragen worden aan het verlagen van de stikstof- en fosforconcentratie. Daarom zijn aanvullende maatregelen vereist.

Tabel 12: Kwantificering verwachte verandering waterkwaliteit 2014-2027.

Waterlichaam	SWU	Meetpunt	Stikstof			Fosfor		
			Benodigd	Behaald	Resterend	Benodigd	Behaald	Resterend
Loobeek	KL2464	OLOB700	38%	-12%	50%	27%	-19%	46%
Afleidingskanaal benedenstrooms	KL2460	OAFLE900	50%	10%	40%	54%	24%	30%
Afleidingskanaal bovenstrooms	KL2461	OAFLE600	-	5%	-	-	6%	-

6.2. Aanvullende maatregelen

In deze paragraaf worden aanvullende maatregelen behandeld welke kunnen bijdragen aan een verbetering van de stikstof- en fosforconcentratie in het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek.

6.2.1. RWZI Venray nageschakelde zandfiltratie

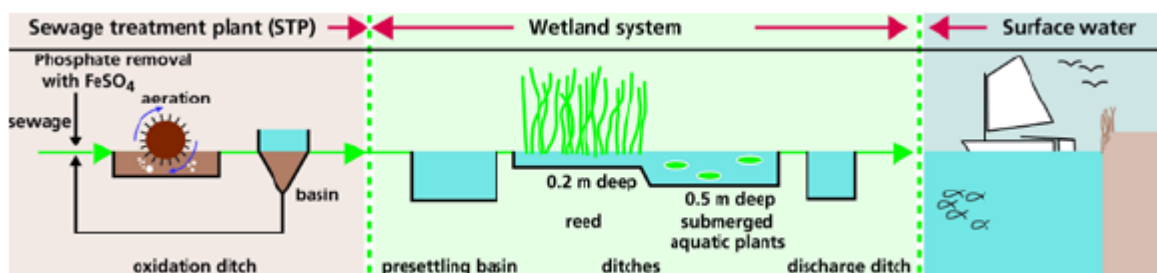
Uit onderzoek van Waterschapsbedrijf Limburg blijkt dat een verdere verbetering van de effluentkwaliteit mogelijk is door het toevoegen van een extra zuiveringsstap. Deze zuiveringsstap betreft een nabehandeling van het effluent door een extra filtratiestap. Daarbij wordt het water met een hoge stroomsnelheid door een zandpakket gepompt onder toediening van een overmaat aan koolstof, ijzer (hoge temperatuur) en aluminium (lage temperatuur) om respectievelijk de reststikstof en het restfosfaat te verwijderen. Door de schommelingen in het aanvoerdebiet van de RWZI (700 m³/h droogweerafvoer en 4800 m³/h regenwaterafvoer) wordt er vanuit gegaan dat 80% van het effluent door de filtratiebehandeling kan worden geleid. Het overige debiet zal via een bypass de RWZI verlaten. In tabel 13 zijn de reductiepercentages die ten opzichte van 2016 (RWZI Venray met geplande maatregel) zullen optreden als gevolg van de nageschakelde zandfiltratie weergegeven. (WBL, 2013)

Tabel 13: Effluentkwaliteit na extra filtratiestap.

Stof	100% behandeld met extra filtratiestap	80% behandeld met extra filtratiestap	Reductie t.o.v. situatie 2016 (bij 80% behandeld)
Stikstof	4,7 mg/l	5 mg/l	17%
Fosfor	0,14 mg/l	0,17 mg/l	29%

6.2.2. Nafiltering effluent RWZI Venray d.m.v. waterharmonica

Op diverse locaties in Nederland is in het verleden geëxperimenteerd met het zuiveren van het effluent van RWZI's met behulp van de zogenaamde 'waterharmonica'. De waterharmonica is een zuiveringsmoeras waarin het effluentwater (of een gedeelte daarvan) van een RWZI wordt nagezuiverd voordat dit op het oppervlaktewater wordt geloosd (figuur 13).



Figuur 13: Opzet van een waterharmonica (den Boomen & Kampf, 2012).

De moerasplanten in het zuiveringsmoeras, waaronder bijvoorbeeld riet, versterken onder andere de natuurlijke zuiveringscapaciteit van het water door het vangen van zwevende stof en het veranderen van de zuurstofhuishouding. In de zuiveringsmoerassen wordt door het riet stikstof en fosfor opgenomen uit de bodem. Een deel van het stikstof verlaat het systeem als stikstofgas door denitrificatie (STOWA, 2017). Fosfor kan overigens vastgelegd worden in de waterbodem in de vorm van bijvoorbeeld ijzerfosfaat of kan aan bodemcomplexen worden gebonden door adsorptie. (den Boomen R. v., 2004)

Extra verdere verlaging van fosfor in de helofytenfilters kan worden bereikt door toevoeging van ijzerzouten en calciumcarbonaat aan de bodem. (den Boomen & Kampf, 2012)

Emissiereductie

Op basis van de gegevens van de verschillende waterharmonica's in Nederland zijn aannames gemaakt voor de werking en eigenschappen van een nieuwe waterharmonica bij de RWZI van Venray. Er wordt aangenomen dat de jaargemiddelde zuiveringspercentages voor stikstof en fosfor van de concept-waterharmonica de gemiddelden zijn van de zuiveringspercentages van de in tabel 14 weergegeven waterharmonica's. De volgende zuiveringspercentages (reducties

t.o.v. de waterkwaliteit van het effluent) worden aangehouden: 22% voor stikstof en 14% voor fosfor. Daar de zuiveringspercentages jaargemiddeldes zijn, zal het zuiveringspercentage gedurende het zomerhalfjaar waarschijnlijk hoger liggen (den Boomen R. v., 2004). In dit scenario wordt al het effluent afkomstig van RWZI Venray door de waterharmonica gezuiverd.

Tabel 14: Jaargemiddelde zuiveringspercentages van stikstof en fosfor van waterharmonica's bij RWZI's in Nederland (den Boomen & Kampf, 2012).

RWZI	N- verwijdering % van belasting	P- verwijdering % van belasting
Grou	20%	38%
Eversteekooog	25%	8%
Land van Cuijk	17%	2%
Ootmarsum	24%	9%
Gemiddelde	22%	14%

6.2.3. Effluent RWZI Venray lozen op de Maas

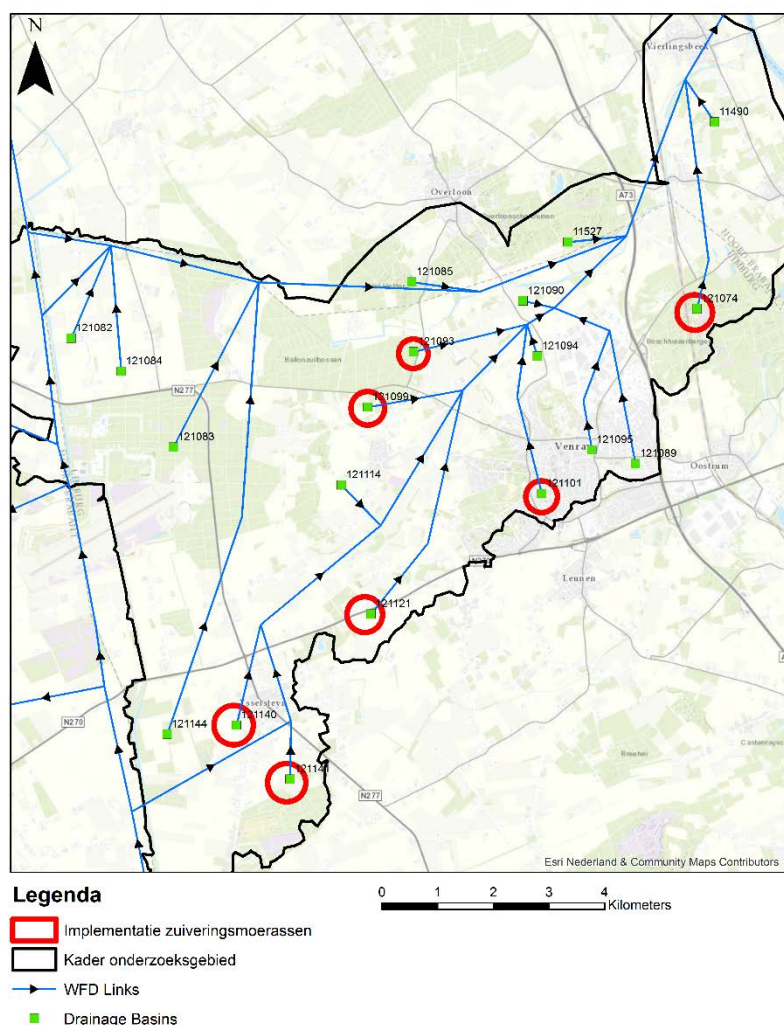
RWZI Venray loost het effluent op de Smakterveldlossing, waarna het het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek binnenstroomt (loost op het Afleidingskanaal). De kwaliteit van het effluent is slechter dan de norm die voor stikstof en fosfor geldt in het KRW-waterlichaam. Het effluent kan rechtstreeks op de Maas worden geloosd (hemelsbreed 4km), waardoor het effluent geen negatieve invloed op de waterkwaliteit heeft.

6.2.4. Aanleg zuiveringsmoerassen landbouwsloten

De waterkwaliteit van het KRW-waterlichaam kan worden verbeterd door het water uit landbouwsloten te zuiveren met behulp van zuiveringsmoerassen. Op deze wijze kan de concentratie van stikstof en fosfor op de kritieke punten (het KRW-waterlichaam) worden verbeterd met behoud van de huidige intensieve landbouw in het gebied.

Het zuiveren van deze landbouwsloten kan op verschillende manieren. In het verleden is de effectiviteit van diverse typen zuiveringsmoerassen onderzocht om het oppervlaktewater afkomstig uit de landbouw (o.a. drainwater) te zuiveren voordat het op een groter waterlichaam wordt geloosd (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011). Dit principe kan worden toegepast in de landbouwsloten in het onderzoeksgebied.

In dit scenario worden de effecten van het aanleggen van zuiveringsmoerassen langs de Loobeek en het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal gekwantificeerd. Deze zuiveringsmoerassen worden geplaatst bij de monding van de betreffende landbouwsloten in de Loobeek en het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal. Het water van de landbouwsloten wordt eerst door het zuiveringsmoeras geloodst voordat het in de Loobeek terecht komt. Om wateroverlast bij piekafvoeren te voorkomen, kan een stuw / overlaat worden aangelegd waardoor water bij piekafvoeren direct naar het waterlichaam kan stromen.



Figuur 14: Modelpunten waarvan de stikstof- en fosforvracht door een zuiveringsmoeras zal worden geleid (modelschematisatie KRW-verkenner).

Emissiereductie en implementatie in KRW-verkenner

Het uitgangspunt van dit scenario is om een aantal zuiveringsmoerassen aan te leggen langs verschillende landbouwsloten die afwateren op het waterlichaam Loobeek-Molenbeek. In het model zijn een aantal landbouwsloten uitgekozen voor het uitvoeren van deze maatregel. De emissies van stikstof en fosfor van de bijhorende afwateringseenheden (figuur 14) zijn representatief voor de vrachten in de betreffende watergangen. Het effect van de zuiveringsmoerassen is in het model geïmplementeerd door bij deze Drainage Basins alle emissies van stikstof en fosfor te reduceren met de bijhorende reductiepercentages.

De reducties zijn gebaseerd op een ontwerp¹ voor zuiveringsmoerassen dat is opgesteld tijdens een onderzoek van de WUR. De reducties voor stikstof en fosfor van de zuiveringsmoerassen zijn respectievelijk 30% en 50% (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011).

6.2.5. Rijenbemesting maïs

Door het toepassen van rijenbemesting in plaats van volveldse bemesting in de maïsteelt kan met een gereduceerde mestgift de gewasopbrengst gelijk blijven (Dijk, 2001). Eenzelfde gewasopbrengst kan worden gerealiseerd doordat de voedingsstoffen direct bij de wortel van de plant worden gebracht. Hierdoor wordt de nutriëntenopname verhoogt en kan met minder mest hetzelfde resultaat worden behaald. Om de effecten van het toepassen van rijenbemesting op de gebiedsgemiddelde stikstof- en fosforemissie als gevolg van uit- en afspoeling van landbouwgronden naar het grond- en oppervlaktewater in het projectgebied te bepalen met de KRW-verkenner, is het van belang om het reductiepercentage voor de STONE-emissie te bepalen. Voor het bepalen van het reductiepercentage is inzicht nodig in het aandeel maïs van het totale areaal in STONE (landbouw en natuur), de verwachte uitspoelvermindering en de verhouding tussen het gebiedsgemiddelde stikstofoverschot en het stikstofoverschot van maïs.

Maïsareaal

In tabel 15 staat een overzicht van het areaal maïs in verhouding tot het totale landbouwareaal in het projectgebied. Het lagere aandeel maïs in 2014 ten opzichte van de voorgaande jaren is te wijten aan de verscherpte eisen voor derogatie. Voor het doorrekenen in STONE wordt het gemiddelde areaal aangehouden (29,64%).

Tabel 15: areaal maïs in het projectgebied.

Jaar	Oppervlakte (ha)	Percentage landbouwgrond
2011	1502	29,55%
2012	1581	31,10%
2014	1437	28,27%

Stikstofoverschot maïs

Het stikstofoverschot van maïs is bepaald met behulp van kentallen voor netto gewasopname en de werkzame stikstof voortkomend uit de studie van Groenendijk (P. Groenendijk, 2016). In STONE wordt standaard gerekend met gebiedsgemiddelde aandelen van kunstmest, rundveedrijfmest en varkensdrijfmest. Het gebiedsgemiddelde stikstofoverschot is 70 kg (STONE, 2014). Het stikstofoverschot van maïs bedraagt 75,4 kg (zie bijlage Q voor een specificatie van de berekening). Hieruit kan worden geconcludeerd dat maïs een 8% hoger stikstofoverschot heeft dan het gebiedsgemiddelde stikstofoverschot.

Effect op emissie naar het oppervlaktewater

Bij het toepassen van rijenbemesting wordt voor een gelijkblijvende opbrengst een reductie van 34% van de drijfmestgift verondersteld (P. Groenendijk, 2016). Ook wordt het gebruik van kunstmest overbodig door een betere benutting van de beschikbare meststoffen (Dijk, 2001). Hierdoor wordt het lastig om de reductie van de uit- en afspoeling van nutriënten als gevolg van rijenbemesting exact te definiëren. Ook is de verbetering van de nutriëntenopname afhankelijk van de bodemconditie (storende lagen en bodemleven). Echter wordt aangenomen dat de totale uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater voor zowel stikstof als fosfor lineair verloopt² met de reductie van de drijfmestgift, waardoor de belasting op het oppervlaktewater met minimaal 34% afneemt daar er ook geen gebruik van kunstmest noodzakelijk is. Ook is er onzekerheid over het exacte reductiepercentage, daar in STONE wordt gerekend met een andere verdeling van de toegepaste meststoffen.

Emissiereductie

De totale reductie van de emissie voortkomend uit het STONE-model is als gevolg van het toepassen van rijenbemesting in de maïs 6% voor zowel stikstof als fosfor. In bijlage Q is een specificatie van de berekening van de reductie van stikstof opgenomen.

¹ Variant 4, (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011)

² Bij gevolgen mestbeleid tot 2027 (paragraaf 6.1.4) is voor stikstof en fosfor een gelijkwaardige emissiereductie aangetoond

6.2.6. Resultaat per aanvullende maatregel

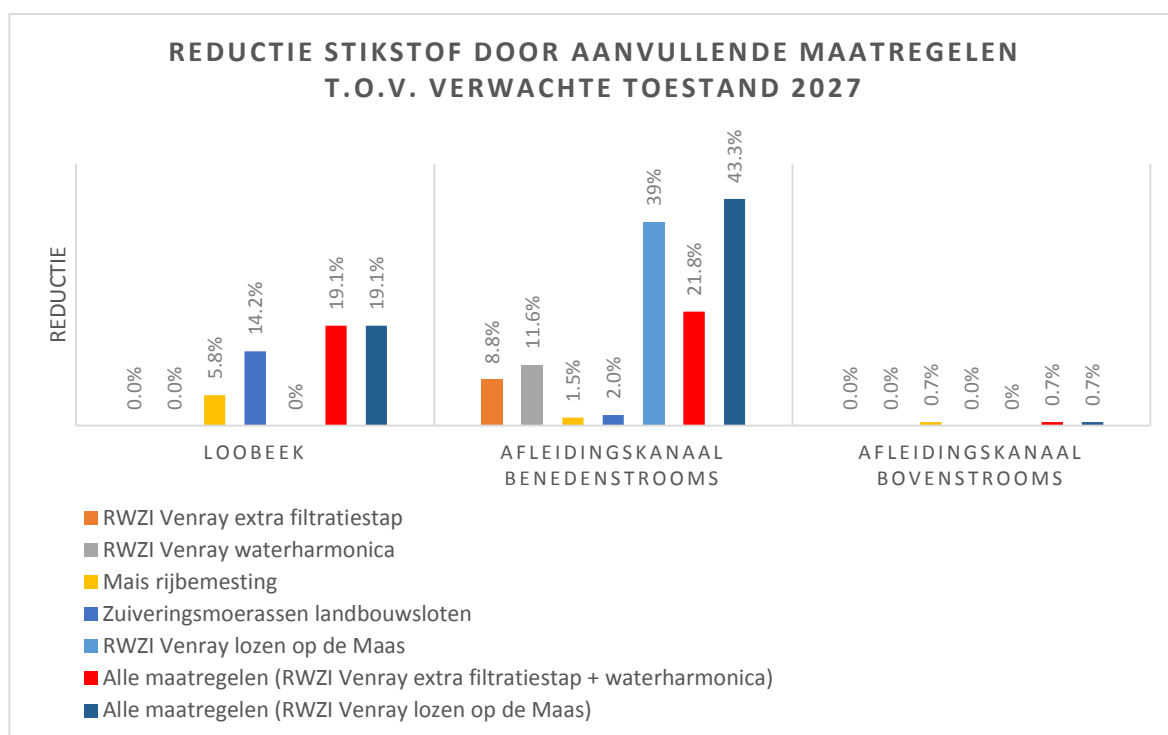
In deze paragraaf worden de effecten van de aanvullende maatregelen op de waterkwaliteit behandeld. In tabel 16 wordt een overzicht weergegeven met de emissieverandering voor stikstof en fosfor per aanvullende maatregel. Het lozen van het effluent van de RWZI Venray op de Maas is niet in dit overzicht meegenomen aangezien bij deze maatregel het debiet wordt uitgeschakeld. Daardoor heeft de RWZI in Venray, na het toepassen van deze maatregel, geen invloed op het debiet en de concentraties van stikstof en fosfor in het waterlichaam.

Tabel 16: Reducties stikstof en fosfor aanvullende maatregelen.

Aanvullend	Stikstof	Fosfor
RWZI Venray Nafiltratie	-17%	-29%
RWZI Venray waterharmonica	-22%	-14%
Zuiveringsmoerassen landbouwsloten	-30%	-50%
Rijenbemesting maïs	-6%	-6%

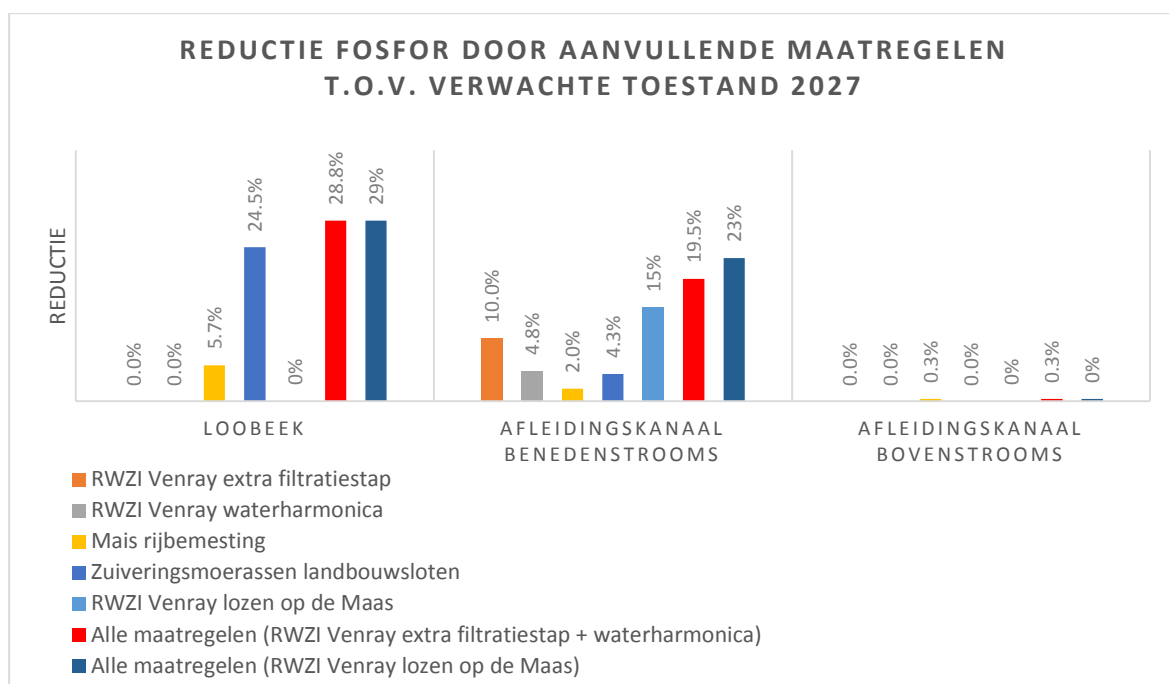
In figuur 15 zijn de reducties van de stikstofconcentratie per maatregel in de verschillende secties van het waterlichaam Loobeeek-Molenbeek weergegeven. Daarbij zijn de reducties uitgedrukt ten opzichte van de verwachte toestand in 2027 (paragraaf 6.1.6). Te zien is dat in het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal geen substantiële reducties worden bereikt. Dit is te verklaren doordat de maatregelen gericht zijn op het verminderen van de gebiedseigen emissies. Het Afleidingskanaal bovenstrooms voert hoofdzakelijk gebiedsvreemd water aan. In de Loobeeek wordt met het toepassen van zuiveringsmoerassen in de landbouwsloten de grootste reductie behaald.

In het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal lopen de effecten van de verschillende maatregelen voor de RWZI Venray uit elkaar. De meest effectieve maatregel is het afkoppelen van het effluent van de RWZI (lozen op de Maas). Deze maatregel is effectiever dan een combinatie van de overige twee aanvullende maatregelen voor de RWZI (extra filtratiestap en waterharmonica).



Figuur 15: Optredende reducties in stikstof als gevolg van aanvullende maatregelen ten opzichte van initiële toestand 2027.

In figuur 16 zijn de reducties in fosforconcentratie ten opzichte van de verwachte toestand in 2027 weergegeven. In de Loobeeek zorgt de aanleg van zuiveringsmoerassen in de zijtakken voor een flinke reductie van de fosforconcentratie. Voor het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal lijkt de afkoppeling van het effluent van de RWZI Venray de meest effectieve maatregel.



Figuur 16: Optredende reducties in fosfor als gevolg van aanvullende maatregelen ten opzichte van initiële toestand 2027.

6.3. Reductie totaal maatregelenpakket

In deze paragraaf wordt ingegaan op de behaalde reductie ten opzichte van de referentiesituatie (2014) als gevolg van het combineren van de verwachte waterkwaliteitsverandering tot 2027 en de aanvullende maatregelen. Er zijn twee verschillende maatregelenpakketten opgesteld. Maatregelenpakket 1 bevat alle reducerende maatregelen, namelijk: de maatregelen die een reducerende werking hebben op de landbouwemissie, RWZI Weert en RWZI Venray (nafilratie en waterharmonica). Bij maatregelenpakket 2 worden de maatregelen voor het reduceren van de emissie van RWZI Venray gestopt en wordt het effluentwater direct afgevoerd naar de Maas.

6.3.1. Maatregelenpakket 1

In tabel 17 is een overzicht te zien van de behaalde reducties op de stikstof- en fosforconcentratie die op de verschillende meetpunten wordt bereikt door middel van maatregelenpakket 1. De normen worden naar verwachting niet behaald bij toepassing van dit maatregelenpakket. De grootste reducties voor stikstof en fosfor worden in het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal behaald.

Tabel 17: Overzicht realisatie doelstellingen en resterend doelgat bij toepassing maatregelenpakket 1.

Waterlichaam	SWU	Meetpunt	Reductie stikstof-totaal			Reductie fosfor-totaal		
			Benodigd	Behaald	Resterend	Benodigd	Behaald	Resterend
Loobeeek	KL2464	OLOB700	38%	15%	23%	27%	20%	7%
Afleidingskanaal benedenstrooms	KL2460	OAFLE900	50%	30%	20%	54%	39%	15%
Afleidingskanaal bovenstrooms	KL2461	OAFLE600	-	6%	-	-	7%	-

6.3.2. Maatregelenpakket 2

In tabel 18 is een overzicht te zien van de reducties in stikstof- en fosforconcentraties die op de verschillende meetpunten worden bereikt bij het toepassen van maatregelenpakket 2. De effecten van dit maatregelenpakket wijken uiteraard alleen in het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal af van de behaalde resultaten met maatregelenpakket 1. Met behulp van dit maatregelenpakket lijkt de norm voor stikstof in dit gedeelte wel behaald te worden. De behaalde reducties voor fosfor verschillen bijna niet bij de twee maatregelenpakketten.

Tabel 18: Overzicht realisatie doelstellingen en resterend doelgat bij toepassing maatregelenpakket 2.

Waterlichaam	SWU	Meetpunt	Stikstof-totaal			Fosfor-totaal		
			Benodigd	Behaald	Resterend	Benodigd	Behaald	Resterend
Loobeek	KL2464	OLOOB700	38%	15%	23%	27%	20%	7%
Afleidingskanaal benedenstrooms	KL2460	OAFLE900	50%	50%	0%	54%	40%	14%
Afleidingskanaal bovenstrooms	KL2461	OAFLE600	-	6%	-	-	7%	-

6.4. Overige maatregelen

Naast de aanvullende maatregelen waarvan de effecten op de waterkwaliteit zijn gekwantificeerd, zijn er ook maatregelen die lastiger te kwantificeren zijn, maar wel een bijdrage kunnen leveren aan het verbeteren van de waterkwaliteit. Het betreffen hoofdzakelijk maatregelen die voor een vermindering van de landbouwemissie kunnen zorgen, zonder dat deze direct invloed hebben op het bedrijven van de landbouw zelf (opbrengst). Ook zal worden ingegaan op de verbetering van het aanvoerwater.

Bodemverbetering

De toestand van de bodem heeft veel invloed op de bodemprocessen en daarmee de gewasontwikkeling. Een slechte bodemstructuur heeft een negatieve invloed op de uit- en afspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. Bodemverdichting en een slechte toestand van organische stof zijn hierbij het grootste probleem. Beide problemen komen op zandgronden veelvuldig voor (P. Groenendijk, 2016). Ook in het projectgebied spelen deze problemen. Bodemverdichting (meer dan 50% van de bodems zijn verdicht) heeft een slechte gewasontwikkeling tot gevolg: door de verdichte lagen kan het gewas slecht wortelen en is er gebrek aan water, nutriënten en zuurstof. Door de verminderde nutriëntenopname en de verhoogde kans op afspoeling (water kan minder goed in de bodem infiltreren) neemt de stikstof- en fosforbelasting van het grond- en oppervlaktewater toe. Door een gebrek aan organische stof is de waterhuishouding en structuur van de bodem slechter: door de sponswerking van organische stof neemt het waterbergende vermogen van de bodem toe en zal er minder oppervlakkige afspoeling plaatsvinden. Ook zal door de betere vochthuishouding en structuur van de bodem de gewasontwikkeling verbeteren; de nutriëntenopname zal beter zijn dan bij een verdichte bodem. (P. Groenendijk, 2016)

Een aantal maatregelen die bijdragen aan een betere toestand van de bodem en derhalve aan een vermindering van de nutriëntenbelasting uit de landbouw zijn:

- Diepwoelen: hierbij worden de verdichte lagen in de bodem losgebroken: het gewas kan daardoor beter wortelen en de waterhuishouding verbetert;
- Land bewerken en oogsten bij geschikte omstandigheden (niet te nat), structuurschade wordt tegengegaan;
- Verhogen organisch stofgehalte en stimuleren bodemleven door aanvoer van extra organische stof en de juiste gewasselectie (b.v. granen);
- Diepwortelende gewassen, hierdoor wordt de structuur van de bodem en de nutriëntenopname verbeterd. (P. Groenendijk, 2016)

Erfafspoeling

Door zorgvuldiger te werken en bronnen van erfafspoeling (voederresten en mest) op het erf te verminderen en op te ruimen kan worden voorkomen dat de nutriënten naar het oppervlaktewater afspoelen. Het verminderen van de erfafspoeling is een maatregel die vooral op kleine schaal (kleine watergangen naast een boerderij) tot een verbetering van de waterkwaliteit kan leiden. Het effect van het verminderen van de erfafspoeling op de kwaliteit van het KRW-waterlichaam is niet te kwantificeren. Hiervoor is eerst uitgebreid onderzoek nodig naar de huidige situatie en de invloed daarvan op de waterkwaliteit. Echter kan het er wel voor zorgen dat de piekbelastingen van nutriënten in de nabije omgeving van het erf wordt verminderd, wat een positieve invloed heeft op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Bemesten sloten

Tijdens het bemesten is het mogelijk dat er meststoffen direct in het oppervlaktewater terecht komen: het zogenaamde mee-mesten van sloten. Door drijfmest te dicht langs een watergang toe te passen, spoelt het gemakkelijk uit/af naar het oppervlaktewater. Waterschap Limburg heeft reeds een bemestingsvrije zone van 5 meter ingesteld langs de KRW-waterlichamen (Limburg, Mestvrije zone, 2017). Ook mag kunstmest enkel met gebruik van een kantstrooier worden toegepast. Echter zal in de praktijk niet altijd gebruik worden gemaakt van een kantstrooier. Door beter te reguleren en ook voor de aanvoerwatergangen bemestingsvrije zones in te stellen kan naar verwachting een verdere verbetering van de waterkwaliteit worden bereikt. Hierbij zullen vooral de piekbelastingen door foutief mesten (direct in het water) worden tegengegaan.

