



Laboratorium voor Toegepaste
Geologie en Hydrogeologie
Geologisch Instituut
Krijgslaan 281, S8
B-9000 Gent
Tel.: 09/264 46 47
Fax: 09/264 49 88

Vakgroep Omgeving
Onderzoeksgroep
Bodemvruchtbaarheid en
nutriëntenbeheer
Coupure links 653
9000 Gent
Tel. 09 264 60 53
Fax 09 264 62 47

Project nitraatrijke bronnen

LUIK 2

Rapport testsite 9

Assenede

Opdrachtgever

VLM

Leiding:

Prof. Dr. K. Walraevens
Prof. Dr. ir. S. De Neve

Studie en verslag:

M. Van Camp
J. De Waele

Dossiernummer: TGO 17/02

Datum: feb 2021

INHOUD

- 1 Inleiding
- 2 Beschrijving van het studiegebied
 - 2.1 Ligging en perimeter
 - 2.2 Topografie en hydrografie
 - 2.3 Geologie
 - 2.4 Hydrogeologie en hydrostratigrafie
 - 2.5 Grondwaterstroming
 - 2.6 MAP meetpunt
- 3 Veldwerk
 - 3.1 Installatie peilbuizen
 - 3.2 Wateranalysen
- 4 Toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone
 - 4.1 Inleiding
 - 4.2 Werkwijze
 - 4.2.1 Studiegebied
 - 4.2.2 Twee simulatieperiodes
 - 4.2.3 Toekennen van modelparameters
 - 4.2.3.1 Databanken
 - 4.2.3.2 Bodembedekking
 - 4.2.3.3 Bodemorganische stof
 - 4.2.3.4 Bodemtextuur
 - 4.2.3.5 Teelten en nateelten
 - 4.2.3.6 Dierlijke bemesting
 - 4.2.3.7 Minerale bemesting
 - 4.2.3.8 Stikstofdepositie
 - 4.2.3.9 Weersgegevens
 - 4.3 Resultaten
 - 4.3.1 Gesimuleerde uitspoeling in het stroomgebied Assenede
 - 4.3.2 Nitraatconcentratie voor de verschillende bodembedekkingen
 - 4.3.3 Gesimuleerde bemesting, nitraatresidu en nitraatconcentratie op akkerland en weiland
 - 4.3.4 Validatie nitraatresidu
 - 4.4 Besluit
- 5 Toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone
 - 5.1 Modelinvoer
 - 5.2 Modelresultaten
- 6 Synthese en conclusies

LIJST DER FIGUREN

- Fig 2.1 Ligging van de testsite Assenede
- Fig 2.2 Ligging van het MAP meetpunt op de Oosteeklose Beek (Moerbeek) in de Hasselstraat in Assenede
- Fig 2.3 Topografie en hydrografie van de testsite Assenede
- Fig 2.4 Isohypsen (m TAW) van de basis het quartair
- Fig 2.5 Geologische kaart van het tertiair substraat
- Fig 2.6 Totale reductiecapaciteit (TRC) waarden in Adegem (naar Walraevens et al., 2002)
- Fig 2.7 Opgemeten nitraatgehalten (in mg/l) aan het MAP meetpunt 19000
- Fig 2.8 Seizoensale variatie van het nitraatgehalte (in mg/l) aan het MAP meetpunt 19000
- Fig 2.9 Seizoensale variatie van het nitraatgehalte (in mg/l) aan het MAP meetpunt 19000 (data vanaf 2010)
- Fig 2.10 Maandgemiddelden van het nitraatgehalte (in mg/l) aan het MAP meetpunt 19000
- Fig 3.1 Ligging van de monsternamepunten in de testsite Assenede
- Fig. 4.1 Stroomgebied Assenede
- Fig. 4.2 Overzicht van de modelinvoer
- Fig 4.3 Verdeling van de bodembedekking voor het stroomgebied Assenede
- Fig 4.4 Verdeling van het bodemorganische stofgehalte (in g BOS g-1 droge bodem) voor het stroomgebied Peer
- Fig 4.5 Verdeling van de bodemtextuur voor het stroomgebied Peer
- Fig. 4.6 Verdeling van de teelten voor de periode 1997-2017 in het stroomgebied Assenede
- Fig 4.7 Dierlijke mestsoort gesimuleerd voor 2012 in het stroomgebied Assenede
- Fig 4.8 Evolutie van de dierlijke N-productie per diersoort per ha landbouwgrond in de regio Assenede
- Fig 4.9 Evolutie van de gemiddelde minerale N-bemesting per ha landbouwgrond in België
- Fig 4.10: Gesimuleerde teelt en nateelt en waterpercolatie, stikstofuitspoeling en nitraatconcentratie in 2013. De cijfers die hier weergegeven worden zijn gegenereerd op basis van simulaties en kunnen niet eenduidig worden toegewezen aan landbouwpercelen omwille van de berekeningswijze
- Fig 4.11 Gesimuleerde jaarlijkse stikstofuitspoeling, waterpercolatie en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor het hele stroomgebied
- Fig 4.12: Langjarig gemiddelde grondwatervoeding voor Vlaanderen in functie van de bodemtextuur. Verticale balken geven de standaardafwijking weer
- Fig 4.13 Gemiddelde, minimum en maximum voor de jaarlijkse gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie per bodembedekkingstype over de volledige periode (1968-2017). Ook het gemiddelde voor de periode 2007-2017, met 100% implementatie van de bemestingsnorm, is weergegeven
- Fig 4.14 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland
- Fig 4.15 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland
- Fig 4.16 Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland

Fig 4.17 Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland

Fig 4.18 Gemeten versus gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)

Fig 4.19 Verloop en lineaire trend van het jaarlijks gemiddelde van de gemeten en gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)

Fig 5.1 Conceptueel model van de grondwaterstroming in de testsite Assenede

Fig 5.2 Grondwateraanvulling (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone

Fig 5.3 Nitraatconcentratie in het bodemperkolaat (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone

Fig 5.4 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Assenede (1968-2017)

Fig 5.5 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Assenede (1999-2017)

LIJST DER TABELLEN

- Tabel 3.1 Opgemeten nitraat- en ijzergehalten in de eerste meetcampagne in testsite Assenede
- Tabel 3.2 Resultaten van de wateranalyses van de testsite Assenede
- Tabel 4.1 Bodembedekking voor en na herleiding tot 7 klassen in het grid en het overeenkomstige rotatietype
- Tabel 4.2 Bodemparameters per textuurklasse
- Tabel 4.3 Bodemvochtparameters per textuurklasse (REW = snel beschikbaar water voor verdamping, VC = veldcapaciteit, VP = verwelkingspunt, SAT = verzadiging)
- Tabel 5.1 Maandelijks wegingsfactoren in het model van de testsite Assenede

1 Inleiding

Dit rapport is een onderdeel van de verslaggeving van luik 2 van het project "Nitraatrijke bronnen: invloed van grondwater op oppervlaktewaterkwaliteit". Het bevat de rapportering van de testsite "Assenede", de negendee van tien testsites die geselecteerd werden in het kader van het project. Het bevat de beschrijving en karakterisering van de testsite en de resultaten van de toepassing van de ontwikkelde methodologie en modellering met het ontwikkelde BFN model.

De methodologie en het ontwikkelde model dienen om de toevoer van nitraten via het grondwater naar oppervlaktewaters te kwantificeren. Bij vergelijking van de modelresultaten met meetgegevens moet steeds in beschouwing worden genomen dat de meetwaarden ook beïnvloedt zijn door oppervlakkige afvoer ("run off"), soms in sterke mate, en dat dit proces niet in de model is opgenomen. Dit was conform de projectopdracht ook niet vereist. Oppervlakkige afvoer is een proces dat op dagelijkse basis dient gekwantificeerd te worden en waarvan de invloed ook van dag tot dag variabel is. Het kan de oorzaak zijn dat sommige metingen sterk afwijkende waarden hebben en outliers vormen in de meetreeksen. Het BFN model werkt niet op dagelijkse basis omdat dit niet nodig is voor de doelstelling waarvoor het ontwikkeld is. Men kan niet verwachten dat een model waarin dit proces niet op een adequate wijze ingebouwd is tot een zeer goede overeenstemming met de meetreeksen zou leiden. Het heeft ook weinig zin de huidige modellen te proberen te optimaliseren als een belangrijk proces niet kan worden opgenomen.

Het verslag werd ingedeeld in de volgende hoofdstukken:

Hoofdstuk 2 : beschrijving van het studiegebied

Hoofdstuk 3 : beschrijving van het uitgevoerde veldwerk en metingen

Hoofdstuk 4 : toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone

Hoofdstuk 5 : toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone

Hoofdstuk 6 : synthese en conclusies

Het laatste hoofdstuk geeft een kort overzicht van de testsite XXX.