Vergroten mestopslagcapaciteit en aanpakken mestfraude

Door een beperkte mestopslagcapaciteit zijn agrariërs soms genoodzaakt om in het voorjaar onder ongunstige omstandigheden mest uit te rijden. Door later in het seizoen te bemesten worden de nutriënten beter benut en neemt de belasting van het grond- en oppervlaktewater af (P. Groenendijk, 2016). Daarnaast is mestfraude een niet te onderschatten bron. Door gesjoemel met mestverwerking komt het voor dat er aanzienlijk meer mest wordt aangewend dan is toegestaan. Uit onderzoek blijkt dat vooral in Noord - Brabant en Noord - Limburg grote problemen met mestfraude aanwezig zijn. Het is echter onbekend wat de exacte omvang in het projectgebied is en welke invloed mestfraude op de waterkwaliteit heeft (Leefomgeving, 2016).

Biologische landbouw

Uit langdurig onderzoek naar verschillende landbouwmethoden (met en zonder aanvoer van organische stof en een biologisch systeem), bleek dat op de langere termijn biologische landbouw een positief effect heeft op de kwaliteit van het grondwater (en daarmee ook op het oppervlaktewater) (P. Groenendijk, 2016). Bij biologische landbouw zorgt de combinatie van betere zorg voor de bodem, meer organische stof (minder kans op ziekten en plagen, vitaler gewas) in combinatie met lagere bemestingsnormen (o.a. geen derogatie bij biologische melkveebedrijven) ervoor dat de nitraatconcentraties op zandgrond ruim aan de norm van 50 mg/l voldoen, waar de gangbare landbouw, bij aanvoer van organische stof niet onder de 70 mg /l komt. Naast de positieve effecten van biologische landbouw op de stikstof- en fosforbelasting van het grond- en oppervlaktewater, zal ook een positief effect worden behaald daar er geen chemische bestrijdingsmiddelen zijn toegestaan. Een combinatie van deze factoren maakt dat ook de kosten van het zuiveren van drinkwater op de langere termijn zullen dalen (Bioforum, 2017).

België aanspreken

Door afspraken met België te maken over het verbeteren van de waterkwaliteit, kan het water dat het onderzoeksgebied binnenstroomt kwalitatief worden verbeterd. Echter ligt de verantwoordelijkheid hiervoor niet direct bij het waterschap. Het waterschap zal Rijkswaterstaat moeten aanspreken, welke op haar beurt met België moet overleggen over het verbeteren van de waterkwaliteit in de Maas. (Zwart G. , 2017)

7. Uitvoerbaarheid maatregelen

In dit hoofdstuk wordt per aanvullende maatregel uit hoofdstuk 6 de uitvoerbaarheid toegelicht. Verder wordt een indicatie voor de kosten van de betreffende maatregelen gegeven.

7.1. RWZI Venray nageschakelde zandfiltratie

Uit praktijkervaringen met een nageschakelde zandfiltratie in het zuiveringsproces bij onder andere Waterschap Brabantse Delta en Waterschap Rijn en IJssel blijkt dat het toevoegen van deze extra zuiveringsstap effectief is, en daarnaast makkelijk realiseerbaar is. De kosten als gevolg van het toevoegen van een extra filtratiestap na het MUCT-proces worden geraamd op een eenmalige investering van 2,6 miljoen euro. De extra exploitatiekosten bedragen 300.000 euro per jaar. (Waterschapsbedrijf Limburg, onderzoek naar maatregelen om rwzi Venray in 2016 te laten voldoen aan Limburgs Effluentbeleid, 2013)

Het realiseren van een nageschakelde filtratie in het zuiveringsproces bij RWZI Venray is een goede mogelijkheid om de effluentkwaliteit, en daarmee de kwaliteit van het KRW-waterlichaam verder te verbeteren. Dit effect wordt in de resultaten van de aanvullende maatregelen (paragraaf 6.2.6.) bevestigd. De keerzijde van de realisatie van de nageschakelde zandfiltratie zijn de grote investeringskosten en het hoge energieverbruik (WBL, 2013).

7.2. Nafiltering effluent RWZI Venray d.m.v. waterharmonica

Tabel 19: Kosten en oppervlakte van een mogelijke waterharmonica voor de RWZI van Venray.

RWZI	Oppervlak <i>ha</i>	N- belasting		P- belasting		Kosten aanleg	
		<i>Per hectare</i>	<i>Totaal</i>	<i>Per hectare</i>	<i>Totaal</i>		
		<i>kg/ja/ha</i>	<i>kg/ja</i>	<i>kg/ja/ha</i>	<i>kg/ja</i>	<i>euro's/ha</i>	
Grou*	0.8	2200	1760	340	272	€	214.000
Eversteekog*	1.3	5400	7074	790	1035	€	251.500
Land van Cuijk*	3.6	6400	22848	750	2678	€	179.500
Ootmarsum*	2.3	2300	5290	649	1493	€	117.000
Gemiddelde	2.3	4075	9243	632	1369	€	190.500
Venray variant 1**	10,2	4075	41751	287	2939	€	1.951.809
Venray variant 2**	4,6	8980	41751	632	2939	€	885.661

* Bron: (den Boomen & Kampf, 2012)

**Variant 1: uitgaande van N- belasting, Variant 2: uitgaande van P- belasting. Totale gemiddelde jaarlijkse emissies N en P van RWZI Venray zijn verkregen via modelinput

Uitgaande van de gemiddelde stikstof- en fosfor belastingen van de representatieve RWZI's en de bijhorende gemiddelde zuiveringsrendementen in kg/ja/hectare is afgeleid welk oppervlak een waterharmonica voor de RWZI Venray in beslag zal nemen. Het benodigde oppervlakte is naar verwachting ongeveer tussen de 5 en 10 hectare (tabel 19). In bijlage T is een mogelijke locatie voor de aanleg van de waterharmonica aangegeven.

De aanlegkosten per hectare zijn gebaseerd op de waterharmonica's die als voorbeeld zijn genomen voor de waterharmonica in Venray. Geschat wordt dat de totale aanlegkosten tussen de 2 miljoen en 0,9 miljoen euro liggen (zie tabel 19). Verder worden de onderhouds- en monitoringskosten, op basis van gegevens van de betreffende waterharmonica's, aangehouden tussen de 7500 en 3750 euro/ha/jaar. De totale onderhouds- en monitoringskosten worden geschat tussen de 75.000 en 37.500 euro per jaar. (den Boomen & Kampf, 2012)

De aanleg van een waterharmonica voor de RWZI in Venray lijkt een goedkoper alternatief voor het toepassen van nageschakelde zandfiltratie. Voor de verwijdering van stikstof wordt een hoger rendement bereikt dan bij de extra filtratiestap. Voor fosfor is dit echter niet het geval. Echter zal het aanleggen van de waterharmonica in aanvulling op de nafiltratie noodzakelijk zijn om de effluentkwaliteit verder te verbeteren en zo de stikstof- en fosforconcentratie in het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal te verbeteren.

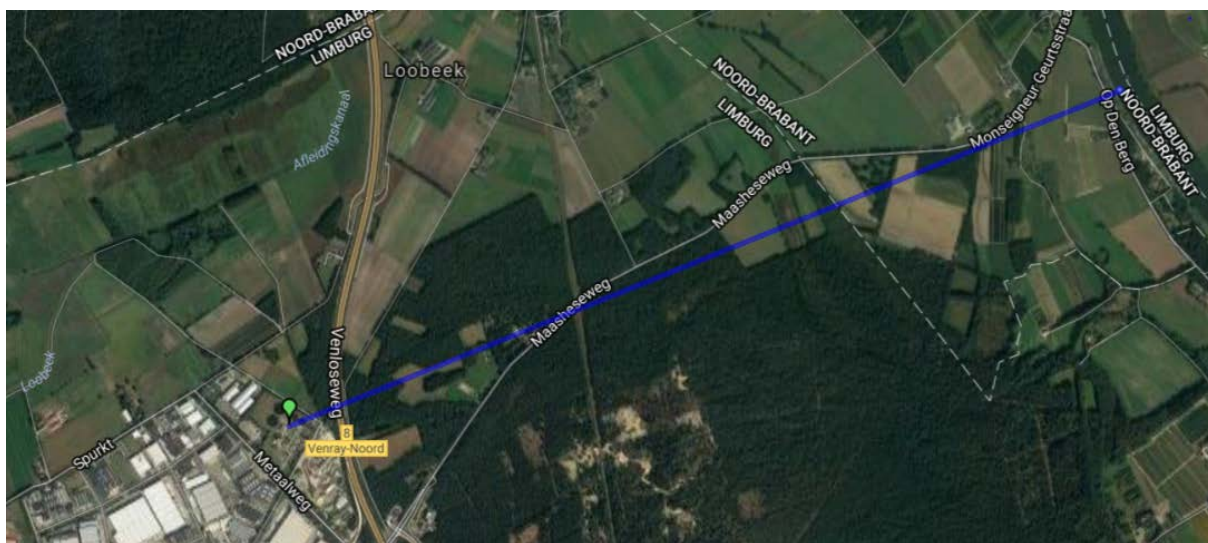
7.3. Effluent RWZI Venray lozen op de Maas

Om het effluent van RWZI Venray direct op de Maas te lozen zal een nieuwe pijpleiding moeten worden aangelegd. In figuur 17 is een mogelijke route voor de pijpleiding weergegeven. Dit betreft de kortste weg naar de Maas. De leiding zal een lengte hebben van ongeveer 4 kilometer. Doordat de RWZI hooggelegen ligt ten opzichte van de Maas (20 m+NAP t.o.v. 14 m+NAP), kan het effluent onder vrij verval naar de Maas stromen.

Tabel 20: Effluentdebiet RWZI Venray bij DWA en RWA afvoeren.

	Debiet (m ³ /h)	Debiet (l/s)
DWA	700	194
RWA	4800	1333

De leiding zal, indien deze de regenwaterafvoer (RGA) van de RWZI moet afvoeren, aanzienlijk groter moeten worden dan wanneer alleen de droogweerafvoer (DWA) zal worden afgevoerd. In tabel 20 zijn de debieten voor de DWA en RGA weergegeven.



Figuur 17: Mogelijk tracé voor pijpleiding effluent richting de Maas.

Uit bestaande onderzoeken/casusprojecten blijkt dat een diameter van 700mm voldoende moet zijn voor de DWA (Aannemingsmaatschappij Vobi, 2017). Om ook voldoende capaciteit te hebben voor de RGA, zal de leiding aanzienlijk groter moeten worden. Echter kan er ook voor worden gekozen om een overstort op het Smakterveld te behouden voor hoge afvoeren. In een verweerschrift voor de realisatie van een afvalwatertransportleiding in Houten wordt het volgende gezegd over de aanlegkosten: “Voor een leiding met een diameter van ca 200 mm welke in een sleuf gelegd kan worden uitgegaan van een bedrag tussen € 175.000 en € 250.000 per km. Voor geboorde leidingen liggen de bedragen tussen de €350.000 en €400.000 (Oosterhoff, 2012). Hierbij wordt uitgegaan van de zogenaamde aanneemsom. Dit houdt in dat BTW, advieskosten, vergunningskosten en interne uren hierbij niet zijn meegerekend.” Ondanks het feit dat de leiding een grotere diameter moet hebben kan hieruit worden opgemaakt dat de kosten lager zullen zijn dan de realisatiekosten van de nageschakelde zandfiltratie en de waterharmonica samen (tussen de 3,5 miljoen euro (variant 2 waterharmonica) en 4,6 miljoen euro (variant 1 waterharmonica). Daarbij zijn de jaarlijkse kosten (respectievelijk 337.500 en 375.000 euro voor variant 2 of 1 van de waterharmonica) ook hoger dan de verwachte kosten voor het lozen van het effluent op de Maas.

Een alternatief voor een pijpleiding kan het graven van een nieuwe effluentsloot zijn. Indien dit alternatief te realiseren is, zullen de realisatiekosten waarschijnlijk lager uitvallen. Ook de jaarlijkse onderhoud/beheerkosten zullen waarschijnlijk lager liggen. Er zal echter wel een nader onderzoek moeten worden uitgevoerd voor de verschillende varianten met bijbehorende kosten. Tevens moeten afspraken worden gemaakt met Rijkswaterstaat over de nieuwe lozingen. Mogelijk kunnen de effluentnormen worden verlaagd, waardoor een kostenbesparing op de exploitatiekosten van het zuiveringsproces realiseerbaar is. Ook kan dit als een duurzaam alternatief worden beschouwd voor het toepassen van een nafiltratie in het zuiveringsproces, door het hoge energieverbruik en gebruik van primaire grondstoffen (ijzer, aluminium en koolstof), bij de nafiltratie (WBL, 2013).

7.4. Aanleg zuiveringsmoerassen in landbouwsloten

Aan de hand van de jaarlijkse stikstof en fosforbelasting van het conceptzuiveringsmoeras dat als voorbeeld is genomen³, zijn met behulp van de stikstof- en fosforbelastingen op de geselecteerde Drainage Basins de benodigde oppervlaktes geschat. Daarbij zijn de gemiddelde stikstof- en fosforemissies (2011, 2012 en 2014) van de in paragraaf 6.2.4 behandelde modelpunten gebruikt als uitgangspunt. De benodigde oppervlaktes zijn apart doorgerekend voor de stikstof en fosforbelasting.

Om de behaalde reductie op de stikstof- en fosforconcentratie (zoals gemodelleerd met behulp van de KRW-verkenner) te behalen moet in totaal ongeveer 22 hectare (tabel 21) zuiveringsmoeras worden aangelegd. In de realiteit is het mogelijk dat dit totale oppervlakte van de zuiveringsmoerassen kleiner uitvalt. Dit is afhankelijk van de jaarlijkse stikstof- en fosforbelasting van de verschillende landbouwsloten.

Tabel 21: Berekening totale kosten en oppervlakte voor aan te leggen zuiveringsmoerassen.

NODE	N-belasting als uitgangspunt				P-belasting als uitgangspunt			
	Belasting	Opp*	Jaarlijkse	Totale kosten	Belasting	Opp*	Jaarlijkse	Totale kosten
	Totaal kg N /ja*	ha	kosten* Euro/jaar	Euro	Totaal kg P /ja*	ha	kosten* Euro /jaar	Euro
121074	5330	2,5	€17.608	€ 352.164	209	1,7	€ 11.788	€ 235.752
121093	3096	1,4	€ 10.229	€ 204.578	224	1,8	€ 12.602	€ 252.042
121099	19131	8,9	€ 63.206	€ 1.264.127	1178	9,4	€ 66.402	€ 1.328.033
121101	1882	0,9	€ 6.217	€ 124.334	54	0,4	€ 3.065	€ 61.307
121121	7477	3,5	€ 24.703	€ 494.054	656	5,2	€ 36.947	€ 738.948
121140	6368	3,0	€ 21.040	€ 420.791	111	0,9	€ 6.264	€ 125.281
121141	6183	2,9	€ 20.428	€ 408.566	118	0,9	€ 6.634	€ 132.685
TOTAAL	49467	23,0	€ 163.431	€ 3.268.615	2550	20,2	€ 143.702	€ 2.874.048

* Belasting per hectare zuiveringsmoeras: N: 2149 kg/ja/ha, P: 126 kg/ja/ha. (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011)

**afschrijvingstermijn van 20 jaar (0,71 euro per jaar per m²) (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011)

Voor het bepalen van exacte oppervlaktes per zuiveringsmoeras moet aanvullend onderzoek worden uitgevoerd waarbij de emissie uit de landbouwsloten wordt gemonitord. Voor het aanleggen van de zuiveringsmoerassen is medewerking van de agrariërs vereist daar landbouwgrond nodig is. Hierdoor is het afwachten in welke mate de geplande zuiveringsmoerassen kunnen worden aangelegd. In bijlage U zijn locaties te zien waarop de zuiveringsmoerassen aangelegd moeten worden. (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011).

In tabel 22 zijn de jaarlijkse kosten per m² zuiveringsmoeras te zien. Het betreft kosten voor de aanleg, het beheer en het grondbeslag. In tabel 21 is een berekening van de totale kosten voor de zuiveringsmoerassen opgenomen op basis van de stikstof en fosforbelasting. Geschat wordt dat de jaarlijkse kosten (bij een afschrijvingstermijn van 20 jaar) rond de 150.000 euro bedragen.

De aanleg van zuiveringsmoerassen heeft een groot effect op de stikstof- en fosforconcentratie in de Loobeeek (zie paragraaf 6.3.5). Er is uitgebreid onderzoek nodig voordat tot uitvoering kan worden overgegaan. Voor toepassing van deze maatregel is een verdiepend onderzoek nodig naar de concentraties van nutriënten in de verschillende landbouwsloten. Dit, in combinatie met het feit dat medewerking van agrariërs is vereist (grondaankoop), zorgt ervoor dat het een langdurig proces is. Het is de vraag of de zuiveringsmoerassen voor 2027 kunnen worden aangelegd.

Tabel 22: Kosten zuiveringsmoerassen landbouwsloten met een afschrijvingstermijn van 20 jaar (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011).

Aanlegkosten	0,58	euro/m ² /ja
Onderhoudskosten	0,05	euro/m ² /ja
Grondbeslag	0,08	euro/m ² /ja
Totaal	0,71	euro/m ² /ja

³ (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011), Variant 4

7.5. Rijenbemesting maïs

Rijenbemesting bij de maïssteelt wordt nog niet toegepast in het projectgebied. Voor het toepassen van rijenbemesting moet worden geïnvesteerd in geavanceerde machines (GPS). Voor individuele agrariërs is een dergelijke investering niet mogelijk. Daarom hangt het toepassen van deze techniek af van de wil van de loonwerker in het gebied. Uit inventarisatie blijkt dat in het projectgebied geen loonwerkers aanwezig zijn die een dergelijke techniek kunnen toepassen (Beslisboom snijmais, 2017).

Om rijenbemesting in het projectgebied toe te gaan passen, moeten loonbedrijven de mechanisatie aanpassen of uitbreiden. Deze meerkosten zullen in de kosten voor de agrariër worden doorgerekend. Uit onderzoek blijkt dat de meerkosten van het rijenbemesting worden gecompenseerd door uitsparing van kunstmestkosten en grondbewerking. (Bos, 2015)

Het toepassen van rijenbemesting is een reële en kosteneffectieve maatregel om de emissie van stikstof en fosfor uit de landbouw terug te dringen. Om het toepassen van rijenbemesting te stimuleren zullen waarschijnlijk stimulerende maatregelen nodig zijn. Dit kan door middel van verplichting (landelijk mestbeleid), stimulering door subsidie (van een deel) van de extra mechanisatiekosten. Een andere mogelijkheid is om het ontvangen van subsidiegelden uit het Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) te koppelen aan de milieubelasting. Er kunnen dan toeslagen worden toegekend voor agrariërs die bij het bemesten gebruik maken van rijenbemesting. Rijenbemesting kan naast toepassing in de maïssteelt, ook worden toegepast bij de teelt van andere gewassen welke in rijen worden geteeld.

8. Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de hoofd- en deelvragen. Daarnaast worden de aanbevelingen, welke naar aanleiding van het onderzoek kunnen worden gegeven, behandeld.

8.1. Conclusie

Het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek bestaat uit het benedenstroomse deel van het Afleidingskanaal en de Loobeek. Het verdwijnen van het veen in het omliggende gebied heeft ervoor gezorgd dat het water snel in de zandbodem infiltreert en in het oppervlaktewater terecht komt. Verdroging wordt tegengegaan met behulp van stuwen en het aanvoeren van gebiedsvreemd water. Het gebiedsvreemde water is afkomstig uit België en stroomt vanuit het Peelkanaal via het Afleidingskanaal naar het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek. De Loobeek gaat over in het Afleidingskanaal, en wordt vanaf 2015 uitsluitend door gebiedseigen water gevoed. De RWZI van Venray heeft een aanzienlijke invloed op het debiet in het benedenstroomse deel van het waterlichaam. De waterkwaliteit heeft zich in de loop der jaren mede door verscherpte bemestingseisen en een verbetering van de effluentkwaliteit positief ontwikkeld. Echter wordt nog niet aan de KRW-normen voldaan.

Het blijkt dat het grootste deel van de vrachten van stikstof en fosfor in de Loobeek terecht komt via de uit- en afspoeling van landbouwgronden en natuur (hoofdzakelijk landbouw). Voor het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal draagt de RWZI van Venray voor ongeveer 50% bij aan zowel de stikstof- als fosforvracht. Daarnaast dragen respectievelijk de landbouw en de aanvoer van gebiedsvreemd water voor ongeveer 30% en 20% bij aan de vracht in deze sectie. In het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal bestaat de herkomst voornamelijk uit gebiedsvreemd aanvoerwater.

Tussen 2014 en 2027 veranderen de stikstof- en fosforconcentraties in het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek door toedoen van het uitgevoerde beleid en ingrepen in het watersysteem. Het betreft veranderingen door het landelijke mestbeleid, het effluentbeleid, het drainagebeleid van Waterschap Limburg en het uitschakelen van gemaal de Loobeek. De reducties voor stikstof en fosfor in de het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal zijn respectievelijk 10% en 24%. In de Loobeek is sprake van een toename van de stikstof- en fosforconcentraties met respectievelijk 12% en 19%. Deze toename wordt voornamelijk veroorzaakt door de uitschakeling van het gemaal Loobeek.

De verwachte emissieveranderingen tussen 2014 en 2027 draagt niet voldoende bij aan het behalen van de KRW-normen voor stikstof en fosfor. Om aan de normen voor stikstof en fosfor te voldoen zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk. Voor het verminderen van de landbouwemissie lijkt het toepassen van rijenbemesting in de maïssteelt een efficiënte en kosteneffectieve maatregel. Naast deze maatregel zijn andere maatregelen voor de landbouw mogelijk: bodemverbetering (meer organische stof en andere gewassen voor betere bodemstructuur), erfafspoeling tegengaan, zorgvuldig bemesten langs de watergangen, het vergroten van de mestopslag en aanpak van mestfraude en de gangbare landbouw omvormen naar biologische landbouw. Echter is niet bekend wat het precieze effect van deze overige maatregelen zal zijn. Vanwege een gebrek aan data is het niet mogelijk om de effecten van deze maatregelen te kwantificeren. Daarnaast is het niet realistisch om alle overige maatregelen uit te voeren, vanwege het feit dat deze maatregelen (nog) niet kunnen worden opgelegd aan de agrariër. Deze maatregelen worden dus niet meegenomen in het aanvullende maatregelenpakket.

Een effectieve indirecte maatregel om de emissie vanuit de landbouw tegen te gaan is het aanleggen van zuiveringsmoerassen bij de landbouwsloten. In deze zuiveringsmoerassen wordt het water gezuiverd alvorens het in het KRW-waterlichaam terecht komt.

De emissie vanuit RWZI-Venray kan effectief worden verminderd door het toepassen van nafiltratie in het zuiveringsproces met behulp van een zandfilter. Daarnaast kan het realiseren van een waterharmonica (zuiveringsmoersas) voor een verdere verbetering van de effluentkwaliteit zorgen. Beide maatregelen zijn effectief, maar kostbaar. Een alternatief voor deze twee maatregelen is het afkoppelen van het effluent op de Maas. Deze maatregel is effectiever dan een combinatie van de twee andere maatregelen. Daarnaast is het duurzamer: er is sprake van minder verbruik van energie en primaire grondstoffen (ijzer, aluminium en koolstof), en het is ook goedkoper.

Het toepassen van de aanvullende maatregelen bovenop de verwachte emissieveranderingen zorgt voor een verdere vermindering in de concentraties van stikstof en fosfor in het KRW-waterlichaam. Echter worden de normen zoals gesteld in 2027 alsnog niet voor het gehele waterlichaam behaald. Voor de Loobeek wordt ten opzichte van de referentiesituatie (2014) voor stikstof een reductie bereikt van 15% en voor fosfor een reductie van 20%. Voor het behalen van de norm zal voor stikstof en fosfor een aanvullende reductie van respectievelijk 23% en 7% moeten worden behaald. Voor het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal wordt bij aanleg van een waterharmonica en toepassing van een extra filtratiestap voor de RWZI van Venray, voor stikstof en fosfor een reductie van respectievelijk 30% en 39% behaald. De resterende reductie om de norm te behalen bedraagt voor stikstof 20% en voor fosfor 15%. Wanneer het effluent van de RWZI wordt afgekoppeld naar de Maas, zijn de reducties voor de stikstof- en fosforconcentraties respectievelijk 50% en 40% in het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal. Voor stikstof wordt de norm behaald, voor fosfor resteert een reductie van 14%.

8.2. Aanbevelingen

Aanbevelingen voor maatregelen

- *Aangeraden wordt om gemaal Loobeek weer in gebruik nemen. Door de inschakeling van dit gemaal nemen de stikstof- en fosforconcentraties in de Loobeek af.*
- *Een andere aanbeveling is het stimuleren precisielandbouw, door rijenbemesting ook in andere gewassen toe te passen kan een verdere verbetering van de waterkwaliteit optreden.*
- *Verder wordt het stimuleren van duurzame landbouw aanbevolen. Door de landbouw minder intensief te maken (biologische landbouw) zal de emissie van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater afnemen.*

Aanbevelingen voor verdiepend onderzoek

- *Aanbevolen wordt het toepassen van continuumeting of het meten onder gelijke omstandigheden om de jaarlijkse fluctuaties en seizoenfluctuaties beter in beeld te krijgen. Op deze wijze kan ook worden afgeleid onder welke omstandigheden/perioden de nutriëntenconcentraties het hoogst zijn. Gerichtere aanpak is dan mogelijk.*
- *Een andere aanbeveling is het meten waterkwaliteit in landbouwsloten ten behoeve van het aanleggen van zuiveringsmoerassen.*
- *Als laatste wordt aanbevolen om meer details aan te brengen in het WPM-model voor verder onderzoek naar het Waterlichaam Loobeek-Molenbeek. Hierdoor kunnen de effecten van de maatregelen beter gekwantificeerd worden. Daarvoor zal het aantal meetpunten voor debieten en waterkwaliteit wel nog moeten worden verhoogd.*

9. Discussie

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de betrouwbaarheid van het onderzoek en de kanttekeningen die bij de resultaten kunnen worden gemaakt. Daarbij wordt onder andere ingegaan op de interpretatie van de conclusies en de correctheid van de emissiereducties die worden bereikt door middel van de opgestelde maatregelen.

9.1. Betrouwbaarheid model en interpretatie resultaten

In hoofdstuk 5 is de validatie kort aangehaald en de volledige validatie is opgenomen in bijlage N. Uit de validatie blijkt dat er sprake is van een aanzienlijke overschatting van fosfor in de Loobeek. Daarom moet rekening gehouden worden met de wijze waarop de modelresultaten voor deze stof geïnterpreteerd worden. In de Loobeek zelf zullen de opgetreden reducties door toedoen van de maatregelen de werkelijkheid benaderen. Door de uitschakeling van gemaal Loobeek is de fosforvrucht geheel gebiedseigen, waardoor de resultaten niet worden beïnvloed door andere emissiebronnen.

Tevens is voor stikstof sprake van een algemene onderschatting van de concentraties gedurende de zomerhalfjaren. Aangezien de reducties relatief zijn, zal dit in mindere mate een vertekend beeld van de werkelijke reducties geven.

Overigens kan het verschil tussen het model en de werkelijkheid deels worden verklaard door eenmalige emissies of bijzondere gebeurtenissen, die niet in het model zijn meegenomen (Zwart G., 2017). Tijdens het veldbezoek is verder geconstateerd dat veel ijzer aanwezig was in de Loobeek (mogelijk ijzerrijke kwel). De overschatting van het model in de concentratie fosfor in de Loobeek wordt wellicht veroorzaakt door de neerslag van fosfaat met ijzer, waardoor de werkelijke fosforconcentraties lager komen te liggen.

9.2. Betrouwbaarheid emissiereducties

9.2.1. Uitschakeling gemaal Loobeek

Door de uitschakeling van gemaal Loobeek kan er ondanks de aanwezigheid van stuwen een verlaagd oppervlaktepeil optreden (vooral bij droge perioden). Dit heeft ook effect op de aanwezige grondwaterstanden. Door de lagere grondwaterstanden neemt de denitrificatie af, waardoor de hoeveelheid stikstof die uitspoelt toeneemt. Dit onvoorziene effect van de uitschakeling van het gemaal is niet meegenomen in het onderzoek.

9.2.2. Peilgestuurde drainage

De effecten van peilgestuurde drainage worden onder voorbehoud aangenomen. Door de toenemende gevoeligheid voor verdroging als gevolg het veranderende klimaat, kan de grondwaterspiegel mogelijk niet altijd op het gewenste niveau worden gehandhaafd. Hierdoor kunnen de grondwaterstanden op percelen met peilgestuurde drainage door het neerslagtekort zakken onder de grondwaterstand bij conventionele drainage. Tevens kan door vorming van ijzervlokken rond de drains (oxidatie) de drainagebasis bij conventionele drainage reeds hoger liggen dan in modelstudies wordt aangenomen. De verwachte emissieverandering kunnen hierdoor anders zijn.

De effecten van peilgestuurde drainage op de emissieverandering zijn daarnaast sterk afhankelijk van de lokale situatie en de geteelde gewassen. Op lokale schaal kunnen daardoor verschillen optreden in de behaalde reductie. Ook is in het onderzoek niet nagegaan in welke mate boerenstuwen bijdragen aan het huidige areaal met peilgestuurde drainage, waardoor er sprake kan zijn van een overschatting van de emissiereductie.

9.2.3. Nafiltratie effluent door middel van waterharmonica

De aangehouden reducties voor stikstof en fosfor voor deze maatregel zijn gebaseerd op gemiddelde zuiveringsrendementen van bestaande waterharmonica's. In praktijk lopen de reducties voor de concentraties stikstof en fosfor sterk uiteen (Schomaker, Otte, Blom, Claassen, & Kampf, 2005). Daarbij zijn, vanwege gebrek aan specifieke gegevens voor het zomerhalfjaar, jaargemiddeldes gebruikt voor het bepalen van de gemiddelde reductie. Echter kan worden aangenomen dat de reducties gedurende het zomerhalfjaar hoger zijn dan het jaargemiddelde, waardoor sprake is van een onderschatting van het zuiveringsrendement (den Boomen R. v., 2004).

9.2.4. Aanleg zuiveringsmoerassen in landbouwsloten

Voor het kwantificeren van de effecten van het aanleggen van zuiveringsmoerassen is gebruik gemaakt van een type zuiveringsmoeras dat is getest gedurende een onderzoek van de Universiteit Wageningen⁴. De effectiviteit van dit zuiveringsmoeras is een aanname op basis van de uitgevoerde experimenten. Echter loopt de werking van bestaande zuiveringsmoerassen aanzienlijk uit elkaar (de Buck, et al., 2012). De reductie van fosfaat is daarbij afhankelijk van de mate waarin de bodem verzadigd is met fosfaat. De aanleg van een ijzerfilter in deze moerassen kan voor een extra reductie voor fosfaat zorgen.

Daarnaast zijn de stikstof- en fosforconcentraties in de landbouwsloten niet gemonitord. Hierdoor kan niet worden nagegaan in welke mate de vrachten in het model afwijken van de werkelijkheid. De bereikte reducties in de Loobeeek en het Afleidingskanaal en de benodigde oppervlaktes voor de zuiveringsmoerassen zijn aannames op basis van de stikstof- en fosforbelastingen uit het model. Door een overschatting van de fosforvrucht in het model, zal de benodigde oppervlakte voor de zuiveringsmoerassen naar verwachting kleiner zijn.

9.2.5. Rijbemesting maïs

De reducties die bereikt worden met behulp van deze maatregel zijn discutabel. Het is lastig om de werkelijke effecten te bepalen, aangezien het STONE-model gemaakt is op regionale schaal. Regionale kengetallen voor bemesting zijn niet op lokale schaal (en voor de maïssteelt) door te voeren. Dit geldt ook voor de gewasopname, uitspoeling- en afspoeling. Daarbij zal de reductie van fosfor in werkelijkheid afwijken van die van stikstof. Ook zal de gereduceerde mestgift per agrariër verschillen. Voor akkerbouwers is het gunstig om extra mest aan te voeren (ontvangstpremie). Voor melkveehouders zal de verminderde mestgift bij de maïssteelt waarschijnlijk worden toegepast op het grasland (bemestingsruimte geldt per bedrijf), waardoor het reducerende effect gedeeltelijk teniet wordt gedaan.

9.2.6. RWZI Weert

Het reductiepercentage voor RWZI Weert, waarbij het reductiepercentage is bepaald ten opzichte van de norm van 2019, zal naar verwachting afwijken. Ook kan door strengere normen tot 2027 de effluentkwaliteit verder verbeteren ten opzichte van de in 2019 gestelde norm.

9.3. Uitgekozen modeljaren en representativiteit voor de toekomst

De jaren 2011, 2012 en 2014 worden als representatief voor het heden worden gezien. Door klimaatverandering zullen de extremen toenemen. Er zal sprake zijn van langere droogte en intensievere buien. Deze veranderingen zijn gedurende dit onderzoek niet meegenomen.

⁴ (de Haan, Sival, van der Schoot, & de Buck, 2011), variant 4

10. Reflectie

10.1. Reflectie Karl

Gedurende het afstudeertraject heb ik mijn kennis, die ik heb opgedaan in de afgelopen jaren, kunnen inzetten. Tevens heb ik in deze periode nieuwe inzichten opgedaan die ik kan meenemen in de toekomst. Inhoudelijk sloot de afstudeeropdracht aan bij de opdrachten die ik gedurende mijn vorige stages uitvoerde. De opdrachten zijn allen vergelijkbaar qua onderwerp (waterkwaliteit), maar gedurende de afstudeeropdracht heb ik, net als bij mijn vorige stageopdrachten, de kans gehad om nieuwe vaardigheden op te doen.

Samenwerking met medestudent

De samenwerking met de medestudent gedurende de afstudeeropdracht is naar mijn mening goed verlopen. Tijdens het proces zijn we onze afspraken nagekomen, en hebben wij onze taken naar planning uitgevoerd. Daarbij hebben we onderling veel overlegd, zodat we altijd op de hoogte waren van de stand van zaken. Tevens hebben we elkaar daar waar nodig verbeterd of aangevuld. Op deze wijze hebben we allebei een evenwichtige bijdrage kunnen leveren aan de afstudeeropdracht.

Contact met externe en interne begeleiders

Gedurende het traject van de afstudeeropdracht hebben we helaas niet kunnen werken op het kantoor van het waterschap. Daardoor was het contact met de opdrachtgever minder frequent. We hadden in het traject van de afstudeeropdracht om de twee weken een overleg om de gang van zaken door te spreken, waarbij we de resultaten van ons werk hebben gepresenteerd en vervolgens terugkoppeling kregen. Gedurende de eerste fase van het onderzoek was de frequentie van contactmomenten voldoende, maar gedurende de afrondende fase was het wellicht meer gepast om vaker contact te hebben met de opdrachtgever.

Het contact met de begeleidende docent was minder frequent. Daarbij hebben we waar nodig contact gehad met de begeleider, namelijk bij het opstellen van het plan van aanpak, halverwege afstudeertraject en bij het inleveren van het conceptrapport.

Aanpak afstudeeropdracht

De aanpak van de afstudeeropdracht is qua planning goed verlopen. We hebben de deadlines gehaald. Het kader van de te verrichten werkzaamheden is niet veel breder geworden dan dat van tevoren gepland was. In het begin van het onderzoek was het moeilijk om onderscheid te maken tussen relevante zaken en niet relevante zaken. Naarmate het onderzoek vorderde werd dit echter steeds makkelijker. Ten opzichte van mijn vorige stages was de aanpak meer gestructureerd, mede door eigen inzichten.

Informatieverwerking en rapporteren

Gedurende de afstudeeropdracht had ik zelf wel iets meer moeite met informatieverwerking en rapporteren. Daarbij onderschatte ik de tijd die steekt in het aanpassen en herstructureren van berekeningen die ik in Excel had gemaakt. Het aanpassen van tabellen, grafieken en berekeningen kan een bezigheid zijn waar veel tijd in gaat zitten, en het is daarom praktisch om vanaf het begin af aan via een geordende structuur te werken.

Daarnaast heb ik het altijd lastig gevonden om een goede structuur voor een rapport te vinden. Tijdens de afstudeeropdracht heb ik geleerd om de verschillende componenten van het onderzoek meer uit elkaar te houden en los van elkaar te zien.

10.2. Reflectie Jaap

Het afstudeeronderzoek was voor mij een compleet nieuw onderwerp. Ik ben in het verleden (tijdens de lessen en stages) niet tot nauwelijks in aanraking gekomen met het onderwerp waterkwaliteit. In het bijzonder op het gebied van oplossingsrichtingen en het modelleren van stromen. Dit heeft het afstudeeronderzoek voor mij erg interessant gemaakt, waarbij ik ook mijn kennis heb kunnen verbreden.

Gedurende het onderzoek heb ik naar eigen inzicht serieus en hard gewerkt aan het onderzoek. Daarbij was het gehele proces ook een leerpunt. Achteraf blijkt dat het, ondanks het feit dat wij ons best daarvoor hebben gedaan, toch erg belangrijk is om goed af te kaderen wat het onderzoeksgebied is en wat er wordt onderzocht. Gedurende het onderzoek heb ik verschillende keren werk over gedaan omdat het toch niet helemaal correct was. Daarbij liep ik ook tegen het punt aan dat een juiste structuur in bestandsnamen en mappen cruciaal is om het overzicht te behouden. Dit is gunstig voor de werkstructuur en het nader bekijken van achterliggende data van het onderzoek. Gedurende het onderzoek heb ik dit wel beter aangepakt (al doende leert men..).

De samenwerking met Karl is naar mijn mening zeer prettig verlopen. We zaten goed op een lijn qua gedachten, al hadden we ook onze meningsverschillen. Dit had echter een positief effect op het eindresultaat doordat we elkaar op deze manier juist scherp houden. Daarnaast was het erg prettig dat we elkaar aanvoelden en zodoende op bepaalde punten weinig overleg nodig was. De verdeling van het werk is op min of meer een natuurlijke manier verlopen. Daarbij hebben wij beiden een vergelijkbare bijdrage aan het eindresultaat geleverd.

Bij het onderzoek dat we in opdracht van waterschap Limburg hebben uitgevoerd zijn wij begeleid door Gabriel Zwart en Johan Bode. De begeleiding heb ik als zeer prettig ervaren. Ondanks het feit dat we niet op het kantoor van het waterschap konden werken hebben we op regelmatige basis contact gehad. Hiervoor zijn wij naar Blerick afgereisd, alwaar we onze voortgang hebben toegelicht en de nodige vragen hebben gesteld. Daarbij hebben we veel gehad aan de inhoudelijke feedback van Gabriel en Johan.

Met onze begeleider vanuit school (Gert Jan Van der Veen) hebben wij niet op frequente basis contact gehad. Echter was dit naar onze mening ook niet noodzakelijk. We hebben op de juiste momenten (plan van aanpak, halverwege en het conceptrapport) feedback ontvangen op het rapport waardoor we het eindproduct verder konden verbeteren. Vooral aan de feedback op de structuur hebben wij veel gehad waardoor het geheel nu aanzienlijk beter leesbaar is.

Literatuurlijst

- Aannemingsmaatschappij Vobi, B. (2017, 5 10). *Rioolgemaal Monster*. Opgehaald van <http://www.vobipompen.nl/flyer/monster.pdf>
- Beslisboom snijmais. (2017, 5 1). Opgehaald van <http://www.beslisboomsnijmais.nl/demonstraties/loonwerk.html>
- Binnendijk, E., Basten, T., Mil, J. v., & Zwart, G. (2014, 4 7). *Meetrapport Waterlichaam Loobeek_Afleidingskanaal_Molenbeek 2013*. Waterschap Peel en Maasvallei.
- Bioforum. (2017, 5 1). Opgehaald van <http://www.landbouwleven.be/396/article/2017-03-22/biologische-landbouw-goed-voor-waterkwaliteit>
- Bode, J. (2017, 03 02). Bespreking watersysteem Peelkanaal en Loobeek-Molenbeek. (J. Sesink, & K. Schütt, Interviewers)
- Bos, A. -J. (2015, 2 12). Betere maïs met drijfmest in de rij. Bemestingsadvies.
- Dam, M. v. (2016, 12 20). Kamerbrief zesde actieprogramma Nitraatrichtlijn (2018-2021). Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- de Buck, A., van Gerven, L., van Kleef, J., van der Schoot, J., van Wijk, G., Buijert, A., & van der Bolt, F. (2012, 09). Helofytenfilters in Sloten. *Helofytenfilters in Sloten*. Wageningen UR.
- de Haan, J., Sival, F., van der Schoot, J., & de Buck, A. (2011, September). Natuurlijke zuiveringssystemen voor zuivering van drain- en slootwater uit de landbouw. *Natuurlijke zuiveringssystemen voor zuivering van drain- en slootwater uit de landbouw*. Wageningen: Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO).
- den Boomen, R. v. (2004). Praktijkonderzoek moerassysteem RWZI Land van Cuijk. *Praktijkonderzoek moerassysteem RWZI Land van Cuijk*. Utrecht: STOWA.
- den Boomen, R. v., & Kampf, R. (2012). Waterharmonica's in Nederland - 1996-2011: van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater. *Waterharmonica's in Nederland - 1996-2011: van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater*. STOWA.
- Dijk, J. v. (2001). *Rijenbemesting met dierlijke mest in maïs maakt kunstmest overbodig*. praktijkonderzoek plant & omgeving.
- E. Binnendijk, T. B. (2014). *Meetrapport Waterlichaam Loobeek_Afleidingskanaal_Molenbeek 2013*. Waterschap Peel en Maasvallei.
- Evers, N., Hoogveld, J., Mil, J. v., & Binnendijk, E. (2014, juni 21). KRW-waterlichamen en doelen 2016-2021. Waterschap Peel en Maasvallei.
- Galen, F. v., Tiktak, A., & Franken, R. (2015, 5 27). Waterkwaliteit nu en in de toekomst. *Waterkwaliteit nu en in de toekomst*. PBL.
- Gebruikshandleiding KRW-Verkenner. (2016, 1 22). Deltares.
- Gommans, J. (2017, 22 2). Informatie RWZI Venray. (K. e. JS, Interviewer)
- Gommans, J. (2017, 3 16). Informatie RWZI Weert. (J. e. KS, Interviewer)
- Groenendijk et al. (2015, 05). Nitraat en N- en P-uitspoeling bij de gebruiksnormen van het 5de NAP. *modelberekeningen met MAMBO en STONE*. Alterra Wageningen UR.
- Groenendijk, P., & Renaud, L. (2016). Technische notitie betreffende STONE-modelbeschrijving en uitgangspunten in het kader van de Evaluatie van de Meststoffenwet 2016. *Technische notitie betreffende STONE-modelbeschrijving en uitgangspunten in het kader van de Evaluatie van de Meststoffenwet 2016*. Alterra Wageningen UR.
- Haanstra, J. (2011). *Wat u moet weten over stikstof, vragen en antwoorden*. Masterplan mineralenmanagement.
- Haanstra, J. (sd). *Wat u moet weten over stikstof, vragen en antwoorden*. Masterplan mineralenmanagement.
- Haartsen, A. (2005). *Cultgis: beschrijvingen Limburgse regio's: Peel*. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Hermans, B. (sd). *De mestmarathon, kroniek van ruim 42 jaar nederlands mestbeleid*. Natuur & Milieu.
- Leefomgeving, P. v. (2016). *Evaluatie meststoffenwet 2016*. Plabureau voor de Leefomgeving.

- Limburg, W. (2017, 3 22). *Legger Noord-Limburg*. Opgehaald van waterschaplimburg.nl:
<https://www.waterschaplimburg.nl/uwbuurt/kaarten-meetgegevens/leggerkaart-noord/#canvas>
- Limburg, W. (2017, 4 30). *Mestvrije zone*. Opgehaald van <https://www.waterschaplimburg.nl/overons/regels-wetgeving-0/regels-agrarische/teelt-mestvrije/>
- Loman, F. (2017, 4 5). Opgehaald van <http://www.akkerwijzer.nl/nieuws/344/waterpeil-exact-op-peil>
- Maasvallei, W. P. (2016, 1 16). Peilgestuurd draineren. *Peilgestuurd draineren: hét alternatief*.
- Maasvallei, W. P. (sd). *Meetdata waterkwaliteit*.
- Maasvallei, W. P. (sd). Peilgestuurde drainage. Waterschap Peel en Maasvallei.
- Oosterhoff, T. (2012). *Realisatie uitbreiding afvalwatertransportsysteem Houten*. Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden.
- P. Groenendijk, e. (2016). *Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in de regionale wateren*. Wageningen UR.
- (2007). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water*. STOWA.
- Renaud, L., Bonten, L., Groenendijk, P., & Groenenberg, B. (2015, juni). Berekeningen van uit- en afspoeling nutriënten- en zware metalen ten behoeve van de EmissieRegistratie 2013. *Berekeningen van uit- en afspoeling nutriënten- en zware metalen ten behoeve van de EmissieRegistratie 2013*. Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000. (2000, 10 23). *Kader Richtlijn Water*. Het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie.
- RIVM. (2012). *De uitspoeling van het stikstofoverschot, herberekening uitspoelfracties*. RIVM, LEI.
- Rozemeijer, J. (2017, 04 19). *Nitraat App*. Opgehaald van <https://publicwiki.deltares.nl/:https://publicwiki.deltares.nl/pages/viewpage.action?pagelD=127635674>
- RVO. (17, 4 11). *Tabel 3, werkingscoëfficiënt*. Opgehaald van
<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/04/Tabel%203%20Werkingsco%20C3%ABffici%20C3%ABnt%20dierlijke%20en%20andere%20organische%20meststoffen%202014-2017%281%29.pdf>
- RVO. (2017, 2 22). *Blijvend grasland- instandhouden 2016*. Opgehaald van <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/betalingsrechten-uitbetalen/uitbetaling-2016/voorwaarden-uitbetaling-2016/vergroeningseisen-2016/blijvend-grasland/instandhouden>
- RVO. (2017, 4 11). *Derogatie*. Opgehaald van <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/gebruiksruimte-berekenen/derogatie>
- RVO. (2017, 4 11). *Dierlijke mest gebruiksnorm en gebruiksruimte*. Opgehaald van <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/gebruiksnormen/dierlijke-mest>
- RVO. (2017, 4 11). *Tabel 2 Fosfaatgebruiksnormen*. Opgehaald van
<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/04/Tabel%202%20Fosfaatgebruiksnormen%202014-2017%282%29.pdf>
- Salm, v. d. (2012). *Oppervlakkige afspoeling op landbouwgronden*. Alterra.
- Scheper, G. v. (1998). *Actualisering van model NLOAD voor de nitraatuitspoeling van landbouwgronden; beschrijving van model en GIS-omgeving*. Utrecht: Adviesbureau ARIS.
- Schomaker, A., Otte, A., Blom, J., Claassen, T., & Kampf, R. (2005). Waterharmonica: de natuurlijke schakel tussen waterketen en watersysteem. *Waterharmonica: de natuurlijke schakel tussen waterketen en watersysteem*. Utrecht: STOWA.
- Schouwman, W. v. (2008). *30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en natuur*. Alterra.
- Snijders, J. (2016, juni 16). memo kalibratie en validatie N & P jaren 2006 t/m 2012 - KRW verkenner.
- STONE. (2014). *Herschikken STONE-plots voor het beergebied van waterschap Peel en Maasvallei*.
- STOWA. (2017). *Natuurvriendelijke oevers en filters*. STOWA.
- Validatie kalibratie hydrologie model 1.2. (2016). *Validatie kalibratie hydrologie model 1.2*. Waterschap Limburg.

- van Bakel et al. (2008). Modelonderzoek naar effecten conventionele en samgestelde, peilgestuurde drainage op de hydrologie en nutriëntenbelasting. Wageningen: Alterra.
- Waterschap Limburg. (2017, 4 14). *Peilgestuurde drainage*. Opgehaald van <https://www.waterschaplimburg.nl/overons/beleid/peilgestuurde/>
- Waterschapsbedrijf Limburg. (2013). *onderzoek naar maatregelen om rwzi Venray in 2016 te laten voldoen aan Limburgs Effluentbeleid*.
- Waterschapsbedrijf Limburg. (2013). *Onderzoek naar maatregelen om rwzi Venray in 2016 te laten voldoen aan Limburgs Effluentbeleid*. WBL.
- WBL. (2013). *Onderzoek naar de maatregelen om RWZI Venray in 2016 te laten voldoen aan het Limburgs Effluentbeleid*. Waterschapsbedrijf Limburg.
- WL, G. (2017, 2 28). (J. S. Schütt, Interviewer)
- Wolf, J., Beusen, A. H., Groenendijk, P., Kroon., T., Rötter, R., & Zeijts, H. v. (2003, January 17). The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands. *The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands*. Wageningen: Alterra, Elsevier Science Ltd.
- Zwart, G. (2017, 05 04). Validatie WPM model. (J. Sesink, & K. Schütt, Interviewers)
- Zwart, G. (2017, 02). Verantwoordelijkheid waterkwaliteit . (J. S. Schütt, Interviewer)

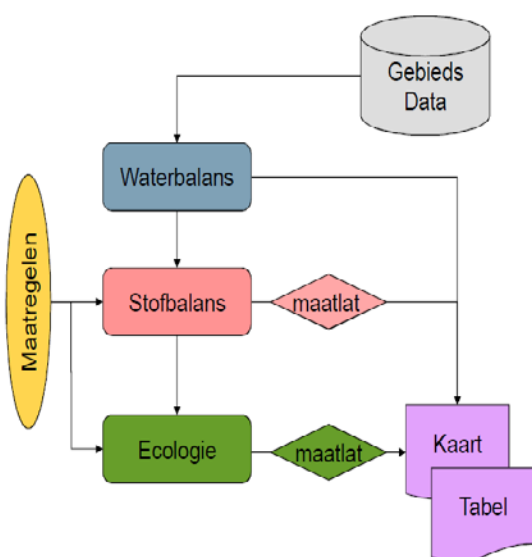
Bijlagen

Bijlage A: Achtergrondinformatie KRW-verkenner

De KRW-verkenner is een modelleringsprogramma dat is opgesteld om ondersteuning te bieden bij het opstellen van waterbeheerplannen. Met behulp van dit programma kunnen maatregelen ten behoeve van het verbeteren van de chemische en ecologische kwaliteit van oppervlaktewateren worden doorgerekend. De KRW-verkenner is een OD model. Het betreft een “bakjesmodel” waarbij enkel onderscheid wordt gemaakt in de uitwisseling van vrachten en debieten per node. (Gebruikshandleiding KRW-Verkenner, 2016)

In de KRW verkenner worden de volgende gegevens ingevoerd:

- De afwateringsgebieden en waterlichamen (oppervlaktes);
- De koppelingen tussen de verschillende watergangen (verdeling debieten);
- De emissies van stoffen en inputdebieten (vanuit grondwater en oppervlaktewater);
- De retentiewaarden (afbraakfactoren van stoffen in de verschillende watergangen);
- Beheer van het waterlichaam.

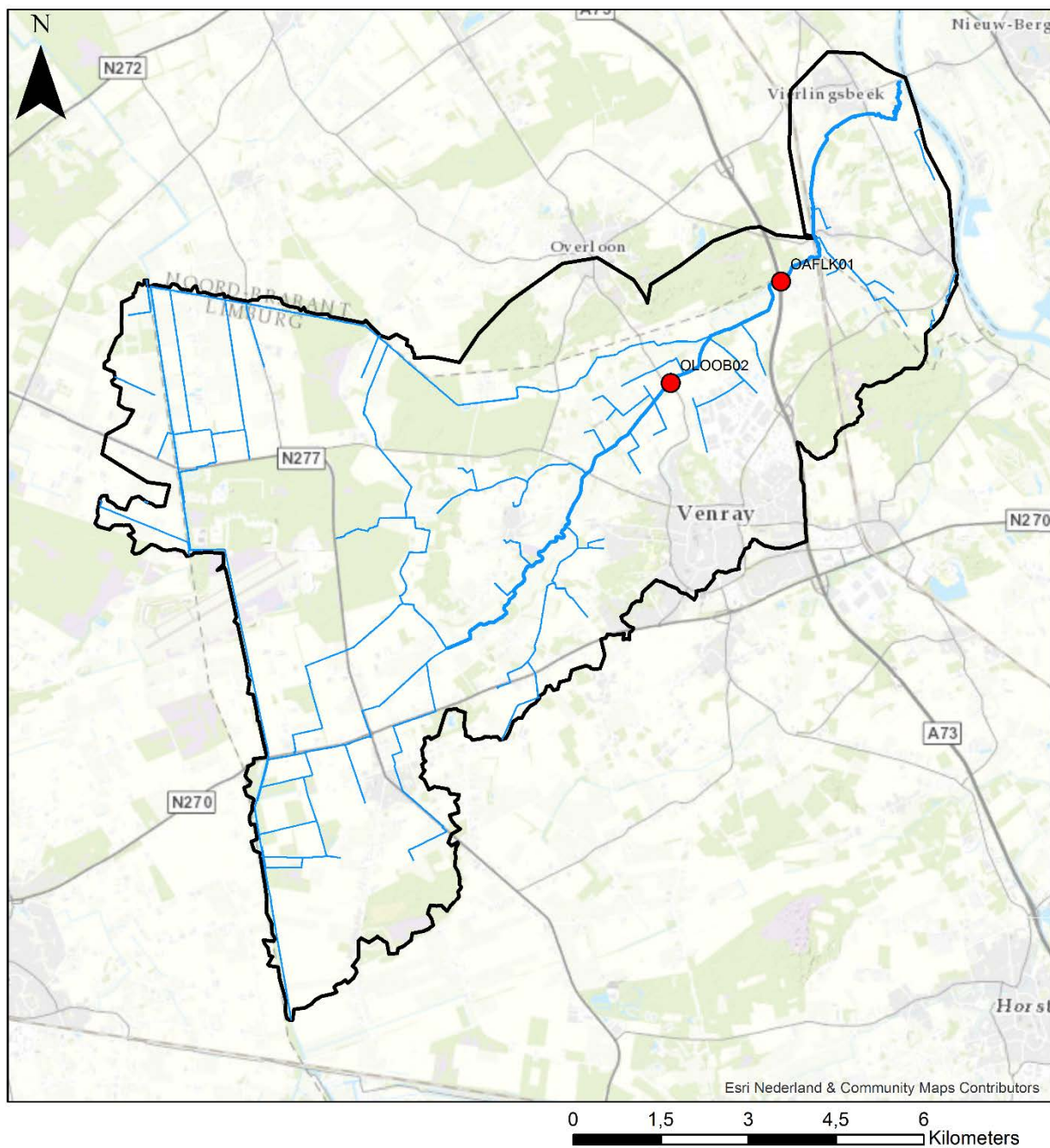


Figuur A.1: Werking KRW-verkenner (Gebruikshandleiding KRW-Verkenner, 2016).