2 Beschrijving van het studiegebied

2.1 Ligging en perimeter

Het testgebied (fig 2.1) ligt ten zuidwesten van de dorpskom van Assenede en wordt gevormd door het afstroomgebied van MAP meetpunt 19000 op de Oosteeklose Beek (ook Moerbeek genoemd), gelegen in de Hasselstraat te Assende (fig 2.2). Het gebied is vooral noord-zuid georiënteerd, met een lengte (noord-zuid) van ongeveer 4 km en een breedte (west-oost) van ca 2 km. De dorpskom van Oosteeklo ligt in het zuidelijk deel van het testgebied.

De ligging van de Moerbeek, volgens de VHA, is echter niet conform de exacte ligging zoals vastgesteld op het veld. Vandaar dat volgens de kaart van fig 2.1 met MAP meetpunt niet op de waterloop zelf ligt.

2.2 Topografie en hydrografie

Topografie

Het testgebied ligt op de noordflank van de stuifzandrug van Maldegem naar Stekene en helt daardoor in noordelijke richting. De zuidelijke grens van het afstroomgebied valt samen met de waterscheidingskam die op het hoogste punt van de stuifzandrug ligt. Het maaiveldpeil ligt daar tussen + 8.5 en +9 m TAW. Nabij de noordgrens van het afstroomgebied ligt het maaiveldpeil nog tussen +5 en +5.5 m TAW. De hoogteligging is aangegeven op fig 2.3.

Hydrografie

Door de helling naar het noorden van de topografie volgt ook het waterlopenstelsel de algemene helling (fig 2.3). Binnen het afstroomgebied is alleen de Oosteeklose Beek een benoemde waterloop. Enkele kleinere zijbeken die wel in de VHA zijn opgenomen, zijn naamloos.

Er is wel een belangrijk verschil in functionaliteit tussen de waterlopen in het noorden versus het zuiden van het afstroomgebied, en dit heeft ook gevolgen voor de grondwaterstroming. Terwijl de grachten in het noorden het ganse jaar water afvoeren, zelfs tijdens het heel droog voorjaar van 2018 stond er hier voldoende water in, vallen de sloten in het zuiden volledig droog.

2.3 Geologie

De ondiepe ondergrond bestaat uit de Quartaire opvulling van de Vlaamse Vallei. Deze opvulling bestaat vooral uit zandige afzettingen. De basis van de Quartaire bedekking ligt tussen ca -10 en -22 m TAW (fig 2.4). De basis daalt naar het westen en het noorden.

Het onderliggend tertiair substraat (fig 2.5) bestaat uit de Formatie van Maldegem. Van noord naar zuid komen resp het Lid van Onderdijke, het Lid van Buisputten, het

Lid van Zomergem, het Lid van Ondredale en het Lid van Ursel voor. De lithologie is overwegend vrij compacte klei.

2.4 Hydrogeologie en hydrostratigrafie

Het tertiair substraat bestaat uit compacte klei en verticale stromingsfluxen zijn klein in vergelijking met de grondwaterstroming in het Quartair dek. De Quartaire opvulling kan daarom als een 20 ,tot 30 m dikke freatische laag beschouwd worden. Plaatselijk kunnen wel leemhoudende laagjes voorkomen.

Diepte reductiezone

In de zandige quartaire opvulling van de Vlaamse Vallei ligt de top van reductiezone ondiep, op slechts enkele meter diepte, in afzettingen die rijk zijn aan organisch materiaal. Tijdens een onderzoek naar de verspreiding van nitraten in grondwater (Walraevens et. Al. 2002) werd in een testsite in Adegem, waar net als de site Assenede gelegen een dikke opvulling van de Vlaamse Vallei aanwezig is, een sterke toename vastgesteld van de reductiecapaciteit op ongeveer 7 m diepte. Deze waarden werden bepaald op sedimentmonsters (fig 2.6). Hier is vooral organisch materiaal de elektron donor die voor nitraatreductie kan zorgen. Wellicht is de situatie in Assenede vergelijkbaar. Vermits de Quartaire opvulling van de Vlaamse Vallei 20 tot 30 m dik is, behoort het grootste deel van de freatische laag tot de reductiezone. Enkel de bovenste meters bevatten weinig reactief materiaal en behoren tot de oxidatiezone.