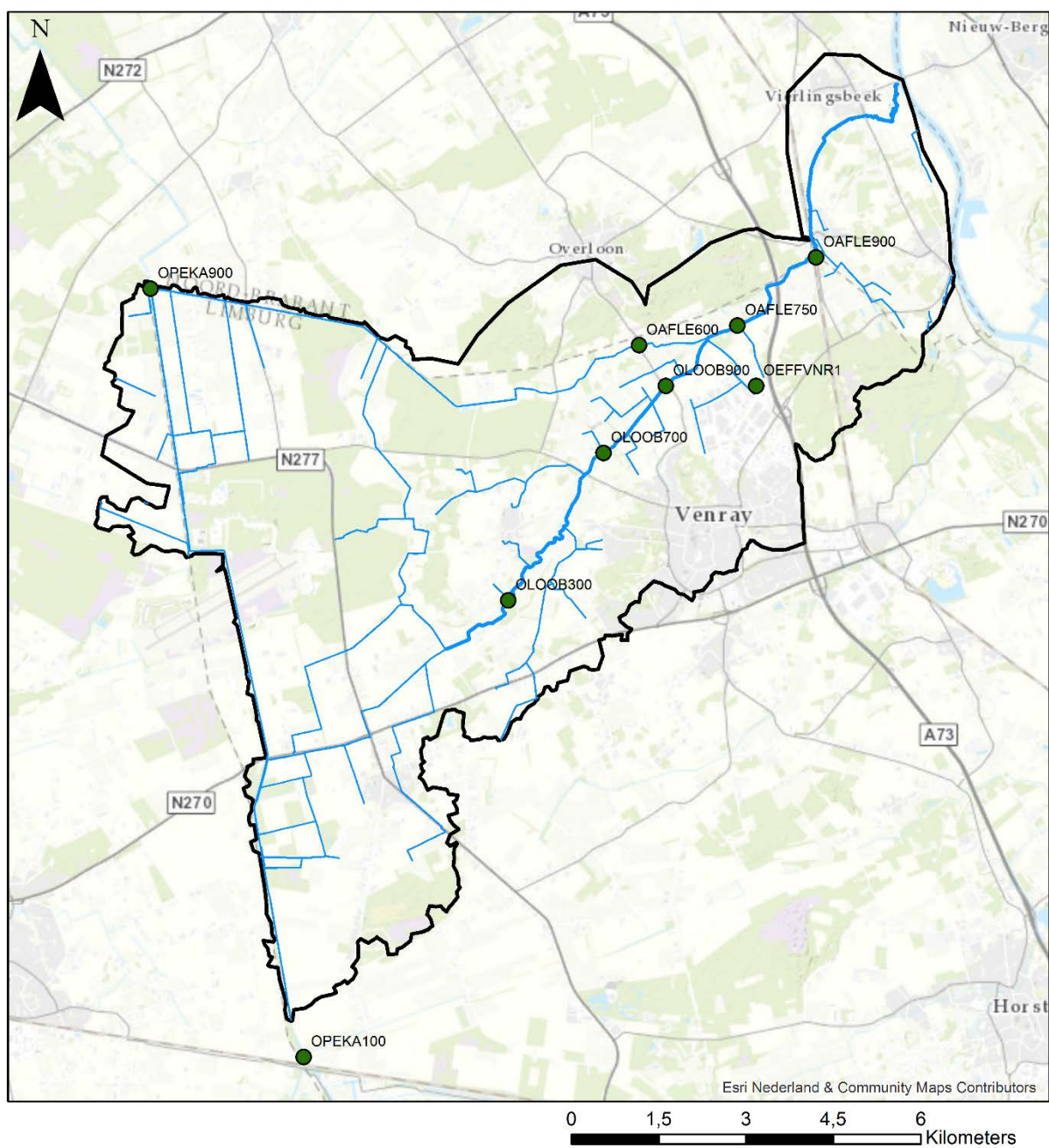
Een schema van de werkwijze van het model is te zien in figuur A.1. Watergangen en afwateringsgebieden worden uitgedrukt in de vorm van surface water units (SWU's) en drainage basin units (DBU's). Met behulp van de inputdata wordt eerst een waterbalans opgesteld. Aan de waterstromen die met het model berekend worden, worden vervolgens emissies van stoffen toegekend. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in diffuse- en puntbronnen. Ook kunnen de emissietypes worden gelabeld, waardoor de herkomst van de emissies nog beter vastgelegd kan worden. Bij een emissie hoort tevens een tijdspanne (kwartaal, maand etc.). Overigens worden de emissies onderverdeeld in verschillende emissietypen. Tevens kan per stof een retentiewaarde worden toegekend. Met behulp van deze 'stoffenbalans' kunnen vervolgens de vrachten van de beoogde stoffen worden berekend. Naast het berekenen van de stoffenbalans bestaat de mogelijkheid om met behulp van de ecologische module berekeningen uit te voeren. De ecologische module wordt niet verder toegelicht aangezien deze in dit onderzoek niet gebruikt wordt. De outputdata zijn onder andere debieten en vrachten van stoffen in de verschillende nodes. (Gebruikshandleiding KRW-Verkenner, 2016)

Bijlage B: Meetpunten onderzoeksgebied

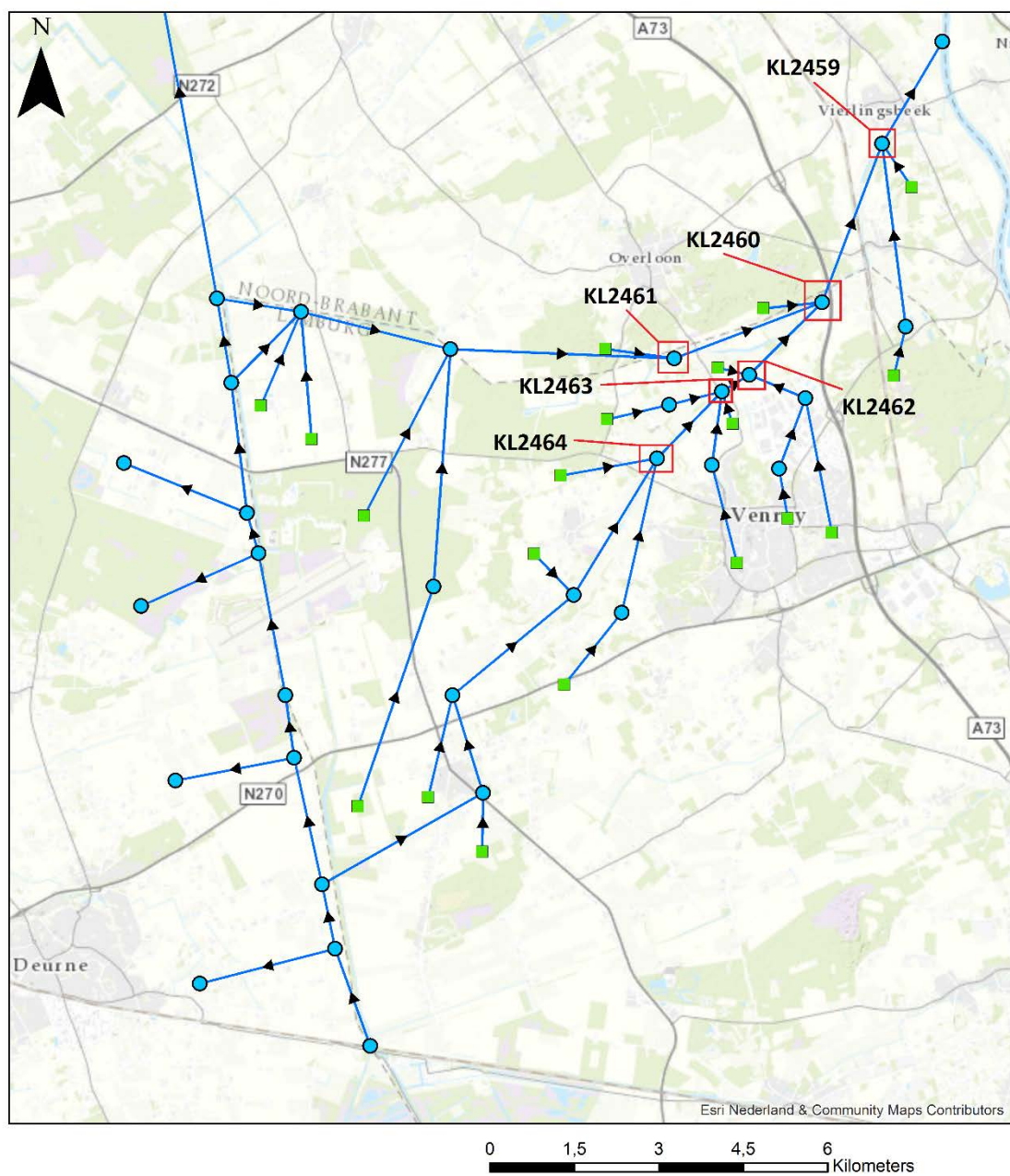
Hydrologie



Waterkwaliteit



Bijlage C: Modelschematisatie onderzoeksgebied



Legenda

- Surface Water Units
- Drainage Basins
- WFDLinks

Bijlage D: Clustering emissietypen

Clustering debieten

Type	Cluster	Gebiedseigen	Gebiedsvreemd
Puntbronnen	RWZI Venray	RWZI Venray	-
	RWZI Weert	-	RWZI Weert
	Aanvoer België	-	Grensoverschrijdend
Diffuse bronnen	Grondwater	Grondwater	Grondwater

Clustering emissies

Type	Cluster	Gebiedseigen	Gebiedsvreemd
Puntbronnen	RWZI Venray	RWZI Venray	-
	RWZI Weert	-	RWZI Weert
	Aanvoer België	-	Grensoverschrijdend
Diffuse bronnen	Landbouw & Natuur	Erfafspoeling	Erfafspoeling
		Meemesten sloten	Meemesten sloten
		Uitspoeling nutriënten landbouwgronden en natuur (STONE)	Uitspoeling nutriënten landbouwgronden en natuur (STONE)
	Overig	Afvalwater oppervlaktebehandeling (SBI 25.61)	Afvalwater basischemie organisch (SBI 20.14 en SBI 20.149)
		ATMOS	Afvalwater diervoederindustrie (SBI 10.9)
		Atmosferische depositie	Afvalwater gieten van metalen (SBI 24.5)
		Binnenvaart huishoudelijke lozingen	Afvalwater oppervlaktebehandeling (SBI 25.61)
		Emissies vanuit kassen	Afvalwater productie en distributie van elektriciteit en gas (SBI 35)
		Glastuinbouw	Afvalwater van voorbereiding tot recycling (SBI 38.3)
		Huishoudelijk afvalwater	Afvalwater vervaardiging van metalen in primaire vorm (SBI 24)
		IBA	Afvalwater vervaardiging van producten van kunststof (SBI 22.2)
		Overstorten	ATMOS
			Atmosferische depositie
			Binnenvaart huishoudelijke lozingen
			Emissies vanuit kassen
			Glastuinbouw
			Huishoudelijk afvalwater
			IBA
			Overstorten

Een van de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) is het beschermen en verbeteren van aquatische ecosystemen. De oppervlaktewateren dienen daarbij een goede toestand te bereiken. Voor de toestand van oppervlaktewateren wordt onderscheid gemaakt in de chemische toestand en ecologische toestand. De chemische toestand wordt getoetst op het voorkomen van algemeen verontreinigende stoffen. De ecologische toestand wordt onderverdeeld in vier onderdelen die allen getoetst worden: de hydromorfologie, de fysisch-chemische waterkwaliteit, de biologie en de aanwezigheid van gebied specifieke verontreinigende stoffen. Ieder onderdeel wordt opgesplitst in verschillende ecologische kwaliteitselementen (zie figuur E.1). (Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water, 2007)



PBL/mrt14
www.clo.nl/nh41204

Figuur E.1: Beoordeling waterkwaliteit volgens de KRW (Referenties en matlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water, 2007)

Bij de beoordeling van de ecologische waterkwaliteit wordt onderscheid gemaakt in 'natuurlijke wateren' en 'sterk veranderde en kunstmatige wateren'. Voor deze twee typen wateren zijn verschillende maatlatten opgesteld. Deze maatlatten worden uitgedrukt in het EKR (Ecologisch Kwaliteitsratio). Dit is een getal tussen 0 en 1 dat wordt bepaald aan de hand van de score die wordt toegekend aan de toestand waarin de verschillende ecologische kwaliteitselementen verkeren. De maatlat voor natuurlijke wateren is de GET (Goede Ecologische Toestand). Bij deze toestand vertonen de waarden van de ecologische kwaliteitselementen een geringe mate van verstoring ten gevolge van antropogene activiteiten. Daarbij wijken die waarden hoogstens lichtelijk af van de referentietoestand. Voor sterk veranderde en kunstmatige waterlichamen is de maatlat lager gelegd. De maatlat is daarbij het GEP (Goed Ecologisch Potentieel). (Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water, 2007)

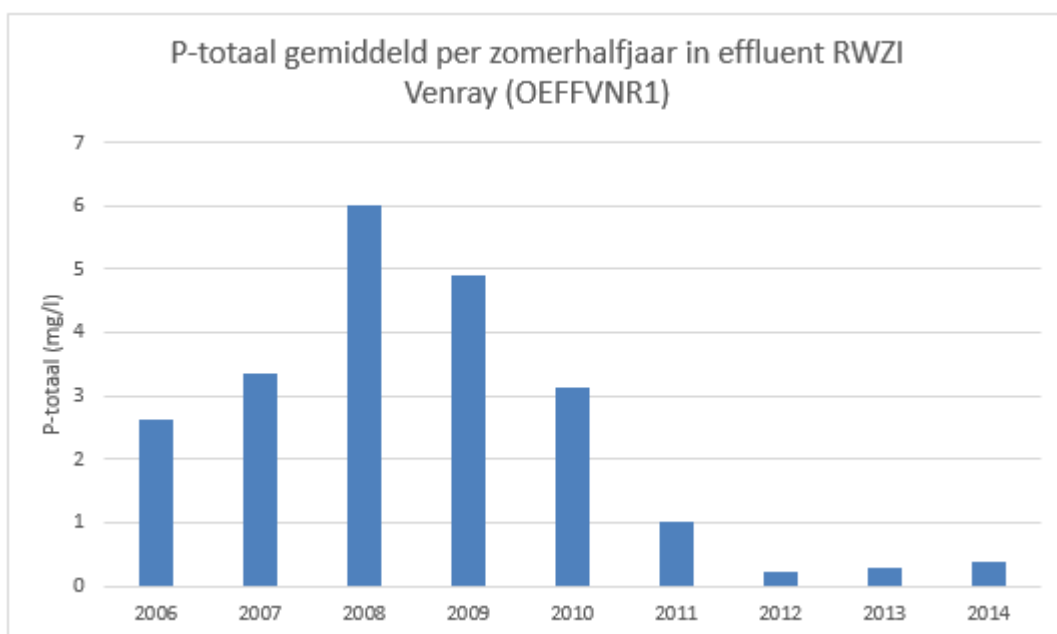
Het waterlichaam Loobeek-Molenbeek wordt gerekend onder het KRW-watertype R5 (langzaamstromende middenloop/benedenloop op zand) (Binnendijk, Basten, Mil, & Zwart, 2014). Dit type komt voor op de hogere zandgronden waar sprake is van een zwak reliëf. De beken worden gevoed door snel of langzaam stromende bovenlopen. De herkomst van het water in deze waterlopen bestaat dus voornamelijk uit oppervlaktewater en regenwater, en gedeeltelijk uit grondwater. De afvoer is over het algemeen laag, waardoor sprake is van een geringe dynamiek. Het water in de stroompjes is matig zuur tot neutraal en meestal meso- tot zwak eutroof. (Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water, 2007)

Bijlage F: Achtergrond effluentkwaliteit RWZI Venray

De effluentkwaliteit van RWZI Venray heeft een grote invloed op de waterkwaliteit in het benedenstroomse gedeelte van het KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek. Door veranderingen in de zuiveringstechnieken is de effluentkwaliteit veranderd. In deze bijlage zal dieper worden ingegaan op de ontwikkelingen van de stikstof- en fosforconcentraties van RWZI Venray.

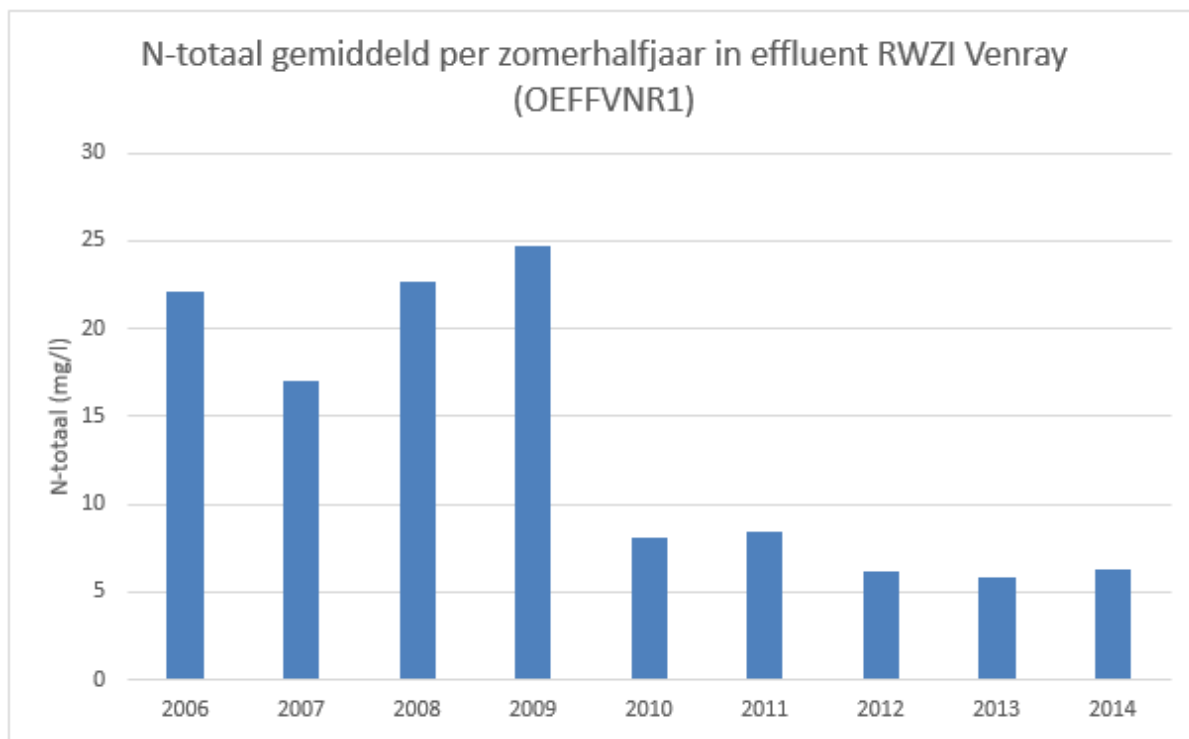
Emissie RWZI Venray in de jaren 2006-2014

In figuur F.1 zijn de gemiddelde fosforconcentraties in het zomerhalfjaar weergegeven van het effluent van de RWZI in Venray. Te zien is dat de fosforconcentraties na 2010 zijn afgenomen. Er is een gelijkenis te zien met de ontwikkeling van de concentratie fosfor op meetpunt OAFLE900. Het effluent van de RWZI lijkt volgens de meetdata een aanzienlijke invloed te hebben op de waterkwaliteit in OAFLE900, dat benedenstrooms ligt van de RWZI. Dit wordt ook bevestigd in de uitgevoerde vrachtenanalyse.



Figuur F.1: P-totaal effluent RWZI Venray.

Daarnaast zijn in figuur F.2 de gemiddelde concentraties stikstof in de effluentsloot weergegeven. De concentraties stikstof in het effluent van de RWZI zijn na 2010 duidelijk gedaald, net zoals de fosforconcentraties. Wederom is weer een gelijkenis te zien tussen de ontwikkelingen in de concentraties stikstof in het effluent en het benedenstroomse gedeelte van het waterlichaam Loobeek-Molenbeek.



Figuur F.2: N-totaal effluent RWZI Venray.

Bijlage G: Gebruiksnormen en achtergrond uit- en afspoeling van nutriënten

In deze bijlage wordt dieper ingegaan op de gebruiksnormen en het proces van uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden.

Gebruiksnormen mest

Vanuit Europa zijn normen opgesteld voor de maximale hoeveelheid stikstof en fosfaat dat mag worden gebruikt per hectare. Deze hoeveelheid hangt voor stikstof en fosfor af van het type grondsoort, het type gewas en het soort bedrijf. Voor fosfaat wordt verder onderscheid gemaakt in de fosfaattoestand van de grond.

Stikstof

Naast de norm voor de totale hoeveelheid stikstof per hectare, welke afhankelijk is van het type gewas en grondsoort, is er een gebruiksruijnte per bedrijf voor de totale hoeveelheid stikstof uit dierlijke mest die per hectare mag worden gebruikt. De gebruiksruijnte voor dierlijke mest is 170 kg stikstof per hectare. Agrariërs mogen zelf bepalen hoe zij de dierlijke mest verdelen over het bedrijf, echter mag hierbij niet de norm voor het gewas worden overschreden. Agrariërs met een hoog aandeel grasland in het bouwplan (in 5^e NAP aangescherpt van minimaal 70% naar 80% grasland) komen in aanmerking voor derogatie. Derogatie houdt in dat mag worden afgeweken van de Europese gebruiksnorm voor dierlijke mest. Bedrijven met derogatie mogen 230 kg/ha (zandgrond) en 250 kg/ha (klei- en veengronden) stikstof uit dierlijke mest per hectare gebruiken. (RVO, Derogatie, 2017) (RVO, Dierlijke mest gebruiksnorm en gebruiksruijnte, 2017)

Fosfaat

De gebruiksnorm voor fosfaat is afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem (fosfaatdifferentiatie genoemd). Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de Pw-toestand voor bouwland en de P-AL toestand voor grasland. De Pw-toestand is een maat voor de hoeveelheid fosfaat dat direct beschikbaar is voor de plant gedurende het groeiseizoen. De P-AL-toestand is een maat voor de hoeveelheid fosfaat dat kan worden nageleverd (fosfaatcapaciteit). In figuur G.1 zijn de fosfaatgebruiksnormen voor 2017 weergegeven. (Schouwman, 2008)

Grasland		
PAL-waarde	Categorie	2017
<27	Laag	100
27-50	Neutraal	90
>50	Hoog	80

Bouwland		
Pw-waarde	Categorie	2017
<36	Laag	75
36-55	Neutraal	60
>55	Hoog	50

Figuur G.1: Fosfaatgebruiksnormen grasland en bouwland voor 2017 (RVO, Tabel 2 Fosfaatgebruiksnormen, 2017).

Werkingscoëfficiënt mest

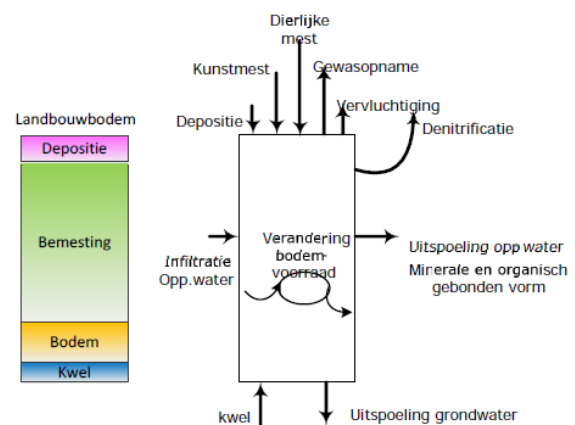
Elke mestsoort heeft een eigen werkingscoëfficiënt. Dit percentage geeft aan welk percentage van de stikstof/fosfaat netto zal bijdragen aan de groei van het gewas gedurende het groeiseizoen dat de mest wordt toegediend. De gebruiksnormen per gewas zijn gebaseerd op de netto mestgift (de toegediende mest gecorrigeerd met de werkingscoëfficiënt). De totale aanvoer van stikstof (N-totaal) kan daardoor hoger zijn dan de gebruiksnorm voor een bepaald gewas. Vanwege deze werkingscoëfficiënt zal in veel gevallen extra kunstmest worden gestrooid om maximaal te bemesten binnen de normen (met dierlijke mest zal vanwege de lagere werkingscoëfficiënt dan kunstmest in veel gevallen de bemestingsruimte van het gewas niet volledig benut worden). (RVO, Tabel 3, werkingscoëfficiënt, 17)

Achtergrond uit- en afspoeling nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater

Stikstof en gewasgroei

Stikstof is één van de essentiële nutriënten voor een goede gewasgroei en is nodig voor de vorming van bladeren die met behulp van fotosynthese de plant laten groeien. Bij de groei van een gewas is in veel gevallen de hoeveelheid stikstof in de bodem niet de beperkende factor, maar de vorm waarin deze aanwezig is. De plant kan enkel stikstof in de vorm van nitraat en in mindere mate ammonium opnemen. De mestgift bestaat deels uit organische meststoffen (compost, rundveedrijfmest en varkensdrijfmest) en anorganische meststoffen (kunstmest). Door de anorganische vorm van kunstmest is deze stikstofgift afhankelijk van de toedieningsvorm, direct beschikbaar voor het gewas. Stikstof uit kunstmest kan in de vorm van nitraat en ammonium, welke direct beschikbaar zijn voor het gewas worden gegeven. Echter bestaat er ook kunstmest in de vorm van ureum en amiden (eiwitten). Die stoffen moeten voordat het beschikbaar is voor de plant eerst worden omgezet in nitraat en ammonium. Ammonium kan ook weer worden omgezet in nitraat. Doordat ammonium, amiden en ureum minder gevoelig voor uitspoeling zijn dan nitraat kan afhankelijk van het gewenste doel voor een bepaald type kunstmest worden gekozen. (Haanstra, Wat u moet weten over stikstof, vragen en antwoorden, 2011)

Bij drijfmest is een deel van de aanwezige stikstof al gemineraliseerd en direct beschikbaar voor de plant, de overige stikstof is gebonden in organische componenten. Dit organisch gebonden stikstof is niet direct beschikbaar voor de plant. In de bodem dient dit eerst gemineraliseerd te worden. Deze organisch gebonden meststoffen komen gedurende het gehele jaar (en volgende jaren) langzaam vrij. Hierdoor zijn ook buiten het groeiseizoen mobiele stikstofvormen in de bodem aanwezig. De stikstof die in minerale vorm aanwezig is in de bodem is gevoelig voor uitspoeling, echter kunnen ook organische vormen van stikstof uitspoelen. Gedurende het groeiseizoen wordt door een hoge gewasopname de uitspoeling van meststoffen beperkt. Gedurende de wintermaanden is de uitspoeling van meststoffen het hoogst. Dit wordt veroorzaakt doordat de mineralisatie van stikstof gedurende deze maanden doorgaat, terwijl opname van stikstof door het gewas niet tot nauwelijks plaatsvindt. De uitspoeling van stikstof afkomstig van kunstmest is gedurende winter beperkt, deze wordt gedurende het groeiseizoen opgenomen door het gewas, of spoelt direct uit naar het grond- en oppervlaktewater. Bij het toedienen van kunstmest kan het verlies van stikstof worden verminderd door bij de juiste omstandigheden te bemesten: de eerste week geen intensieve neerslag, maar vlak na toediening een klein hoeveelheid neerslag om verfluchtiging te voorkomen. (Haanstra, Wat u moet weten over stikstof, vragen en antwoorden, 2011)



Figuur F.2: nutriëntenbalans landbouwbodem. (P. Groenendijk, 2016)

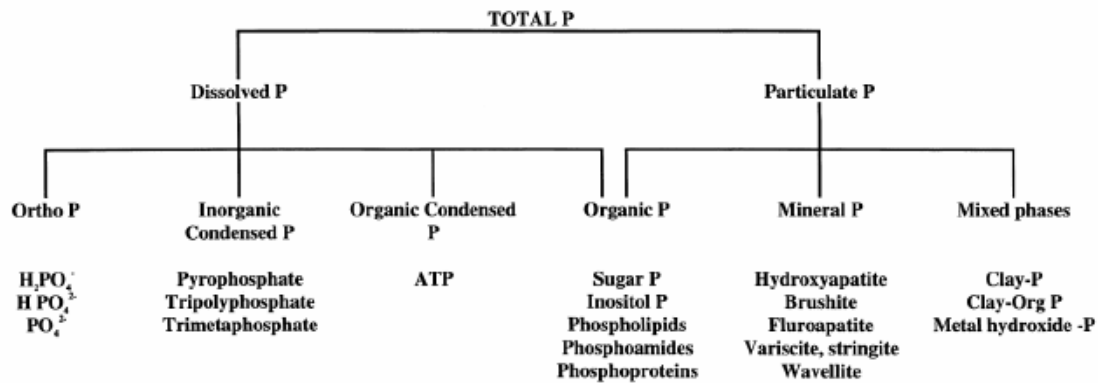
Het stikstofoverschot

Doordat planten niet alle beschikbare stikstof kunnen opnemen bestaat er altijd een stikstofoverschot. Het stikstofoverschot is het verschil tussen de stikstof die beschikbaar is voor de plant en de hoeveelheid stikstof die het gewas opneemt. Het stikstofoverschot verlaat op verschillende manieren de bodem. De stikstof die beschikbaar is voor het gewas bestaat uit de werkzame stikstof uit de mestgift en nalevering van organisch gebonden stikstof uit voorgaande jaren (mineralisatie). Ook komt er stikstof beschikbaar uit depositie, gewasresten of een vanggewas indien deze geteeld is (op zandgronden verplicht). Een deel van het stikstofoverschot wordt door denitrificatie omgezet in lachgas en stikstofgas. Het overige deel van het stikstofoverschot komt door af- en uitspoeling in het grond- en oppervlaktewater terecht.

Fosfaat

Fosfaat is net als stikstof een essentieel nutriënt voor de groei van een gewas. Echter gedraagt fosfaat zich heel anders in de bodem. Fosfaat is minder mobiel dan nitraat en is mede daardoor minder gevoelig voor uitspoeling. Fosfaat wordt snel gebonden aan bodemdeeltjes. Fosfaat komt voor als oplossing in het bodemvocht en in gebonden toestand in de bodem. In figuur F.3 zijn de verschillende typen waarin fosfor kan voorkomen weergegeven.

Mede door de overbesteding in het verleden is de voorraad van fosfaat in de bodem groot. Het gebonden fosfaat



Figuur F.3: Overzicht van de verschillende fosfaatvormen die kunnen voorkomen als mobiel fosfaat (Dissolved P) of fosfaat gebonden aan deeltjes (Particulate P). (Salm, 2012)

in de bodem lost onder invloed van bodemprocessen langzaam op in de bodem: het fosfaat wordt mobiel. In het bodemvocht komt dit mobiele fosfaat gemakkelijk tot uitspoeling. De belasting van fosfor op het grond- en oppervlaktewater neemt ondanks de huidige evenwichtsbesteding van fosfaat maar langzaam af door de nalevering van de bodemvoorraad.

(Salm, 2012)

Factoren die uitspoeling stikstof en fosfor beïnvloeden

De uitspoeling van het stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater is afhankelijk van de grondsoort, het type gewas, het neerslagoverschot en de grondwatertrap. De combinatie van deze factoren maakt dat het landbouwareaal in het onderzoeksgebied gevoelig is voor uitspoeling van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater. De verschillende factoren zullen in de volgende paragrafen kort worden behandeld.

Grondwatertrap

De grondwatertrap geeft informatie over de vochtvoorziening in de bodem. Bij diepere grondwaterstanden is er minder water beschikbaar voor het gewas (capillaire opstijging). Deze gronden zijn droogtegevoelig. Doordat er minder vocht voor het gewas aanwezig is, blijft de gewasgroei achter en worden er minder nutriënten opgenomen door het gewas. Daarnaast is de denitrificatie van stikstof op droge gronden lager doordat denitrificatie hoofdzakelijk optreedt door bacteriën die leven onder anaerobe omstandigheden. Bij een hoge grondwatertrap spoelt er minder fosfor uit doordat er minder fosfor wordt opgelost in het bodemvocht.

Grondsoort

De grondsoort speelt een rol voor de uitspoeling van stikstof en fosfor. Op zandgronden spoelt een aanzienlijk groter deel van het overschot uit dan op klei- en veengronden. Klei en veen hebben een groter vermogen om nutriënten in de bodem te binden. Hierdoor zijn ze minder gevoelig voor uitspoeling. Daarbij komt dat zandgrond veel sneller uitdroogt, waardoor de denitrificatie afneemt. Ook infiltreert water gemakkelijker in zandgrond waardoor mobiel stikstof en fosfor sneller uitspoelt naar het grond- en oppervlaktewater.

Gewas

Het type gewas dat wordt geteeld heeft invloed op het stikstofoverschot en daarmee op de uit- en afspoeling van nutriënten. Gewassen met een korte groeiperiode en een relatief groot aandeel onbeteelde grond (spuitpaden en kopakkers) zijn gevoeliger voor uitspoeling van nutriënten, mede doordat de mineralisatie van stikstof en de fosfaatmobilisatie blijft doorgaan. Het telen van een vanggewas kan dit stikstof overschot gedeeltelijk vastleggen

zodat het gedurende het volgende groeiseizoen alsnog kan worden benut. Bij gras, dat gedurende het gehele jaar nutriënten kan opnemen is de uitspoeling daardoor aanzienlijk lager. Op de zandgronden in het onderzoeksgebied is het telen van een vanggewas verplicht.

Neerslagoverschot

De hoeveelheid stikstof die uitspoelt naar het grond- en oppervlaktewater is afhankelijk van het neerslagoverschot. Naarmate het neerslagoverschot groter wordt, en er dus meer water door de bodem stroomt, wordt er meer mobiel stikstof en fosfor meegenomen naar het grondwater. Ook nemen bij intensieve regenbuien door plasvorming de afspoeling van nutriënten toe.

(P. Groenendijk, 2016) (RIVM, 2012)

Bijlage H: Achtergrond peilgestuurde drainage

Peilgestuurde drainage kan op verschillende manieren worden gerealiseerd. Elk systeem heeft zijn eigen voordelen en specifieke toepassingsmogelijkheden. In deze paragraaf zullen de verschillende systemen worden behandeld.

Samengestelde peilgestuurde drainage

Bij samengestelde drainage worden de drainagebuizen dieper aangelegd dan bij conventionele drainage. Naast de normale drainagebuizen wordt er een verzamelrain aangelegd, waarop de drainbuizen afwateren. De hoofdbuis mondt vervolgens uit in een regelput, waar het gewenste peil kan worden ingesteld. De peilregeling vindt hoofdzakelijk plaats via het systeem van 'Van Iersel': in de regelput wordt het niveau geregeld door de uitstroombuizen met een pijpje te regelen (zie figuur H.1). Een van de grote voordelen van dit systeem is het feit dat de drainagebuizen dieper kunnen worden aangelegd, hierdoor treedt er geen ijzeroxidatie op vanwege droogvallende drains. Een juiste werking van de drain blijft gegarandeerd en de drains hoeven niet te worden doorgespoten (bij conventionele drainage noodzakelijk onderhoud).

Omvormen conventionele drainage naar peilgestuurde drainage

Het is mogelijk om conventionele drainage alsnog peilgestuurd te maken. Het opstuwen van het waterpeil in de watergang doormiddel van een stuw is hierbij de meest gangbare en minst arbeidsintensieve methode. Door het slootpeil op te zetten wordt de drainagebasis verhoogd. Een nadeel van deze vorm is het feit dat niet op perceelsniveau gestuurd kan worden. Hierdoor kunnen niet de meest optimale omstandigheden voor het gewas worden behaald. Ook dient altijd rekening te worden gehouden met achterliggende grondgebruikers: om het peil aan te passen is het vaak gewenst om met de grondgebruikers binnen de invloedssferen van de stuw te overleggen.

Een tweede methode is het plaatsen van pijpjes op uitmondingen van de drainagebuizen in de sloot. Door de pijpjes in hoogte te verstellen, kan per drain het gewenste peil worden ingesteld. Deze methode is erg arbeidsintensief. Ook dienen de pijpen bij maaionderhoud te worden verwijderd, hierbij kan tijdelijk een daling van de grondwaterspiegel optreden. Naar gelang het tijdstip in het seizoen en de weersomstandigheden kan hierbij het gehele effect van peilgestuurde drainage teniet worden gedaan. (Loman, 2017) (Maasvallei, Peilgestuurde drainage)

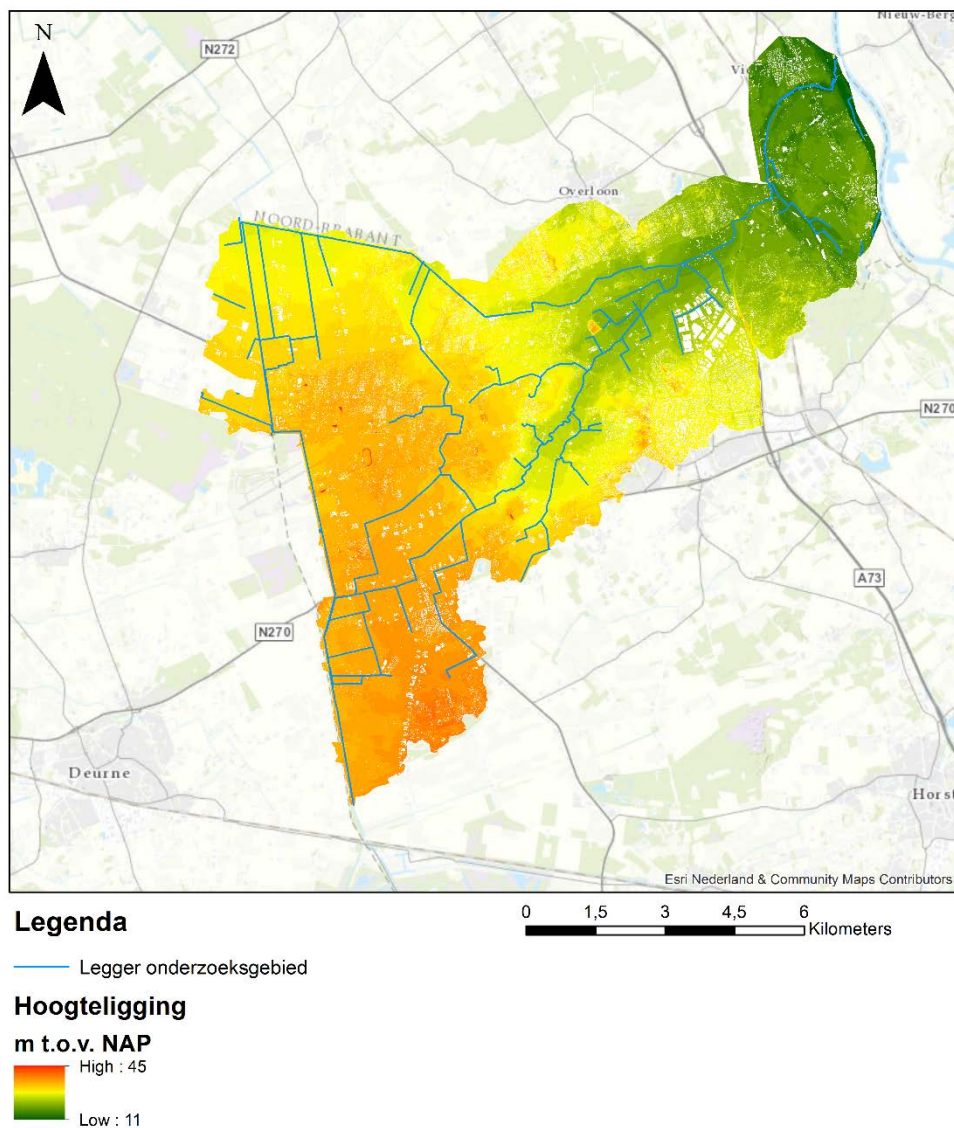


Figuur H.1: Eindbuis van een systeem met peilgestuurde drainage.

Bijlage I: Aanvullende analyse onderzoeksgebied

Hoogteligging

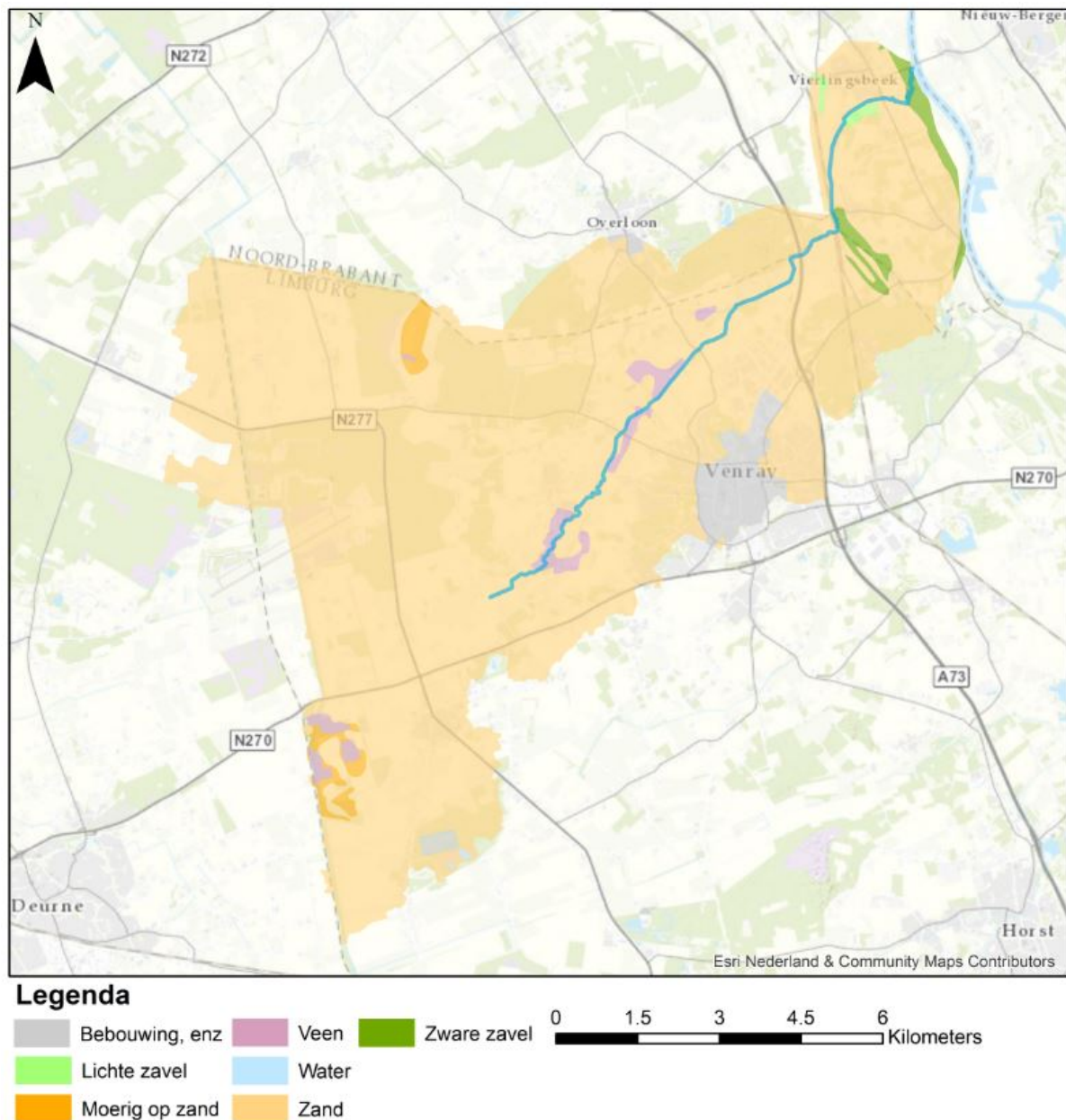
Een kaart van de hoogteligging van het onderzoeksgebied is weergegeven in figuur I.1. De hoogte loopt af van zuidwestelijke naar noordoostelijke richting. In het noordoosten ligt de Maasvallei, en in het westen ligt de hoger gelegen Peel. Het hoogteverschil tussen het hoogste en laagste punt binnen het gebied is ongeveer 33 meter. Het reliëf in het onderzoeksgebied is dus relatief groot. Het Peelkanaal, dat water aanvoert naar het gebied, ligt in het hoger gelegen westen.



Figuur I.1: Hoogteligging in het projectgebied.

Grondsoorten

Om beter inzicht te krijgen in het projectgebied zijn de verschillende grondsoorten die er voorkomen geïnventariseerd (zie figuur I.2). Inzicht in de voorkomende grondsoorten is van belang voor het begrijpen van de uitspoeling van nutriënten. Op zandgronden spoelen meststoffen sneller uit dan op zwaardere grondsoorten (zavel/veen) (Salm, 2012). In het gebied komt overwegend zandgrond voor. Plaatselijk komen restanten van het voormalige hoogveen voor. Deze moerige gronden en veengronden zijn vooral in het lagere deel langs het KRW-waterlichaam aanwezig. Ook langs het Peelkanaal en het Afleidingskanaal (op de grens met Noord - Brabant) komen deze gronden voor. In de benedenloop van het KRW-waterlichaam, ten zuiden van Vierlingsbeek, komen plaatselijk gronden voor met lichte en zware zavel. Die gronden komen ook voor bij de monding van het KRW-waterlichaam in de Maas.



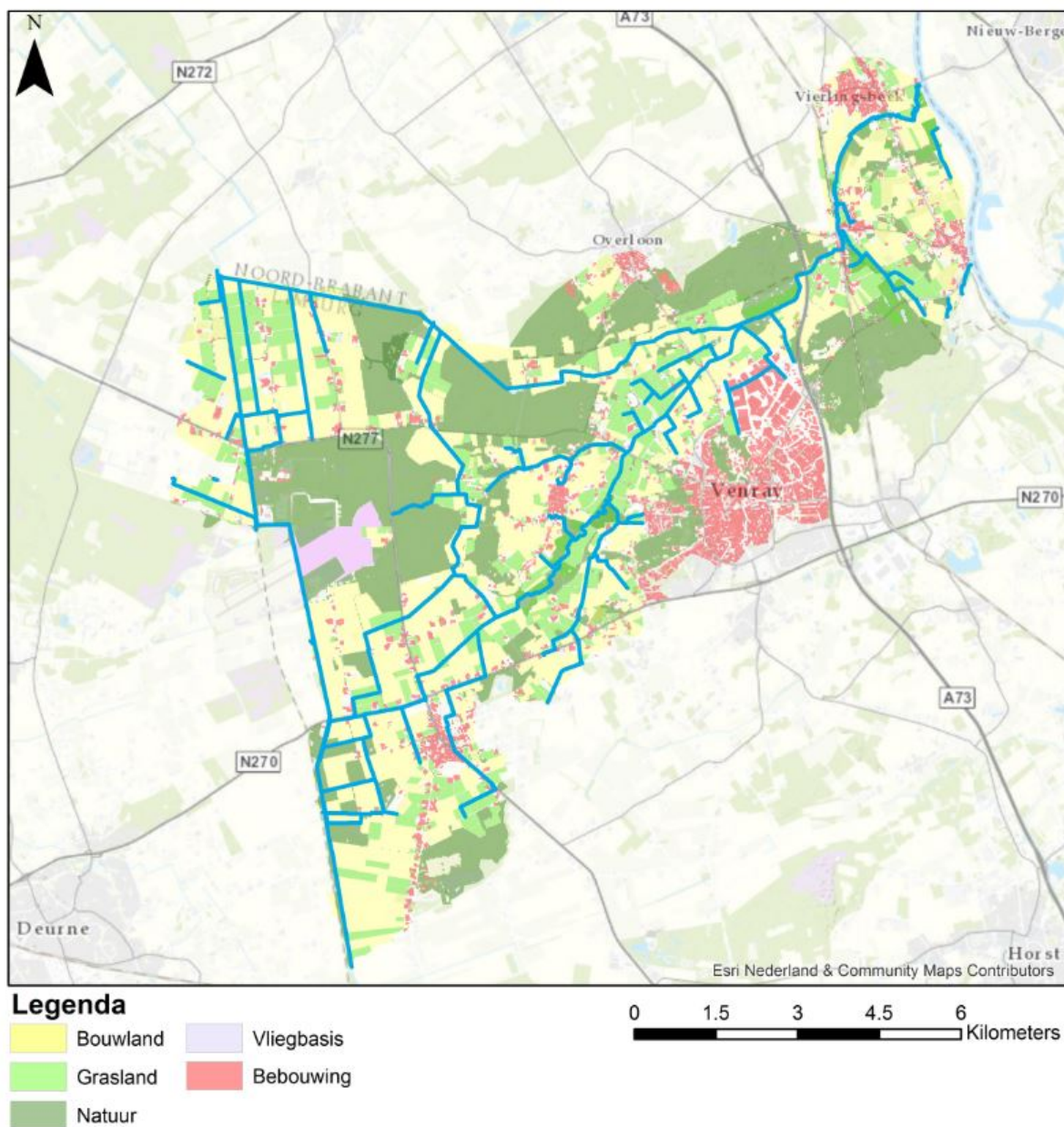
Figuur I.2: Grondsoortenkaart met KRW-waterlichaam Loobeek-Molenbeek.

Landgebruik

Het landgebruik in het projectgebied is divers. Op de hogere zandgronden is veel natuur aanwezig (naaldbos en heide). Verder wordt de grond in het gebied hoofdzakelijk gebruikt voor landbouwdoeleinden. De grote meerderheid van deze gronden zijn in gebruik als bouwland. De akkerbouw concentreert zich op de hogere zandgronden, terwijl de lagere gebieden (langs de Loobeek) in gebruik zijn als grasland. In tabel I.1 staat per type landgebruik (grasland, bouwland en natuur) het aantal hectare (in 2014).

Tabel I.1: aantal hectare per type grondgebruik.

Type landgebruik	ha
bouwland	3234
grasland	1362
natuur	3002



Figuur I.3: Overzicht verschillende typen landgebruik.

Akkerbouw

In tabel I.2 zijn de arealen voor de verschillende teelten weergegeven. Maïs, groenteteelt en aardappelen zijn de belangrijkste teelten in het onderzoeksgebied. Het areaal van de verschillende teelten geeft een globaal inzicht in de emissie afkomstig uit de landbouw: er zijn gewassen met weinig emissie (granen, bieten) en gewassen met een grote emissie (groenteteelt, aardappelen) (P. Groenendijk, 2016). In het onderzoeksgebied komen relatief veel intensieve teelten voor met een hoge emissie.

Grasland

Het grasland in het projectgebied is op te delen in verschillende typen, waarbij blijvend en tijdelijk grasland het grootste deel vormen. Blijvend grasland is grasland dat minimaal 5 jaar achter elkaar geen andere functie heeft gehad (RVO, Blijvend grasland instandhouden, 2017). Verder is er natuurlijk grasland aanwezig.

Tabel I.2: onderverdeling areaal bouwland.

Gewasttype	Oppervlakte (ha)
Maïs	1214
Groenteteelt	637
Aardappelen	498
Bieten	264
Overig	190
Planten- en boomkwekerij	143
Bloembollen	140
Graszoden	137
Granen (zomer)	98
Granen (winter)	20
Fruit	16
Uuien	14
Totaal	3234

Tabel I.3: onderverdeling areaal grasland.

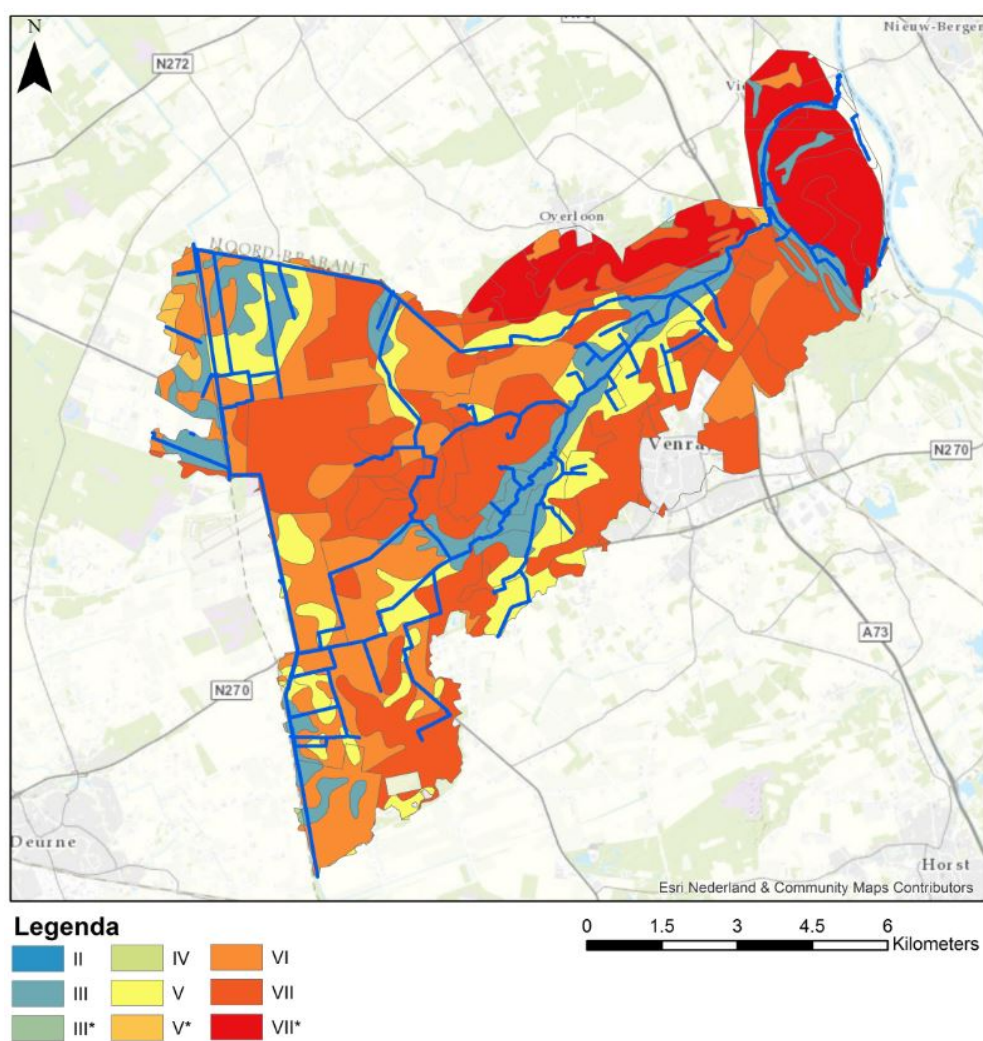
Type grasland	Oppervlakte (ha)
Blijvend grasland	251
Tijdelijk grasland	1034
Natuurlijk grasland	77
Totaal	1362

Grondwatertrap

Grondwatertrappen zeggen veel over de waterhuishouding in het gebied. De gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) geven een indicatie over de schommeling van grondwaterstand. In figuur I.4 is de grondwatertrappenkaart weergegeven. In tabel I.4 is een nadere specificering per grondwatertrap weergegeven. Het onderzoeksgebied is over het algemeen als droog te kenmerken. Enkel langs de Loobeek/Afleidingskanaal en plaatselijk langs het Peelkanaal zijn de grondwatertrappen II, III en IV waar te nemen. Op de overige, hoge zandgronden staat het grondwater diep tot zeer diep.

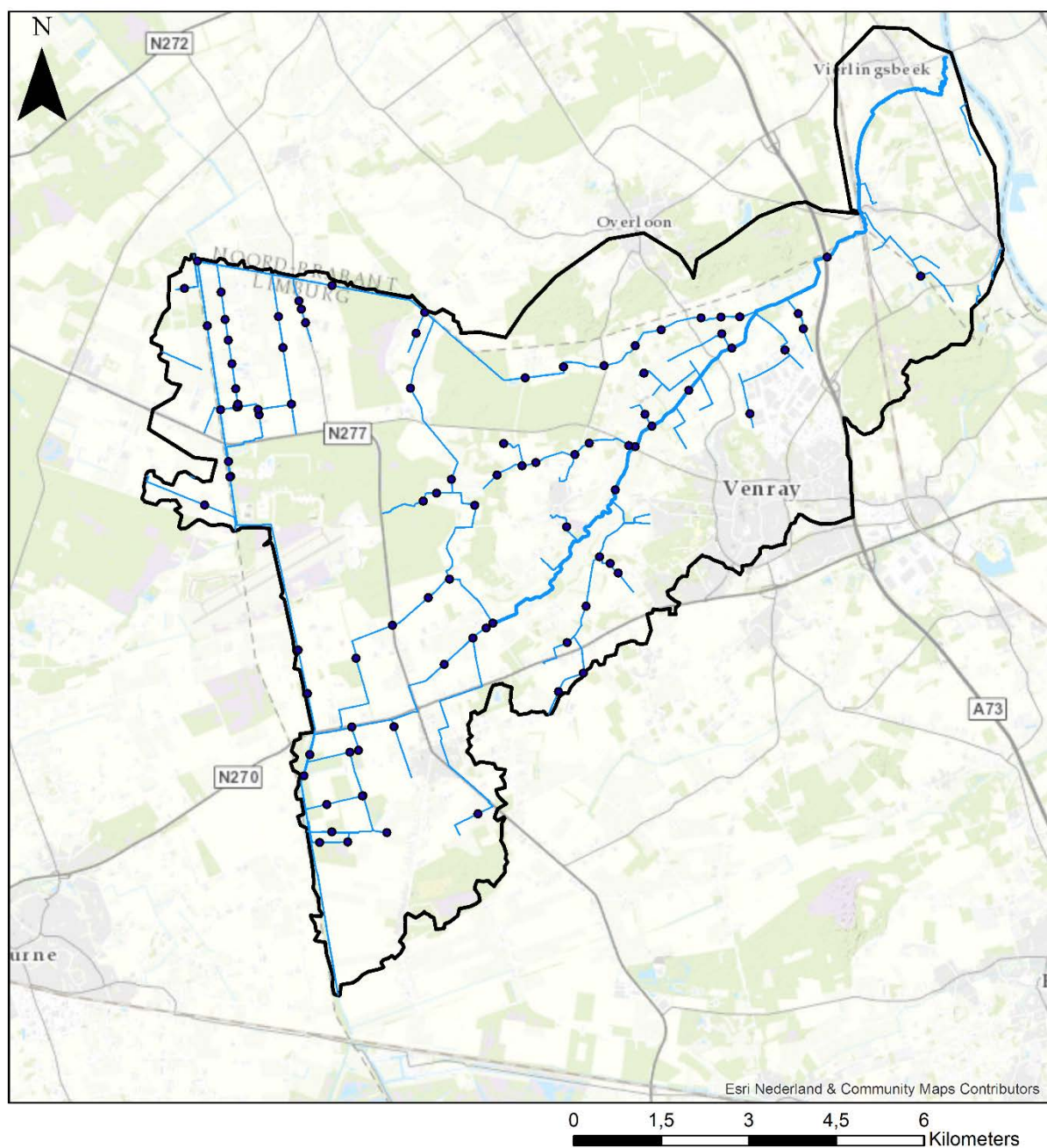
Tabel I.1: Specificering grondwatertrappen.

Grondwatertrap	GHG	GLG
II	<40	50-80
III	<40	80-120
III*	25-40	80-120
IV	>40	80-120
V	<40	>120
V*	25-40	>120
VI	40-80	>120
VII	>80	>160
VII*	>140	>160



Figuur I.4: Grondwatertrappen in het projectgebied.

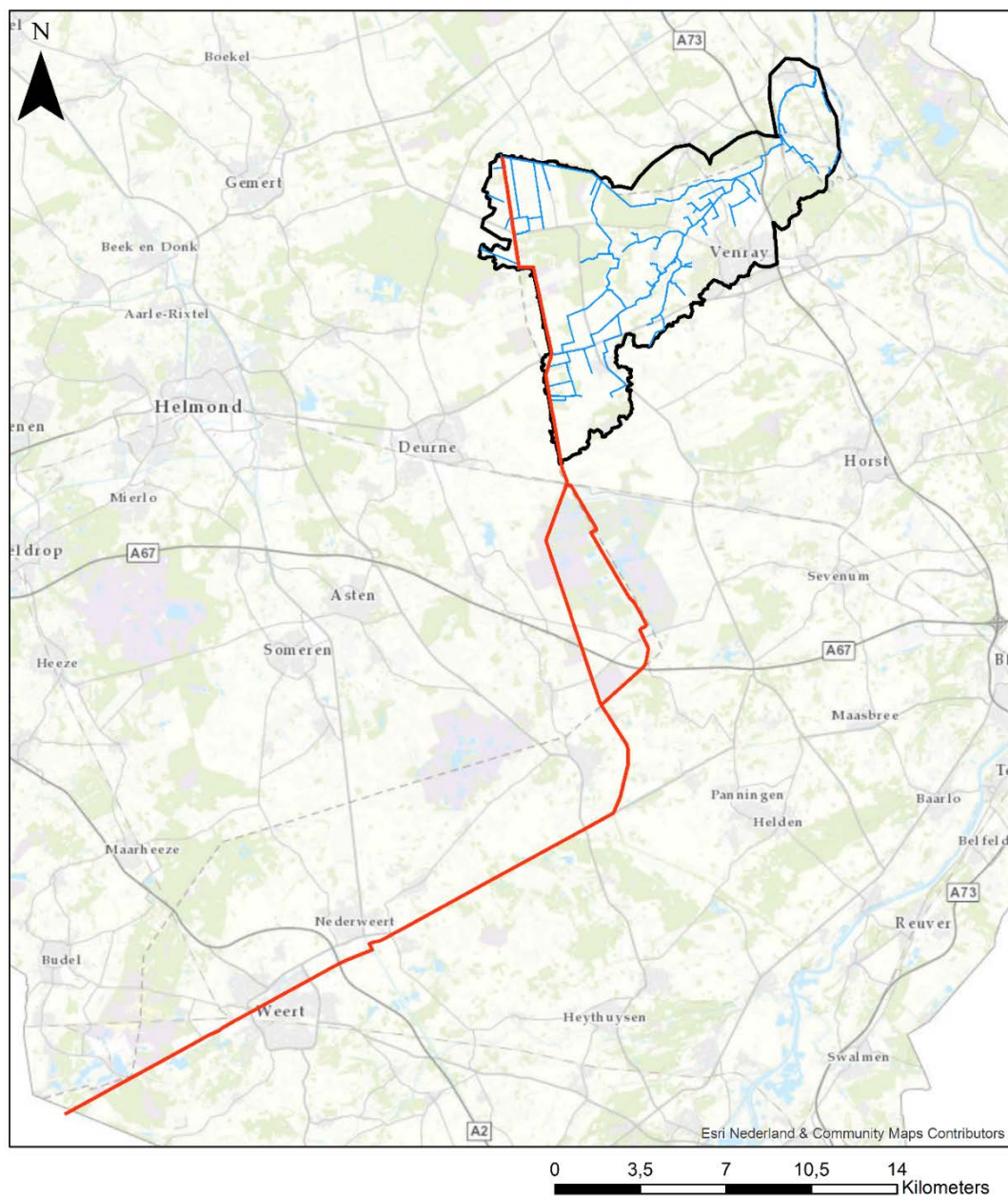
Bijlage J: Stuw Waterschap Limburg



Legenda

- Stuw

Bijlage K: Aanvoersysteem Peelkanaal



Legenda

- Aanvoersysteem oppervlaktewater
- Legger onderzoeksgebied
- Onderzoeksgebied

Bijlage L: Verslag veldbezoek

Op 10-04-2017 is een veldbezoek binnen het onderzoeksgebied uitgevoerd. Gedurende dit veldbezoek zijn in een aantal watergangen de volgende waterkwaliteit gerelateerde parameters gemeten: het nitraatgehalte, het ammoniumgehalte, de pH, het EGV, de saliniteit, TDS en de watertemperatuur. In dit verslag worden de bevindingen van dit veldbezoek beschreven.

Gebruikte meetapparatuur

Gedurende het veldbezoek is gebruik gemaakt van verschillende meetinstrumenten. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn gemeten met behulp van de teststrips (HACH) en de bijhorende Nitraat-app van Deltares. De metingen met de Nitraat-app hebben een betrouwbaarheid van 30% (Rozemeijer, 2017). De meetwaarden worden daarom als indicatief geïnterpreteerd. De nitraatmetingen zijn in duplo uitgevoerd.

Voor de overige parameters is gebruikt gemaakt van een pH/geleidbaarheid meetinstrument (ExStik II EC500). Daarbij zijn de pH metingen onbetrouwbaar aangezien de pH meter waarschijnlijk niet goed gekalibreerd was. Er werden aanzienlijk hogere pH-waarden waargenomen dan gebruikelijk is.

Debieten gedurende het veldbezoek

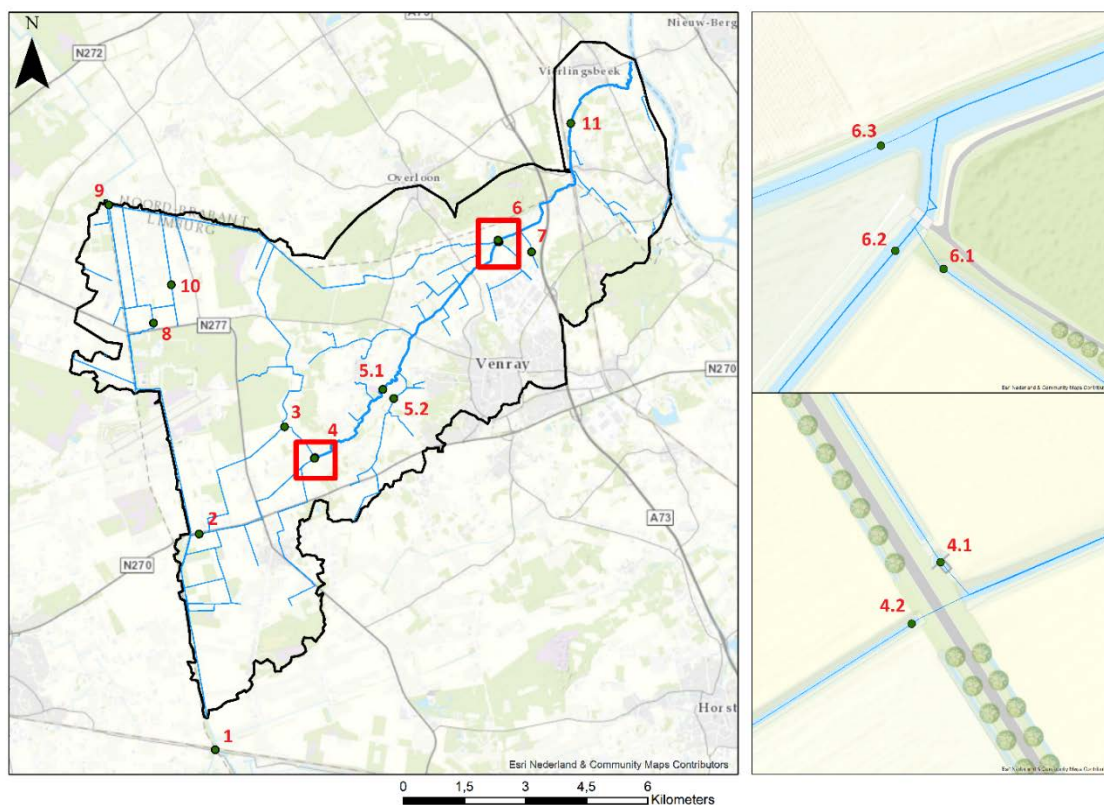
Voorafgaand aan het veldbezoek was er lange tijd geen neerslag geweest in het onderzoeksgebied. De debieten in de watergangen, gemeten op vaste meetpunten door waterschap Limburg (zie tabel L.1) waren laag. Bij Stuw De Halte, waar het Peelkanaal begint, werd een debiet gemeten van ongeveer 0,450 m³/s. Bovenstrooms in het Peelkanaal, bij Stuw Vredepaal), werd een debiet van 0,150 m³/s gemeten. Verder werd in de Loobeek bij de Overloonse weg een debiet van 0,200 m³/s gemeten en bij Stuw Smakt een debiet van 0,594 m³/s gemeten.

Tabel L.1: Debieten gedurende het veldbezoek.

<i>Meetpunt</i>	<i>Debiet (m³/s)</i>
Peelkanaal (Stuw Vredepaal)	0,150
Kanaal van Deurne (Stuw De Halte)	0,450
Loobeek (Overloonse weg)	0,200
Loobeek (Stuw Smakt)	0,594

Gegevens per meetpunt

Tijdens het veldbezoek zijn 15 verschillende metingen uitgevoerd. Deze meetpunten zijn opgedeeld in 11 verschillende locaties. In figuur L.1 zijn de meetlocaties weergegeven. Er zijn metingen uitgevoerd in het Peelkanaal, het Afleidingskanaal, de Loobeek en in diverse landbouwsloten. In tabel L.2 is een overzicht van de meetwaarden per meetpunt weergegeven. Verder is per meetlocatie een toelichting gegeven. Daarbij moet wederom opgemerkt worden dat de pH meter fout gekalibreerd was, waardoor de pH waarden te hoog waren.



Figuur L.1: Meetlocaties waterkwaliteit tijdens het veldbezoek.

Tabel L.2: Meetgegevens veldbezoek.

NR	X	Y	NO3-N (mg/l)	NO3 (mg/l)	NH4-N (mg/l)	pH	EGV (µS)	SAL	TDS	T (°C)
1	188915	384216	1,8	7,8	0,25	11,2	470	221	329	14,3
2	188517	389514	1,5	7,8	0,25	8,4	661	315	462	12,7
3	190616	392142	28	124,05	0,25	8,4	778	375	546	12,1
4.1	191358	391386	1,1	4,85	0,5	6,6	610	286	417	12,8
4.2	191349	391367	5,25	22,95	1	7,8	545	258	375	13
5.1	193028	393063	1,7	-	0,25	8,4	533	252	369	12,8
5.2	193299	392841	13	57,6	1	8,9	576	266	394	13,1
6.1	195877	396677	1,65	7,35	0	8,5	477	225	335	15,2
6.2	195866	396691	5,2	-	0,25	8,9	501	225	349	13,6
6.3	195854	396723	7	31,05	0,25	8,9	428	201	298	14
7	196680	396433	6,6	29,3	1	9,4	970	468	681	15,5
8	187399	394691	2,05	8,9	0	9,6	472	225	326	13,1
9	186303	397589	2,6	11,5	0,25	9,2	461	221	321	13,2
10	187839	395626	12	53,58	0,25	9,4	515	244	357	13,6
11	197644	399589	6,8	30,05	0,25	-	-	-	-	-

1. Kanaal van Deurne (De Halte)

Dit meetpunt ligt buiten het onderzoeksgebied, maar is meegenomen omdat het water op dit meetpunt representatief is voor de kwaliteit van het aanvoerwater in het gebied. Het water op dit punt is afkomstig van de Zuid-Willemsvaart, een kanaal dat gevoed wordt met Maaswater. De concentraties $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$ lagen respectievelijk rond de 1,8 mg/l en 0,25 mg/l. De hoeveelheid stikstof in deze twee componenten samen is dus relatief laag. De pH die werd aangetroffen was 11,2. Het EGV was relatief laag, vergeleken met de waarden van andere meetpunten binnen het onderzoeksgebied.

2. Oude inlaat Loobeek

Dit meetpunt ligt voor de oude inlaat van de Loobeek. Deze inlaat is vanaf 2014 niet meer in gebruik (Bode, 2017). Gedurende het veldbezoek is het gemaal bezocht. In figuur L.2 is het oude gemaal te zien. De watergang bovenstrooms van het gemaal is nu een 'dode' tak van het Peelkanaal. Benedenstrooms van het gemaal staat de voormalige watergang droog. De nitraat- en ammonium concentraties bovenstrooms van het gemaal kwamen overeen met de concentraties die waren gemeten in het Kanaal van Deurne ($\text{NO}_3\text{-N}$: 7,8 mg/l, $\text{NH}_4\text{-N}$: 0,25mg/l). De pH (8,4) was iets lager dan in het Kanaal van Deurne, en het EGV was hoger. In grote lijnen komt de waterkwaliteit logischerwijs overeen met die van het aanvoerwater (Kanaal van Deurne).



Figuur L.2: Meetlocatie 2.

3. Ooster Kempkensbergweg, landbouwsloot

Door de uitschakeling van het gemaal Loobeek is was er geen stroming in de watergang aanwezig. Benedenstrooms van de aanwezige stuw lag de landbouwsloot zelfs droog. De waterkwaliteit is gemeten bij de stuw. Het naastgelegen landbouwpercelen was recent bemest met drijfmest. De $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie was ongeveer 28 mg/l, wat als zeer hoog kan worden getypeerd. Het EGV was ook hoog (778 $\mu\text{S/cm}$). De overige waterkwaliteitsparameters toonden een geringe verhoging. De $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie was ongeveer 0,25 mg/l en de pH was 8,4.



Figuur L.3: Meetlocatie 3.

4. Ossendijk

Bij de Ossendijk ligt het beginpunt van de Loobeek. Daar is op twee locaties gemeten: in de Loobeek zelf en in een landbouwsloot die benedenstrooms van het eerste meetpunt op de Loobeek afwatert. In de Loobeek werd een $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie van 5,25 mg/l en een $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie van 1 mg/l gemeten. Het EGV was 545 $\mu\text{S/cm}$ en de pH was 7,8.

In de landbouwsloot werden afwijkende waarden gemeten. Opvallend was dat het nitraat-N gehalte relatief laag was in vergelijking met de nitraat-N concentraties die in andere landbouwsloten werden gemeten. Het $\text{NO}_3\text{-N}$ gehalte was namelijk 1,1 mg/l. Een mogelijk verklaring hiervoor is dat relatief schoon water in deze sloot geloosd werd. De $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie was daarnaast 0,5 mg/l, het EGV was 610 $\mu\text{S/cm}$ en de pH was 6,6.



Figuur L.4: Meetlocatie 4.

5. Handrik

Langs de Handrik is op twee locatie gemeten. Er is in de Loobeek en in een grotere landbouwsloot die benedenstrooms van dit meetpunt in de Loobeek uitmond gemeten.

Het punt waar in de Loobeek is gemeten, ligt benedenstrooms van een traject met veel natuur. Er werd op dit punt een relatief lage $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie gemeten, namelijk 1,7 mg/l. De $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie was ongeveer 0,25 mg/l, het EGV was 533 $\mu\text{S/cm}$ en de pH was 8,4.

In de landbouwsloot werd een hogere $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie gemeten: 13 mg/l. De $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie was in deze watergang ook hoger: ongeveer 1 mg/l. De gemeten pH en EGV waren respectievelijk 8,9 en 576 $\mu\text{S/cm}$.



Figuur L.5: Meetlocatie 5.

6. Kruising, Venrayse Spurkt

Bij dit punt vloeien een aantal watergangen in het onderzoeksgebied samen: de Loobeek, het afleidingskanaal en de Venrayse Spurkt. In elke watergang is voorafgaand aan de kruising de waterkwaliteit gemeten.

In de Venrayse Spurkt werden een relatief lage $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie gemeten: respectievelijk 1,65 mg/l en ongeveer 0 mg/l. De pH en het EGV waren respectievelijk 8,5 en 477 $\mu\text{S/cm}$.

In de Loobeek werden een hogere $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie en $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie gemeten. Deze waren respectievelijk 5,2 mg/l en ongeveer 0,25 mg/l. De $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie was hier tevens hoger als het bovenstroomse meetpunt bij de natuurontwikkeling (Handrik). De was pH was 8,9 en het EGV was 501 $\mu\text{S/cm}$.

De $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie in het afleidingskanaal was iets hoger dan in de Loobeek, namelijk 7 mg/l. De $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie lag er ook rond de 0,25 mg/l. De pH was tevens 8,9 en het EGV werd gemeten op 428 $\mu\text{S/cm}$.



Figuur L.6: Meetlocatie 6.

7. Smakterveld

Op dit meetpunt is de kwaliteit van het effluent van de RWZI gemeten. De $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie was 6,6 mg/l, de $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie was ongeveer 1 mg/l en de pH was 9,4. Het EGV was relatief veel hoger als op de andere meetpunten in het onderzoeksgebied, namelijk 970 $\mu\text{S/cm}$.



Figuur L.7: Meetlocatie 7.

8. Aanvoerleiding Vredepeel

De aanvoerleiding Vredepeel is een watergang die gevoed wordt door inlaatwater vanuit het Peelkanaal. Het systeem waar deze watergang onderdeel van uitmaakt is aangelegd ten behoeve van de irrigatie van landbouwgronden bij het dorpje Vredepeel. Het water dat in deze watergang stroomt, komt uit in het Afleidingskanaal. Het meetpunt ligt relatief dicht bij de inlaat van het Peelkanaal. De gemeten $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie en $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie waren respectievelijk 2,05 mg/l en ongeveer 0 mg/l. Het EGV was 472 $\mu\text{S/cm}$ en de pH was 9,6.



Figuur L.8: Meetlocatie 8.

9. Peelkanaal Vredepaal

Bij het meetpunt Vredepaal stroomt een gedeelte van het water richting Brabant. Het overige gedeelte wordt ingelaten in het Afleidingskanaal. De gemeten $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie was 2,6 mg/l en de gemeten $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie was ongeveer 0,25 mg/l. Daarnaast was de pH 9,2 en was het EGV 461 $\mu\text{S/cm}$.



Figuur L.9: Meetlocatie 9.

10. Tweede Vredepeel

Dit meetpunt is een landbouwsloot die gevoed wordt uit de Aanvoerleiding Vredepeel. In deze landbouwsloot werd een relatief hoge $\text{NO}_3\text{-N}$ concentratie gemeten: 12 mg/l. Het verschil tussen de nitraat-N concentratie op dit punt en de nitraatconcentratie op meetpunt 8 (Aanvoerleiding Vredepeel) was opvallend, omdat deze twee punten op ongeveer een kilometer afstand van elkaar verwijderd liggen. Verder was de $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie 0,25 mg/l, was de pH 9,4 en het EGV 515 $\mu\text{S/cm}$.



Figuur L.10: Meetlocatie 10.

11. Afleidingskanaal (Kasteel Makken)

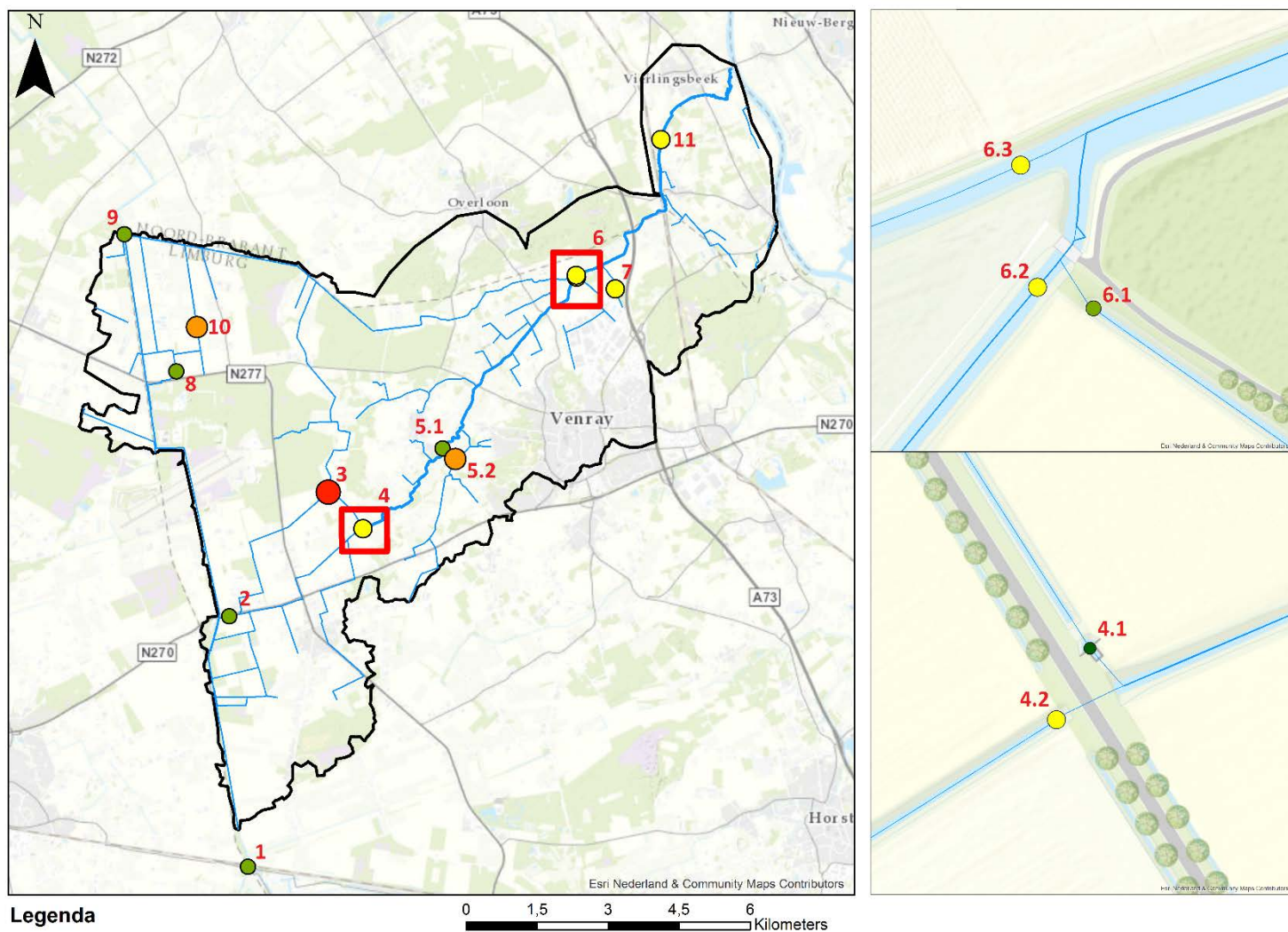
Dit meetpunt is het meest benedenstrooms gelegen punt in het Afleidingskanaal waar gedurende het veldbezoek gemeten is. Op dit meetpunt zijn alleen de $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$ concentratie gemeten. Deze waren respectievelijk 6,8 mg/l en 0,25 mg/l.



Figuur L.11: Meetlocatie 11.

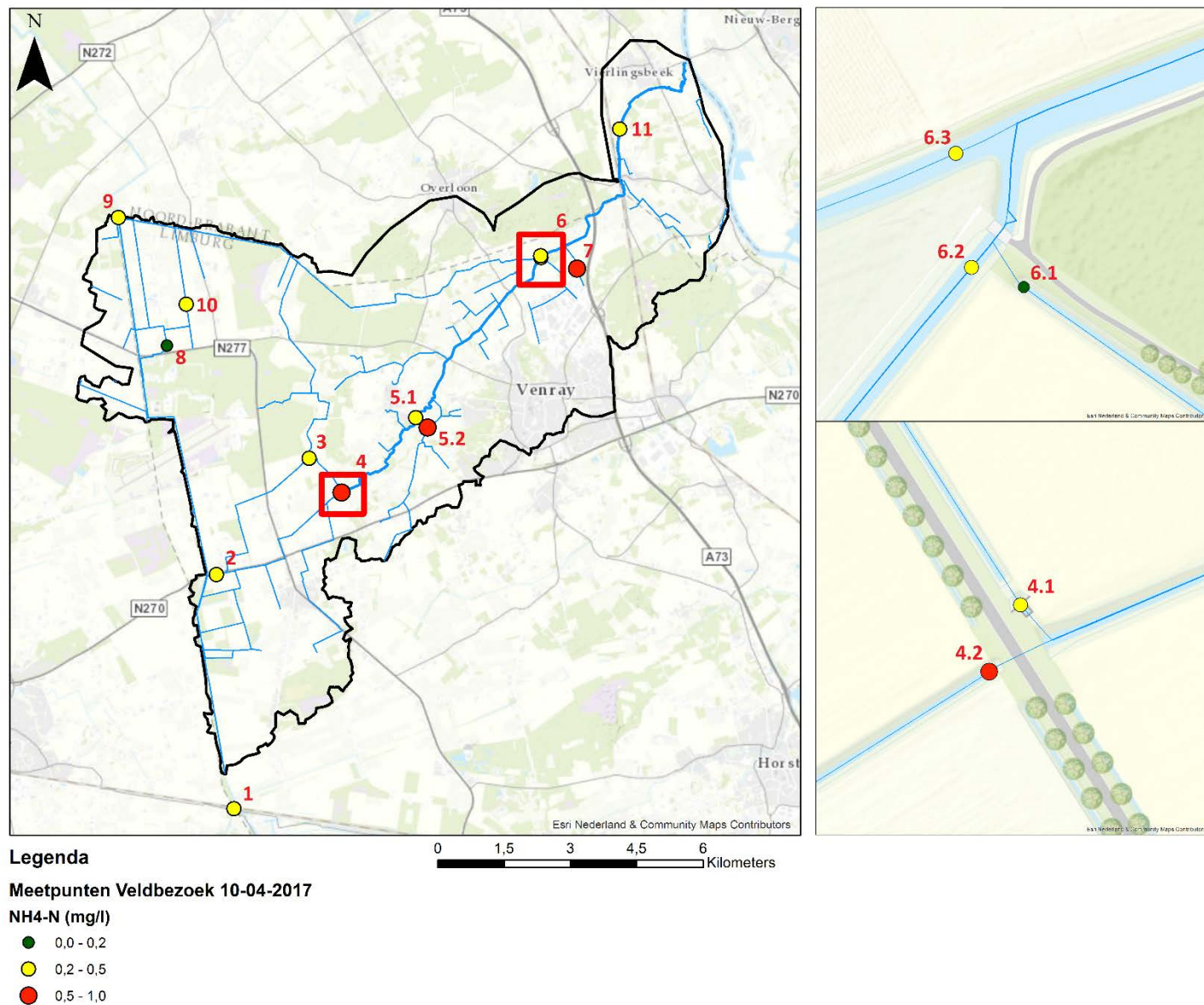
Algemene bevindingen stikstof

Gedurende het veldbezoek is de indruk gewekt dat de landbouw, op dat moment, een grote invloed had op de stikstofconcentratie in de watergangen van het onderzoeksgebied. In figuur L.12 en figuur L.13 zijn twee kaarten weergegeven, waarop de concentraties $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NH}_4\text{-N}$ op de verschillende meetpunten worden getoond. Bij de $\text{NO}_3\text{-N}$ concentraties valt op dat deze in het aanvoerwater relatief laag zijn. In de landbouwsloten zijn deze over het algemeen hoog. In Loobeek is vanaf meetpunt 5.1 tot meetpunt 6 een toename te zien in de nitraatconcentratie, waar tussen meetpunt 4 en 5.1 een afname waarneembaar is. De aanwezige natuur langs de Loobeek heeft dus een positief effect op de nitraatconcentratie. Ook in het Afleidingskanaal, dat grotendeels gevoed wordt door aanvoerwater, is een duidelijke invloed van de landbouw zichtbaar.



Figuur L.12: Kaart meetresultaten $\text{NO}_3\text{-N}$.

De $\text{NH}_4\text{-N}$ concentraties van het aanvoerwater zijn relatief laag. Een verband in het voorkomen van ammonium in de watergangen en de locatie is minder goed te zien dan bij nitraat. Dit komt ook doordat de meetmethode minder nauwkeurig was. De hoogste $\text{NH}_4\text{-N}$ concentraties zijn aangetroffen in landbouwsloten en in het effluent van de RWZI.



Figuur L.13: Kaart meetresultaten $\text{NH}_4\text{-N}$.

Bijlage M: Inventarisatie WPM model versie 1.2.

Het WPM-model bestaat uit de watergangen en afwateringseenheden in het voormalig beheersgebied van Waterschap Peel en Maasvallei. Het model is gemaakt voor de jaren 2006 tot 2014. In het model wordt per kwartaal outputdata gegenereerd. De inputgegevens (emissies) zijn daarbij jaargemiddeldes of kwartaalgemiddeldes. De inputdebieten, de uit- en afspoeling van landbouw en natuur (stikstof en fosfor) en de emissies van de RWZI's zijn daarbij uitgedrukt in kwartaalgemiddeldes.

Debieten

In het WPM-model zijn de inputdebieten op verschillende wijzen ingevoerd. De debieten zijn uitgedrukt in m³/s. Er worden inputdebieten toegekend aan de drainage basins, opgenomen onder het emissietype 'Water'. Tevens zijn aan een aantal SWU's inputdebieten toegekend. Het betreft daarbij puntbronnen zoals effluentlozingen van RWZI's en de aanvoer van grensoverschrijdend water op bovenstroomse modelgrenzen.

De inputdebieten van de effluënten van de RWZI's en van de aanvoer van gebiedsvreemd water zijn gebaseerd op meetgegevens. De inputdebieten onder het emissietype 'Water' zijn bepaald door middel van berekeningen met het model IBRAHIM (Bode, 2017). Met behulp van WDF-links is de verdeling van de debieten tussen verschillende watergangen in het model verwerkt. In elke link is aangegeven welk debiet tussen twee SWU's wordt uitgewisseld. Daarbij kan het debiet uitgedrukt worden in m³/s of in een percentage van het totale debiet dat door de bovenstroomse SWU stroomt.

Emissiebronnen stikstof en fosfor

In het WPM-model (versie 1.2.) zijn verschillende emissiebronnen van stikstof en fosfor opgenomen (zie tabel M.1). De puntbronnen zijn aan SWU's toegekend, en de diffuse bronnen zijn aan de Drainage Basins toegekend. Voor de diffuse bronnen zijn de inputemissies afkomstig uit diverse modellen. Het gebruikte model is afhankelijk

Tabel M.1: Emissietypes WPM-model.

Type	Emissies stikstof en fosfor
Puntbronnen	RWZI Venray RWZI Weert Grensoverschrijdend
Diffuse bronnen	Erfafspoeling Meemesten sloten Uitspoeling nutriënten natuur- en landbouwgronden (STONE) Afvalwater basischemie organisch (SBI 20.14 en SBI 20.149) Afvalwater diervoederindustrie (SBI 10.9) Afvalwater gieten van metalen (SBI 24.5) Afvalwater oppervlaktebehandeling (SBI 25.61) Afvalwater productie en distributie van elektriciteit en gas (SBI 35) Afvalwater van voorbereiding tot recycling (SBI 38.3) Afvalwater vervaardiging van metalen in primaire vorm (SBI 24) Afvalwater vervaardiging van producten van kunststof (SBI 22.2) ATMOS Atmosferische depositie Binnenvaart huishoudelijke lozingen Emissies vanuit kassen Glastuinbouw Huishoudelijk afvalwater IBA Overstorten

van het emissietype. STONE is daarbij een belangrijk model, dat gebruikt wordt voor het berekenen van de emissies van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater als gevolg van de uit- en afspoeling van landbouwgronden (en natuur).

Aanpassingen

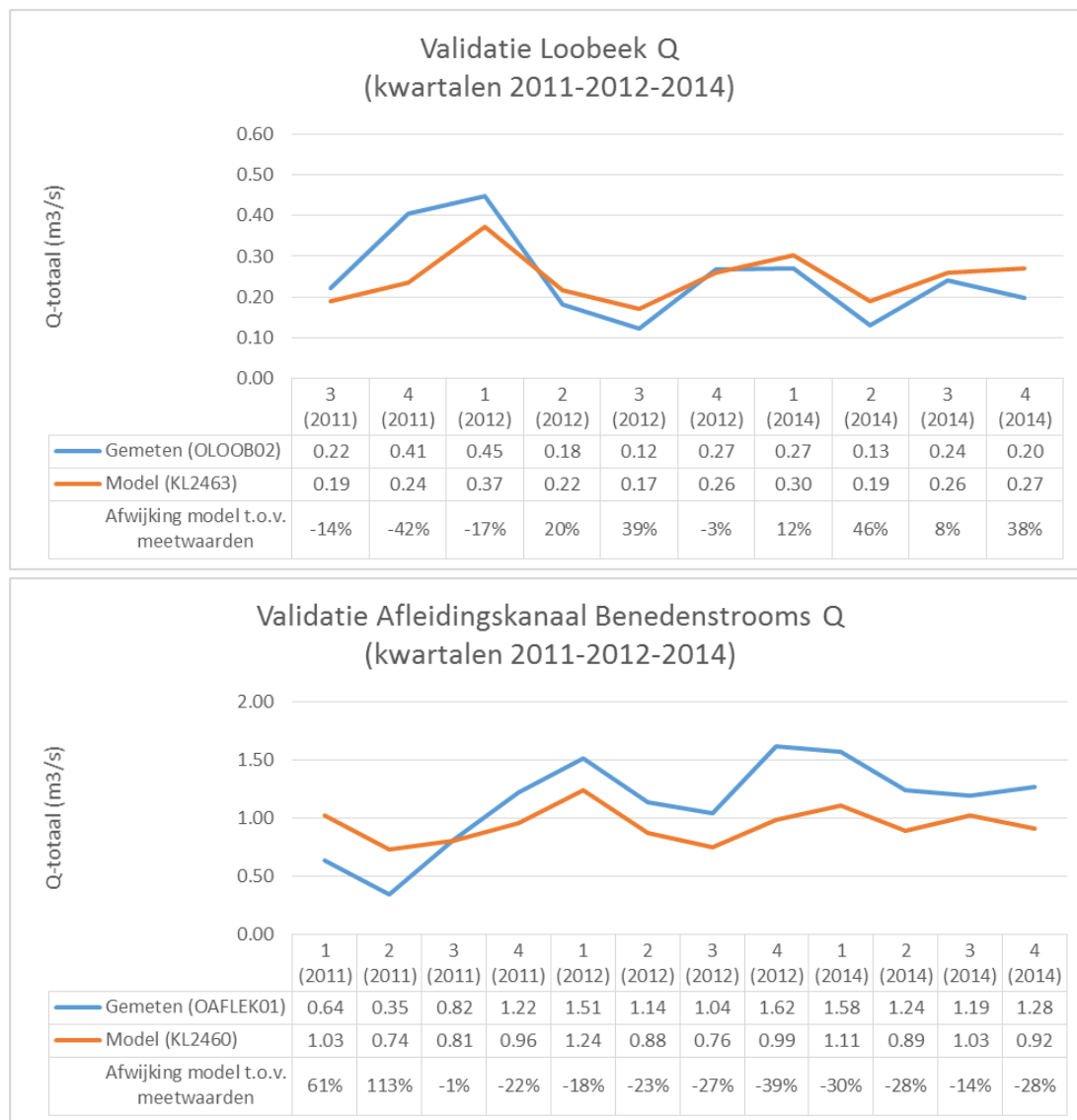
Ten behoeve van het onderzoek is één aanpassing gedaan in het model. In het originele WPM-model was de Loobeek hydrologisch onbetrouwbaar verklaard voor de zomerhalfjaren (Snijders, 2016). Het gemiddelde zomerdebiet dat bij het gemaal Loobeek was ingevoerd, was te hoog ($0,1 \text{ m}^3/\text{s}$). Dit is veranderd naar $0,075 \text{ m}^3/\text{s}$. De gevolgen van het aangepaste model (versie 1.2.B) worden behandeld bij de validatie.

Bijlage N: Validatie WPM model versie 1.2.B

WPM-model (versie 1.2.2) is gevalideerd voor de debieten en de waterkwaliteit (N- en P-totaal). De validatie is alleen uitgevoerd voor de modeljaren die zijn gebruikt voor modelberekeningen (2011,2012 en 2014).

Hydrologie

In het waterlichaam Loobeek-Molenbeek liggen twee meetpunten voor hydrologie die zijn gebruikt voor de hydrologische kalibratie en validatie. Het gaat om de punten OAFLK01 (Afleidingskanaal benedenstrooms) en OLOOB02 (Loobeek). (Snijders, 2016)



Figuur N.1: Hydrologische validatie WPM-model versie 1.2.B.

In figuur N.1 zijn de grafieken met de afwijkingen in de debieten tussen de gemiddelde meetwaarden en modeloutput per kwartaal te zien. Voor de Loobeek is voor alle kwartalen en maanden geen sprake van een afwijking die groter dan 50% is. Voor het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal is er alleen in de eerste twee kwartalen een afwijking die groter is dan 50%.

In tabel N.2 zijn de verschillen te zien tussen de afwijkingen van het WPM-model versie 1.2 en versie 1.2.B weergegeven. Voor de Loobeeek wordt gedurende het zomerhalfjaar een verbetering van 18% bereikt. In 2011 is de afwijking over het algemeen groter, maar voor de jaren 2012 en 2014 zijn in het zomerhalfjaar relatief grote verbeteringen te zien. Voor het modelpunt in het benedenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal blijft de gemiddelde afwijking in het zomerhalfjaar hetzelfde. De afwijkingen van de verschillende jaren veranderen wel. Zo worden de relatief grote afwijkingen in 2011 kleiner, en worden de afwijkingen in de jaren 2012 en 2014 over het algemeen een klein beetje groter.

Tabel N.2: Verbetering validatie WPM-model.

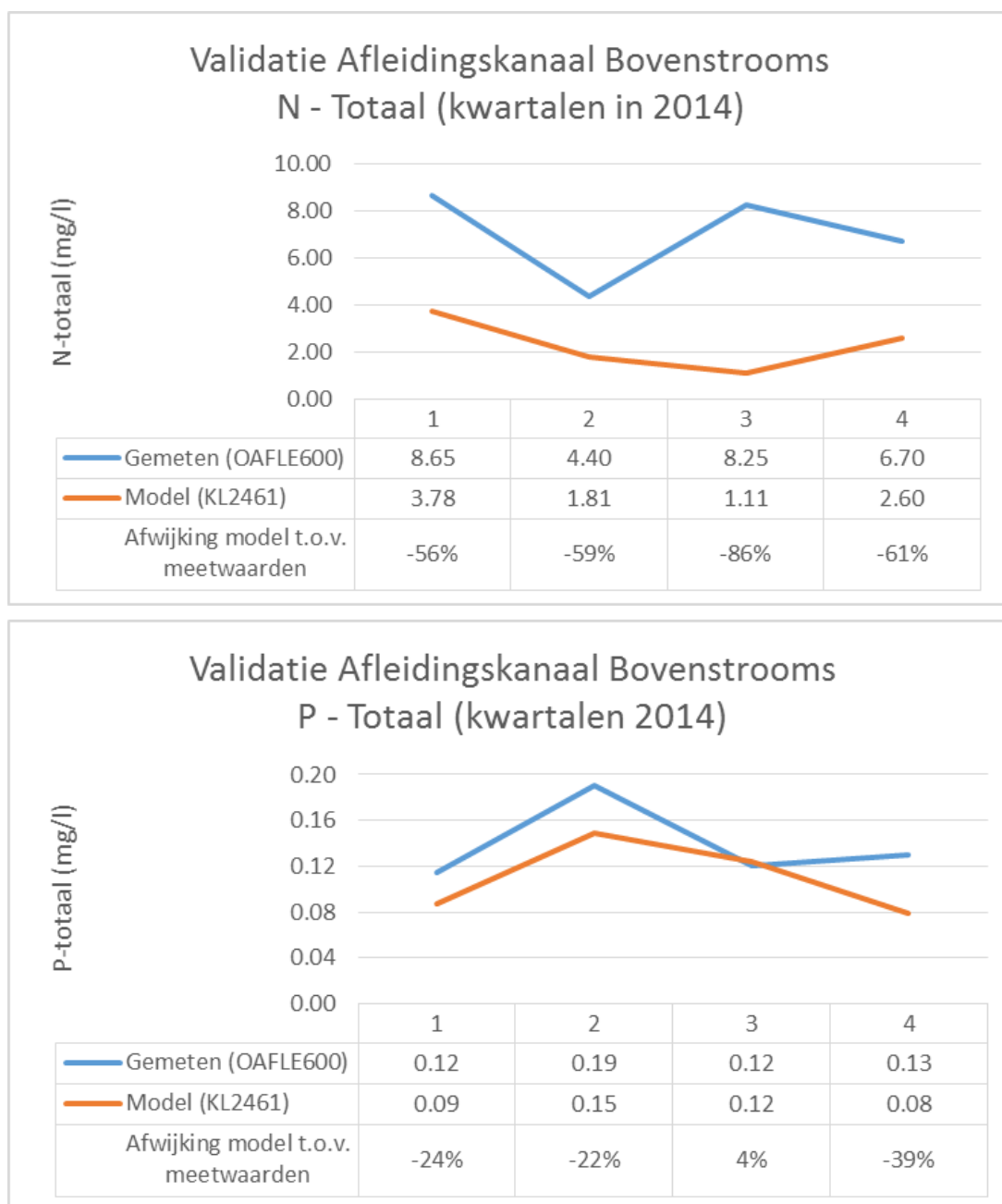
Afwijkingen Q WPM-model oud en aangepast tegenover de werkelijkheid							
Jaar	Kwartaal	Q-Afleidingskanaal benedenstrooms (afwijking KL2460 t.o.v. OAFLEK01)			Q-Loobeeek model (KL2463 t.o.v. OLOOB02)		
		Oud	Aangepast	verbetering*	Oud	Aangepast	verbetering*
2011	1	111%	61%	50%	-	-	-
	2	119%	113%	6%	-	-	-
	3	8%	1%	7%	1%	14%	-13%
	4	20%	22%	-2%	41%	42%	-1%
2012	1	7%	18%	-11%	14%	10%	4%
	2	21%	23%	-2%	34%	30%	4%
	3	25%	27%	-2%	59%	17%	42%
	4	39%	39%	0%	3%	20%	-17%
2014	1	30%	30%	0%	12%	39%	-27%
	2	26%	28%	-2%	65%	3%	62%
	3	9%	14%	-5%	20%	26%	-6%
	4	25%	28%	-3%	41%	27%	14%
Gemiddeld		37%	34%	3%	28%	21%	7%
Gemiddeld zomer		35%	34%	0%	36%	18%	18%

* Een negatieve verbetering is een achteruitgang

Waterkwaliteit (N- en P totaal)

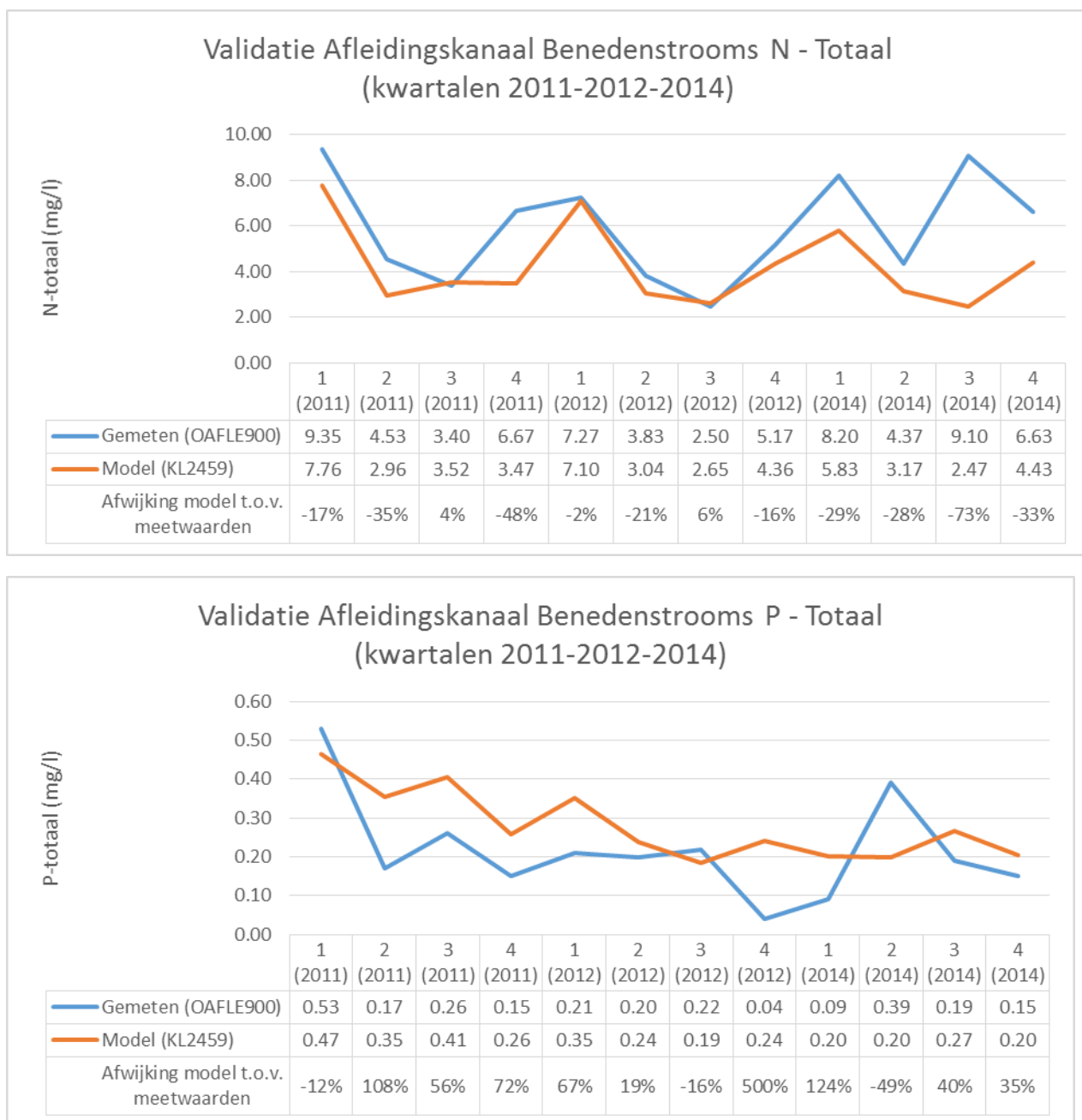
Voor WPM-model versie 1.2.B is tevens nagegaan wat voor de jaren 2011, 2012 en 2014 de afwijking is op de stikstof- en fosforconcentraties tussen het model en de gemeten waarden. Dit is gedaan voor drie meetpunten. Twee daarvan liggen in het waterlichaam Loobeeek-Molenbeek (OAFLE900 en OLOOB700). Daarnaast is een punt in het bovenstroomse gedeelte van het Afleidingskanaal meegenomen (OAFLE600). Van dit meetpunt waren alleen metingen in het uit het jaar 2014 beschikbaar.

Afleidingskanaal bovenstrooms:



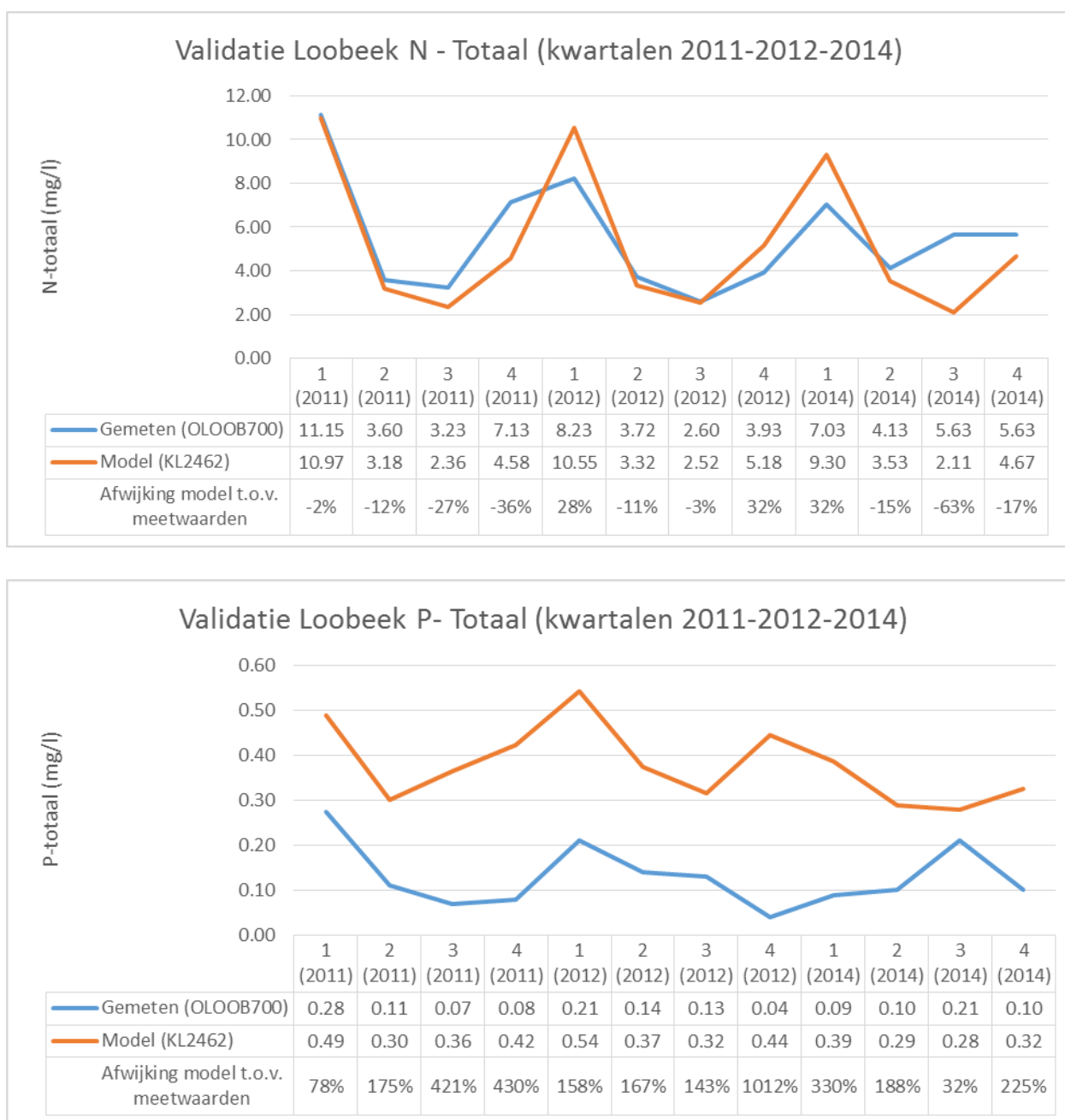
Figuur N.2: Validatie N en P Afleidingskanaal bovenstrooms.

Afleidingskanaal benedenstrooms:



Figuur N.3: Validatie N en P Afleidingskanaal benedenstrooms.

Loobeek



Figuur N.4: Validatie N en P Loobeek.

Tabel N.3: Overzicht validatie N en P.

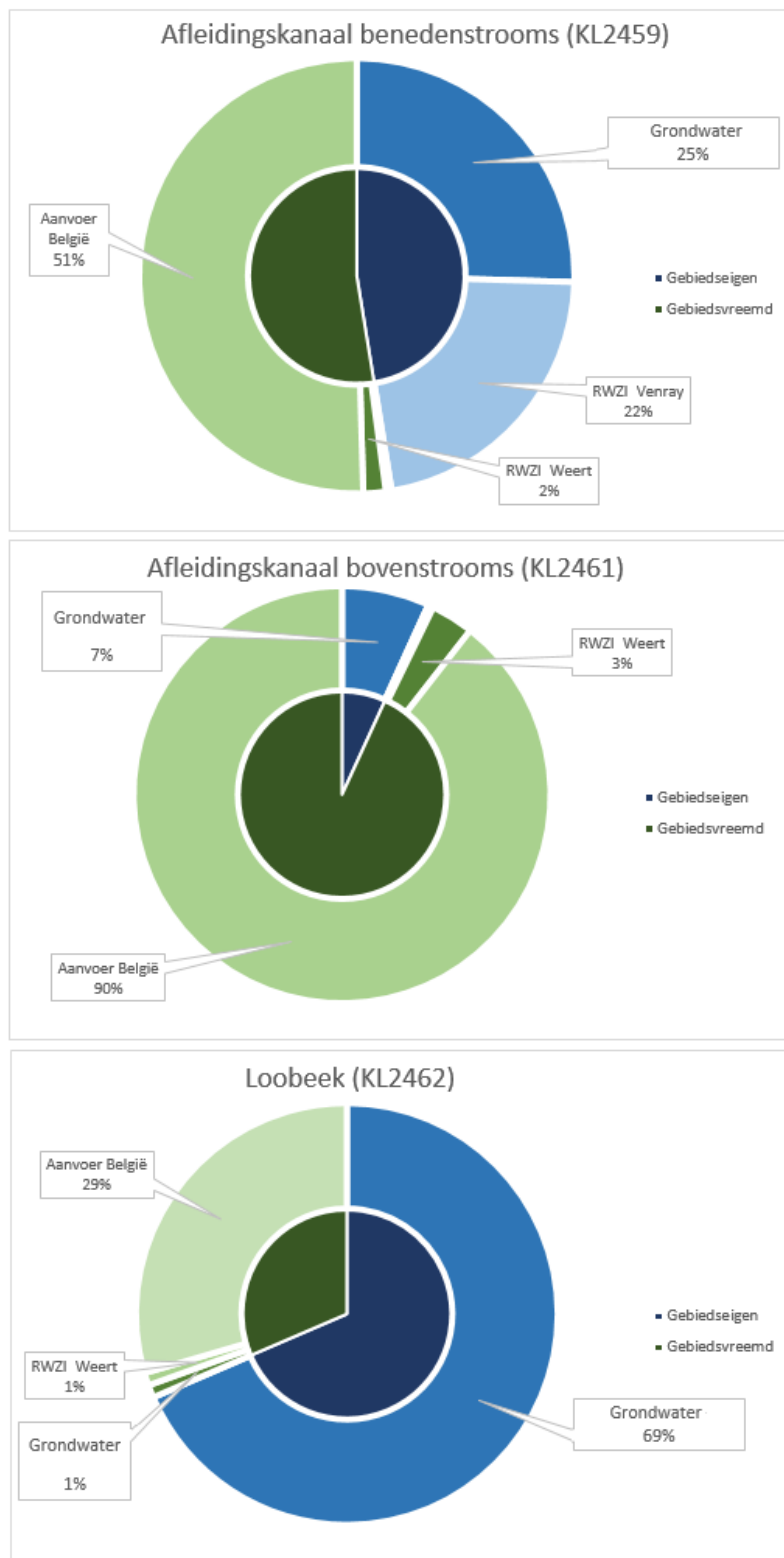
Kengetallen Validatie N-tot, P-tot en Q				
Jaar + periode	Sectie	Afwijking model t.o.v. Meetwaarden		
		N-tot	P-tot	Q-tot
2011 geheel	Afleidingskanaal bovenstrooms	-	-	-
	Afleidingskanaal benedenstrooms	-24%	56%	38%
	Loobeek	-19%	276%	-
2011 zomer	Afleidingskanaal bovenstrooms	-	-	-
	Afleidingskanaal benedenstrooms	-16%	82%	56%
	Loobeek	-19%	298%	-
2012 geheel	Afleidingskanaal bovenstrooms	-	-	-
	Afleidingskanaal benedenstrooms	-8%	142%	-27%
	Loobeek	12%	370%	10%
2012 zomer	Afleidingskanaal bovenstrooms	-	-	-
	Afleidingskanaal benedenstrooms	-7%	1%	-25%
	Loobeek	-7%	155%	30%
2014 geheel	Afleidingskanaal bovenstrooms	-66%	-20%	-
	Afleidingskanaal benedenstrooms	-41%	38%	-25%
	Loobeek	-15%	194%	26%
2014 zomer	Afleidingskanaal bovenstrooms	-73%	-9%	-
	Afleidingskanaal benedenstrooms	-50%	-4%	-21%
	Loobeek	-39%	110%	27%
2011-2012- 2014 geheel gemiddeld	Afleidingskanaal bovenstrooms	-	-	-
	Afleidingskanaal benedenstrooms	-24%	79%	-5%
	Loobeek	-8%	280%	-
2011-2012- 2014 zomer gemiddeld	Afleidingskanaal bovenstrooms	-	-	-
	Afleidingskanaal benedenstrooms	-24%	26%	26%
	Loobeek	-22%	188%	-

Uit de grafieken en tabel N.3 blijkt dat de modelwaarden voor stikstof zowel in de Loobeek als het Afleidingskanaal gemiddeld over 2011,2012 en 2014 een onderschatting van de werkelijkheid zijn. Voor fosfor is gemiddeld sprake van een overschatting van het model op de drie meetpunten. Daarbij is de afwijking in de Loobeek erg groot. Bij de interpretatie van resultaten dient hier rekening mee te worden gehouden.

Bijlage O: Grafieken vrachtenanalyse

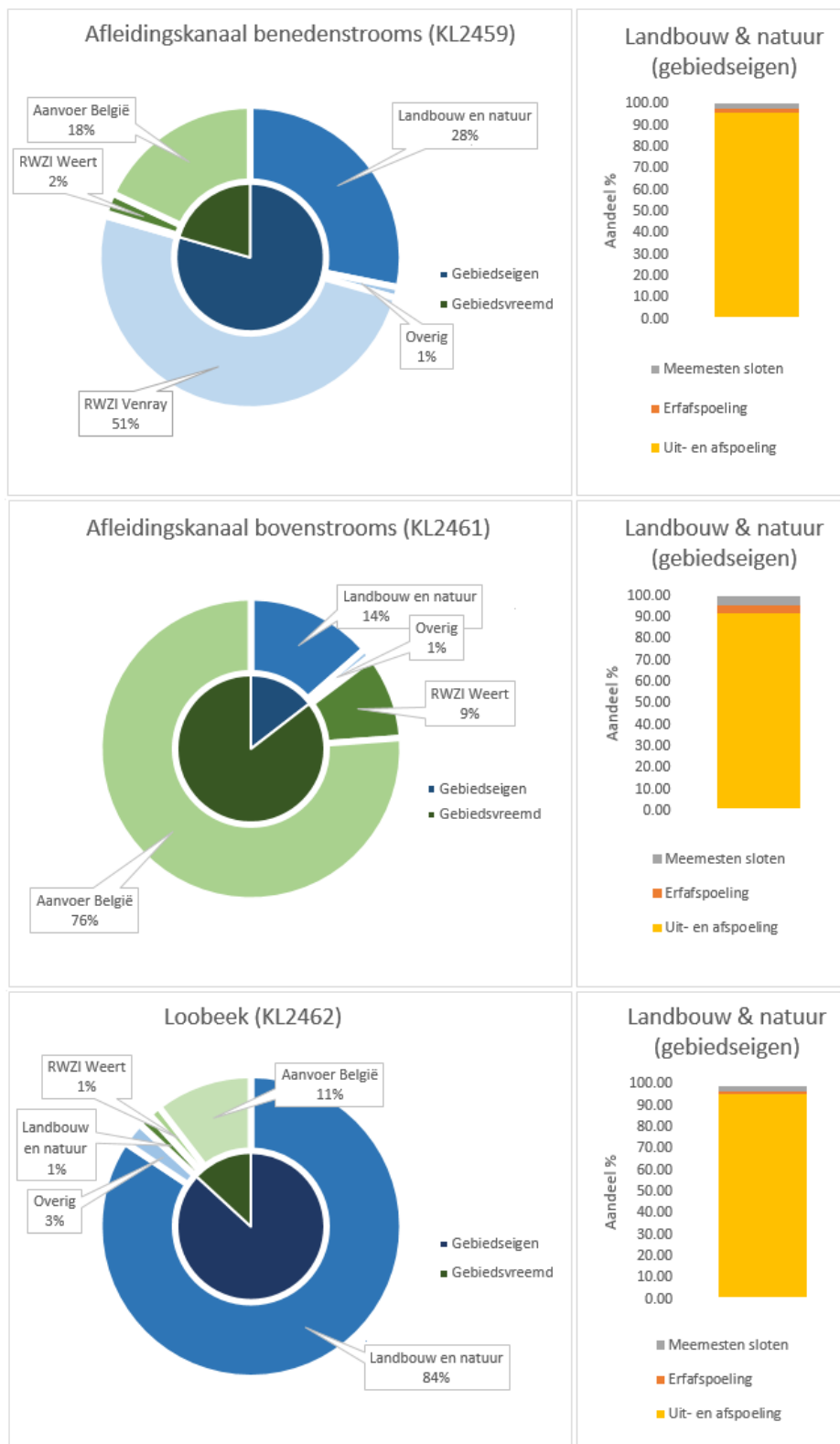
Debieten

Herkomst Q zomerhalfjaar (2011-2012-2014)



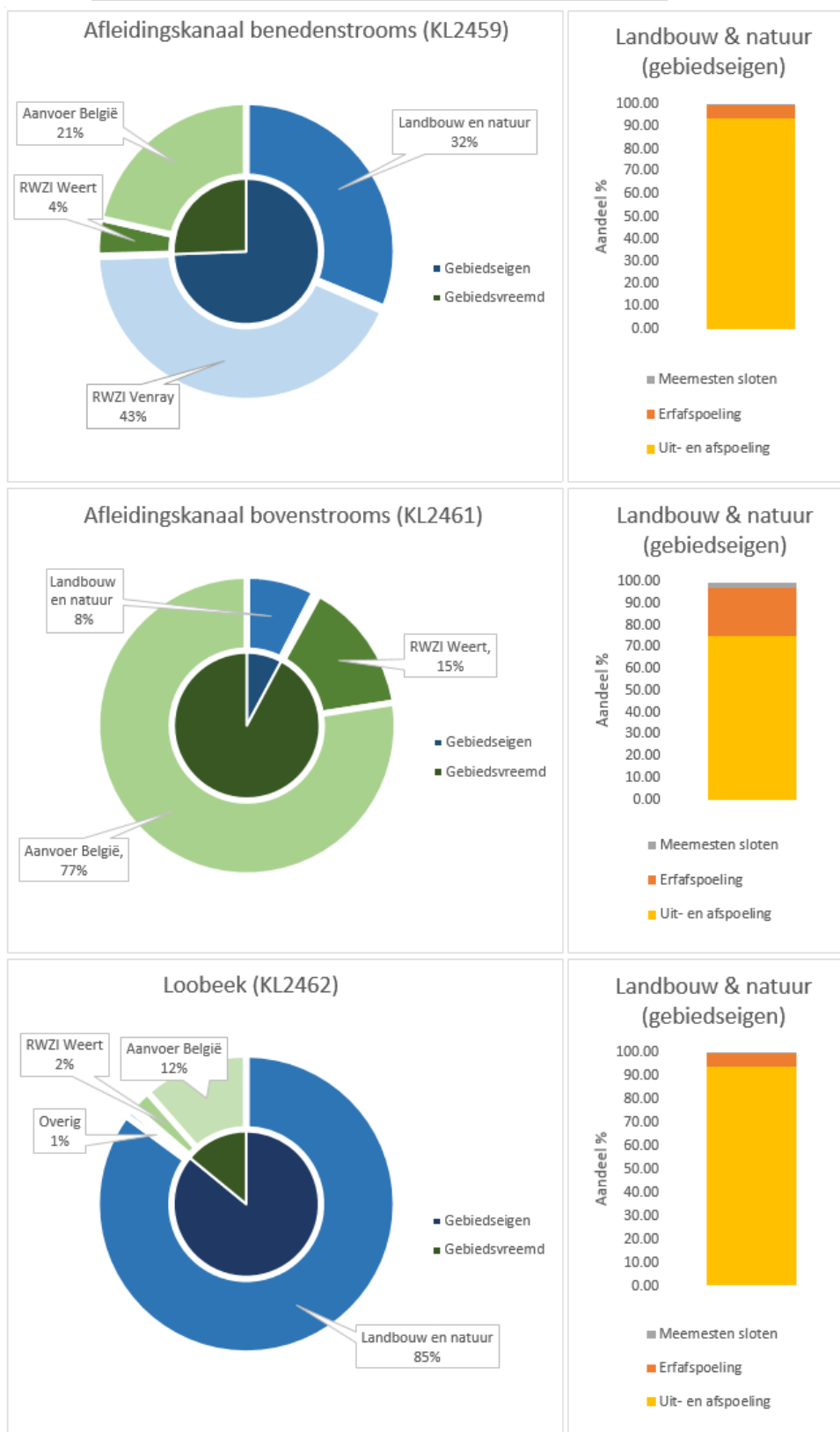
Stikstof

Herkomst N-totaal zomerhalfjaar (2011-2012-2014)



Fosfor

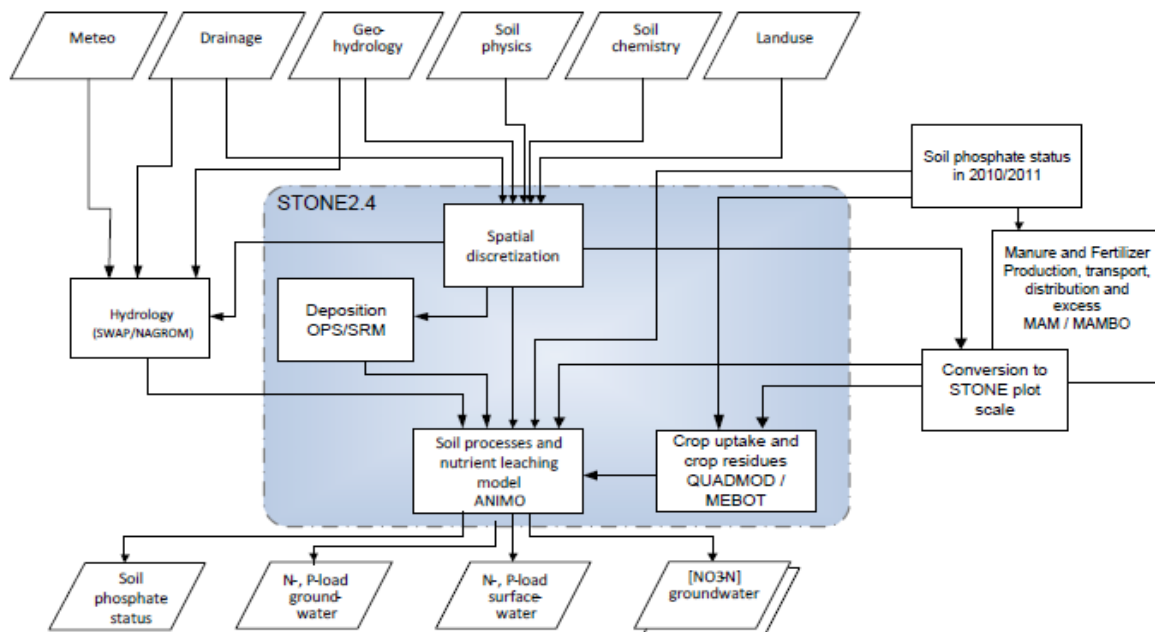
Herkomst P-totaal zomerhalfjaar (2011-2012-2014)



Bijlage P: Achtergrond STONE

STONE is een model waarmee de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor van landbouwgronden op nationale schaal mee wordt berekend. Daarvoor is Nederland opgedeeld in ruimtelijke eenheden die plots genoemd worden. Elk plot is daarbij representatief voor een geografische eenheid die homogeen is op het gebied van hydrologie, bodemtype en landgebruik. Van ieder plot worden de water- en nutriëntenbalans en de emissies naar het grond- en oppervlaktewater berekend. (Renaud, Bonten, Groenendijk, & Groenenberg, 2015)

In figuur P.1 is een schematische weergave van STONE (versie 2.4) afgebeeld. In STONE dienen diverse inputgegevens ingevoerd te worden. De volgende inputgegevens worden gebruikt voor het samenstellen van de



Figuur P.1: Schematische weergave werking STONE (Renaud, Bonten, Groenendijk, & Groenenberg, 2015).

plots: drainage, geohydrologie, fysische en chemische bodemkarakteristieken en landgebruik. Verder bestaan de inputgegevens uit outputgegevens van modellen die buiten STONE opereren: SWAP, NAGROM, NAM en MAMBO. Met behulp van SWAP en NAGROM worden hydrologische en gebiedsgebonden gegevens (meteo-data en de inputgegevens voor samenstellen van plots) gebruikt voor het berekenen van de waterbalans. Daarbij wordt SWAP gebruikt voor de onverzadigde zone en wordt NAGROM gebruikt voor het diepe grondwater. Met behulp van MAM, en MAMBO worden per gewas-bodemcombinatie de mestgiften bepaald in kilogrammen stikstof en fosfaat. Daarna worden deze gegevens geconverteerd naar mestgiften in kilogram per hectare op de STONE plots. Overigens worden bodemgegevens voor de fosfaattoestand van de bodem geïmporteerd ten behoeve van de nutriëntenbalans. (Groenendijk & Renaud, 2016)

STONE bestaat uit afzonderlijke modelcomponenten. De modellen MEBOT en QUADMOD worden gebruikt om de nutriëntenafvoer door gewasopbrengsten te berekenen ten behoeve van de input van het ANIMO-model. Daarbij wordt gebruikt gemaakt van bodemgegevens voor fosfaat en de voor de STONE-plots geconverteerde outputgegevens, betreffende de bemesting, van MAM/MAMBO. (Renaud, Bonten, Groenendijk, & Groenenberg, 2015)

OPS/SRM berekent de depositie van stikstof, afkomstig van landbouwemissie van ammonia (Wolf, et al., 2003). ANIMO berekent met de outputgegevens van SWAP/NAGROM (waterbalans), OPS/SRM (depositie), QUADMOT/MEBOT (gewasopname), NAM/MAMBO (bemesting) en overige inputgegevens (ruimtelijke discretisatie en bodemgegevens fosfaat) uiteindelijk de uit- en afspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater door. (Renaud, Bonten, Groenendijk, & Groenenberg, 2015)

Bijlage Q: Berekeningen emissiereductie landbouwmaatregelen

In deze bijlage wordt een onderbouwing gegeven voor de reductiepercentages van de landbouwmaatregelen in het onderzoeksgebied. De berekeningen voor het bepalen van de reductiepercentages voor het mestbeleid tot 2027, peilgestuurde drainage en het toepassen van rijenbemesting in maïs worden toegelicht.

Algemeen

De uit- en afspoeling van nutriënten uit de landbouw en natuur wordt berekend met het modelleringsprogramma STONE. Omdat de emissie van natuur is samengevoegd met landbouw, kan het beoogde reductiepercentage voor de landbouw niet direct worden toegepast. Natuur heeft een aanzienlijk lagere uit- en afspoeling van stikstof en fosfor per hectare dan landbouwgrond. In tabel Q.1 zijn de arealen van landbouw en natuur in het projectgebied opgenomen, alsmede de emissie van stikstof en fosfor in kg/ha per type landgebruik. In de emissie van landbouwgronden wordt onderscheid gemaakt in ongedraineerd, conventionele drainage (CD) en peilgestuurde drainage (PGD).

Tabel Q.1: Emissie N en P naar het grond- en oppervlaktewater en areaal per emissietype STONE in het onderzoeksgebied⁵.

Emissietype	Emissie (kg/ha)		Areaal (ha)
	N	P	
Natuur	6,37	0,6	3002
Landbouw ongedraineerd	19,1	1,44	3624
Landbouw CD (incl. PGD GHG < 80 cm-mv)	36,29	0,99	896
Landbouw PGD	25,4	1,08	75
Landbouw totaal	23	1,35	4596
STONE gemiddeld	16	1,05	7598

Mestbeleid tot 2027

Als gevolg van het landelijke mestbeleid wordt in 2027 voor respectievelijk stikstof en fosfor een reductie van 10% en 12% verwacht op de uit- en afspoeling naar het grond- en oppervlaktewater (Renaud, Bonten, Groenendijk, & Groenenberg, 2015). Met de arealen en de gebiedsgemiddelde emissies van stikstof en fosfor voor landbouw en natuur kan de vermindering van de vracht in het onderzoeksgebied worden berekend. In tabel Q.2 en tabel Q.3 zijn respectievelijk de stikstof- en fosforbelasting van het grond- en oppervlaktewater in kg/ha en het beoogde reductiepercentage weergegeven.

Tabel Q.2: reductiepercentage voor stikstof als gevolg van mestbeleid tot 2027.

	Oppervlakte (ha)	Belasting (kg/ha)	N-Vracht projectgebied	
			2014 (kg)	2027 bij 12% reductie landbouw (kg)
Natuur	3002,11	6,37	19113	19113
Landbouw	4595,75	23	103703	93333
Totaal			122816	112446
			reductie	-8,44%

⁵ Emissies: (P. Groenendijk, 2016), arealen drainage: (Waterschap Limburg, 2016), areaal landbouwgrond: (RVO, 2016)

Tabel Q.3: reductiepercentage voor fosfor als gevolg van mestbeleid tot 2027.

	Oppervlakte (ha)	Belasting (kg/ha)	P-Vracht projectgebied 2014 (kg)	P-Vracht projectgebied 2027 bij 12% reductie landbouw (kg)
Natuur	3002,11	0,6	1801	1801
Landbouw	4595,75	1,35	6188	5432
Totaal			7989	7233
			reductie	-9,47%

Peilgestuurde drainage

Het omvormen van conventionele drainage naar peilgestuurde drainage leidt niet in alle gevallen tot een emissievermindering. Aangenomen wordt dat bij een GHG lager dan 80 cm-mv geen effect op zal treden op de stikstof- en fosforemissie naar het oppervlaktewater (P. Groenendijk, 2016). In tabel Q.4 zijn de arealen per drainagetype en GHG-type opgenomen, alsmede de N- en P-vracht en het beoogde reductiepercentage voor het onderzoeksgebied.

Tabel Q.4: N- en P-vrachten in uitgangssituatie en bij het omvormen van CD naar PGD.

Uitgangssituatie			
Arealen	opp(ha)	N-vracht (kg)	P-vracht (kg)
PGD GHG >80 cm-mv	71	1800	77
PGD GHG <80 cm-mv	4	150	4
CD GHG >80 cm-mv	811	29410	803
CD GHG <80 cm-mv	86	3119	85
Ongedraineerd	3624	69224	5219
Landbouw totaal	4596	103703	6188
Natuur	3002	19113	1801
STONE totaal	7598	122816	7989
CD omgevormd			
Arealen	opp(ha)	N-vracht (kg)	P-vracht (kg)
PGD GHG >80 cm-mv	881	22387	952
PGD GHG <80 cm-mv	4	150	4
CD GHG <80 cm-mv	86	3119	85
Ongedraineerd	3624	69224	5219
Landbouw totaal	4596	94880	6260
Natuur	3002	19113	1801
STONE totaal	7598	113993	8061
Emissieverandering		-7,18%	0,90%

Rijenbemesting maïs

Het reductiepercentage voor de stikstof- en fosforemissie als gevolg van het toepassen van rijenbemesting in de maïssteelt is bepaald aan de hand van het stikstofoverschot van de maïssteelt en het gebiedsgemiddelde stikstofoverschot. Er zal worden ingegaan op het stikstofoverschot van maïs en de totstandkoming van het reductiepercentage.

Bepalen stikstofoverschot maïs en het reductiepercentage

Het stikstofoverschot van maïs is bepaald aan de hand van kentallen voor de netto gewasopname, de netto stikstofgift en het gemiddelde mestgebruik in de regio (Horstgebied). Het stikstofoverschot bestaat uit het verschil tussen de netto gewasopname van stikstof en de werkzame stikstof (gedurende het groeiseizoen). Door de werkingscoëfficiënten welke zijn toegewezen aan de verschillende meststoffen is de totale stikstofgift altijd hoger dan de netto stikstofgift (uitgezonderd kunstmest).

Tabel Q.5: Bepaling stikstofoverschot maïs per hectare voor het horstgebied⁶.

Stikstofoverschot maïs				
Mestsoort	Gebruik mestsoorten	Werkingscoëfficiënt	N-netto (kg/ha/ja)	N-totaal (kg/ha/ja)
Rundveedrijfmest	40%	60%	58,40	97,33
Varkendrijfmest	29%	80%	42,34	52,93
Kunstmest	31%	100%	45,26	45,26
Totaal	100%		146	195,52

Overzicht stikstofbalans		
Werkzame stikstof	146	kg/ha/ja
Stikstof totaal	195,52	kg/ha/ja
Netto gewasopname	120	kg/ha/ja
Overschot maïs	75,52	kg/ha/ja
Gebiedsgemiddelde overschot	70	kg/ha/ja

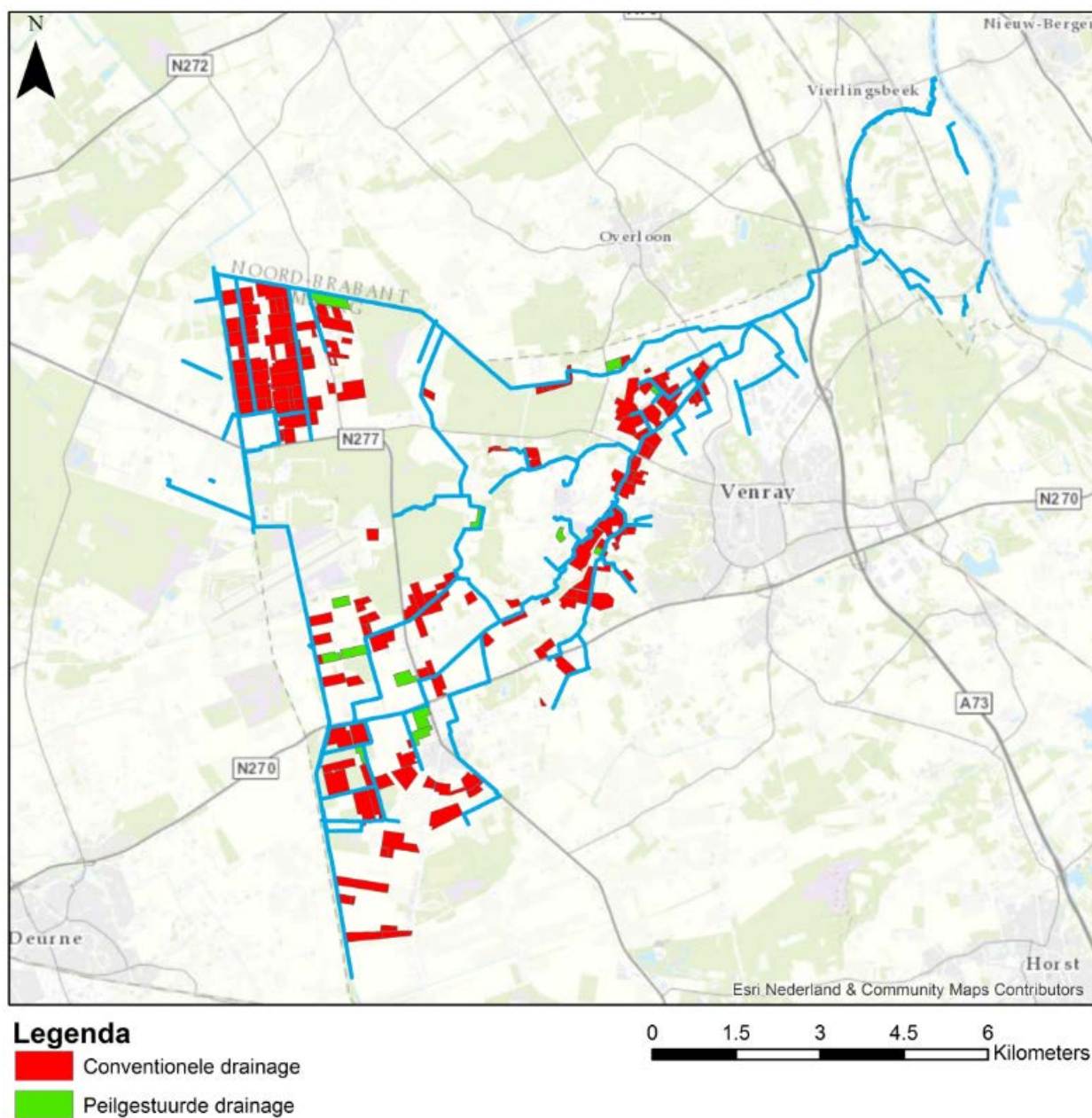
Met behulp van het stikstofoverschot van maïs, de verminderde mesttoediening van dierlijke meststoffen (34%) als het gevolg van preciezer bemesten (rijenbemesting), en het areaal maïs (gemiddeld 29,64% van het landbouwareaal, 16,98% van het STONE-areaal), kan het reductiepercentage worden bepaald. Daar het gemiddelde stikstofoverschot van het projectgebied 70 kg/ha bedraagt (inclusief natuur) en maïs een hoger overschot heeft (75,4 kg/ha), dient hiervoor een correctiefactor te worden toegepast. In tabel Q.6 is het reductiepercentage voor stikstof weergegeven.

Tabel Q.6: Bepaling reductie van stikstof voor STONE-emissie bij het toepassen van rijenbemesting in de maïs.

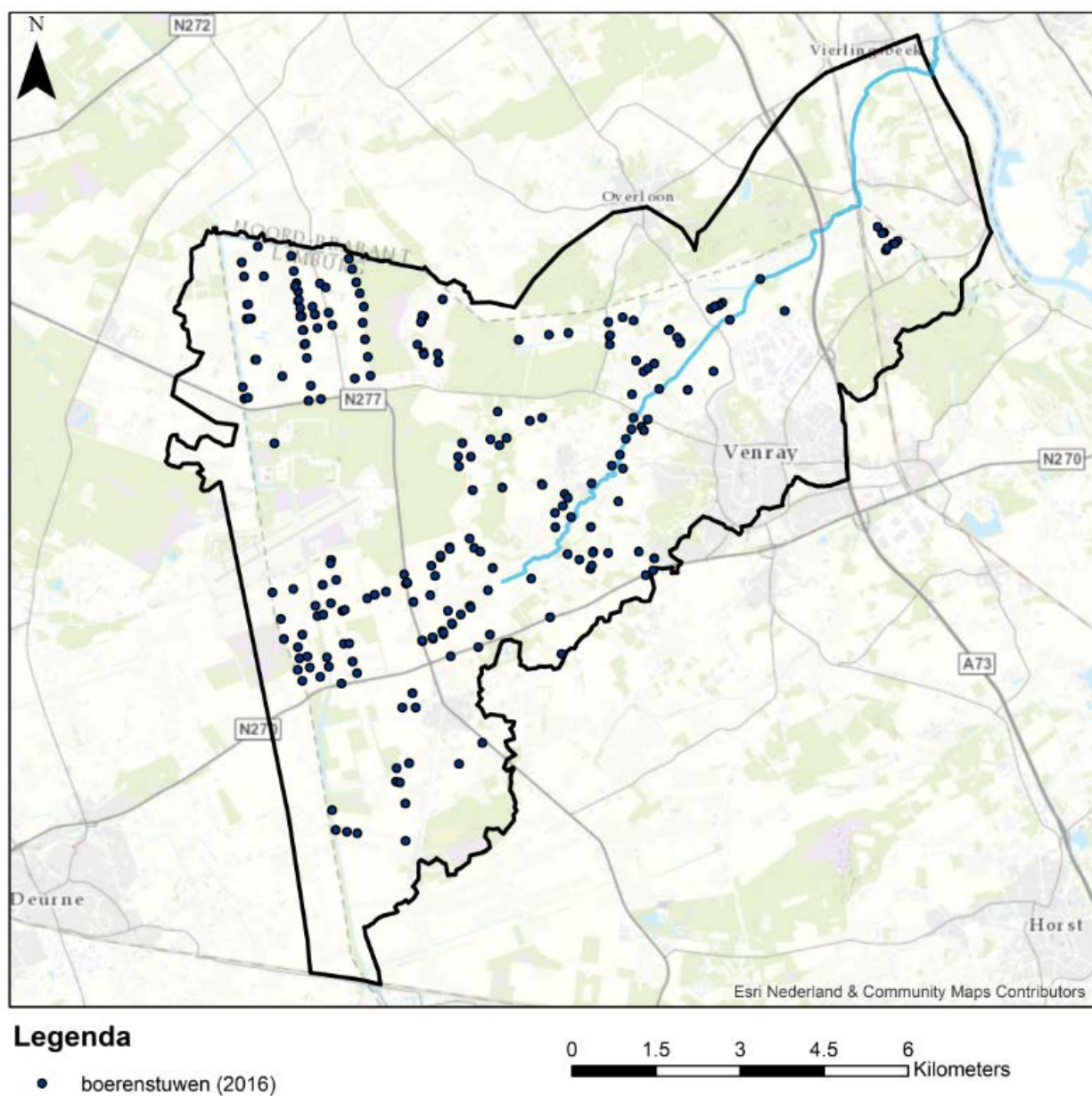
Gebiedsgemiddeld stikstofoverschot	70 kg
Stikstofoverschot maïs	75,52 kg
Correctie gebiedsoverschot stikstof	1,079
Gem. areaal maïs STONE	16,98%
Uitspoelvermindering	-34,00%
Reductie N-STONE	-6,23%

⁶ Stikstofoverschot is afgeleid met kentallen afkomstig uit (P. Groenendijk, 2016)

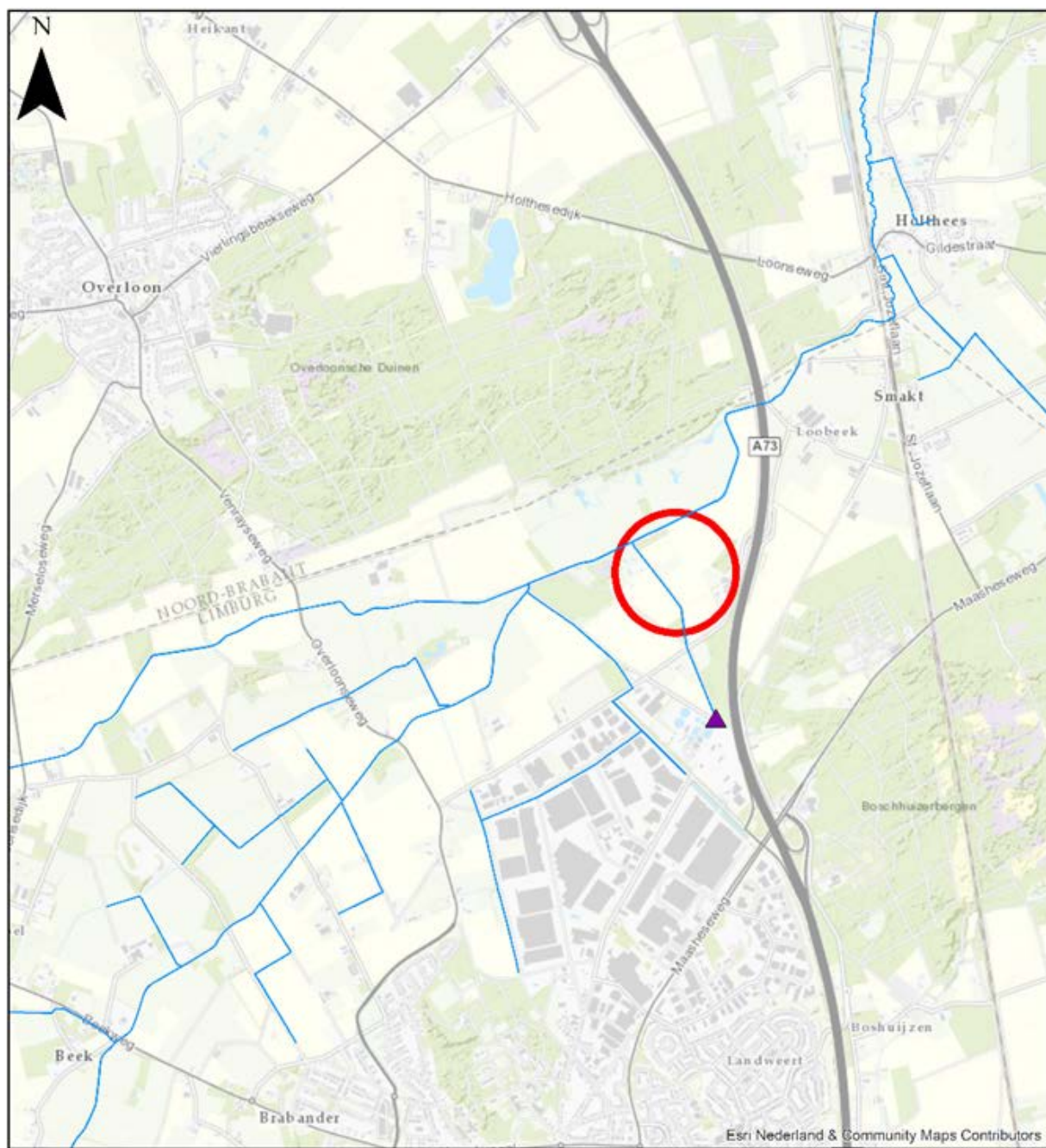
Bijlage R: Aanwezige drainage



Bijlage S: Boerenstuwen



Bijlage T: Mogelijke locatie waterharmonica RWZI Venray



Legenda

- Mogelijke locatie waterharmonica
- ▲ RWZI Venray
- Legger onderzoeksgebied

0 0,5 1 1,5 2 Kilometers

Bijlage U: Mogelijke locatie zuiveringsmoerassen landbouwsloten