2.5 Grondwaterstroming

De grondwaterstroming volgt in het testgebied de algemene topografie en gebeurt dus van zuid naar noord. Hierdoor komt er een lang stroomsysteem voor waarbij water op de noordflank van de stuifzandrug infiltreert en noordwaarts vloeit terwijl de stroomlijnen dieper in de freatische laag doordringen. Daardoor zal het meeste van dit water tot in de reductiezone doordringen en nitraatarm worden door nitraatreductie.

In het noorden, waar ook de topografie afvlakt, kunnen vooral in de winter wanneer de watertafel stijgt en gevoed wordt, er lokaal kleinere stroomsystemen ontstaan die plaatselijk geïnfiltreerd water naar de dichtstbij gelegen sloot laten wegvloeien. De stroomlijnen van deze kleine stroomsystemen gaan niet diep en blijven beperkt tot de oxidatiezone. In het noorden wordt het diepe grondwater, dat zich onderaan de freatische laag bevindt, via opwaartse kwel deels weggedraineerd.

Er treedt dus een sterke seizoenaliteit op in de grondwaterstroming:

- In de zomerperiode is het vooral dieper grondwater dat in het noorden opwaarts migreert en weggedraineerd wordt door de Moerbeek. Dit water is nitraatarm.
- In de winter wordt dit dieper water gemengd met ondiep grondwater dat lokaal is geïnfiltreerd en afkomstig is uit de oxidatiezone. Dit is nitraatrijk grondwater.

2.6 MAP meetpunt

De evolutie van het nitraatgehalte aan het MAP meetpunt wordt geëvalueerd door de concentraties in drie verschillende grafieken voor te stellen :

Grafiek 1 (fig 2.7):

Een tijdsgrafiek van de concentraties.

Grafiek 2 (fig 2.8 en 2.9):

Een meer kwantitatief beeld van de seizoenaliteit wordt verkregen door de metingen fractioneel in de tijd voor te stellen : de nitraatconcentraties worden dan geplotted tussen het begin van het jaar (linkerzijde grafiek) en het einde van het jaar (rechterzijde grafiek). De puntdata worden gefit met een goniometrische sinusfunctie: deze geeft een regelmatige seizoenale schommeling weer die toont in welk seizoen de hoogste waarden voorkomen.

Grafiek 3 (fig 2.10):

De echte seizoenale fluctuatie volgt geen zuivere wiskundige functie. Daarom worden maandelijkse statistische karakteristieken gegeven in de vorm van mediaanwaarden en kwartielen. Er is gekozen voor de mediaanwaarde van de nitraatconcentratie per maand i.p.v. het rekenkundig gemiddelde om de invloed van outliers en extreme waarden te beperken. Een grafische voorstelling (fig 2.9) in de vorm van een boxplot geeft voor elke maand in de vorm van een rechthoek de 25% en 75% kwartielwaarden weer (resp basis en top van de rechthoek). De mediaanwaarde is apart aangegeven met een rood symbool, de mediaanwaarde is als label bijgezet . Boven elke rechthoek zijn de laagste en hoogste meetwaarde aangeduid met een verticale lijn, al kunnen deze extremen outliers zijn.

Het opgemeten nitraatgehalte aan het MAP meetpunt staat voorgesteld op fig 2.6. Duidelijk is de sterke seizoenaliteit te zien waarbij hoge winterwaarden en lage zomerwaarden voorkomen. De zomerwaarden zijn zeer laag en liggen steeds onder de 10 mg/l. De winterpieken waren voor 2010 duidelijk hoger : toen kwamen vaak overschrijdingen van de 50 mg/l voor : van 2004 tot 2007 en ook in de winters van 2000 en 2001. Sinds 2010 liggen de wintermaxima nog tussen 30 en 40 mg/l.

Deze sterke seizoenaliteit wordt zichtbaar op de seizoensgrafiek (fig 2.7). Hierop is te zien dat overschrijdingen enkel in de winterperiode voorkomen. Worden enkel de meetgegevens vanaf 2010 gebruikt (fig 2.8) dan komen geen overschrijdingen meer voor. De gemiddelde zomerconcentratie bedraagt amper enkele mg/l.

Wordt naar de mediaanwaarden per maand gekeken (fig 2.9) dan liggen deze steeds onder de 50 mg/l, zelfs wanneer ook de metingen van voor 2010 worden mee beschouwd.

In elke geval liggen de opgemeten concentraties hier veel lager dan de concentraties die berekend zijn voor het bodemperkolaat (zie hoofdstuk 4).

Fig 2.1 Ligging van de testsite Assenede

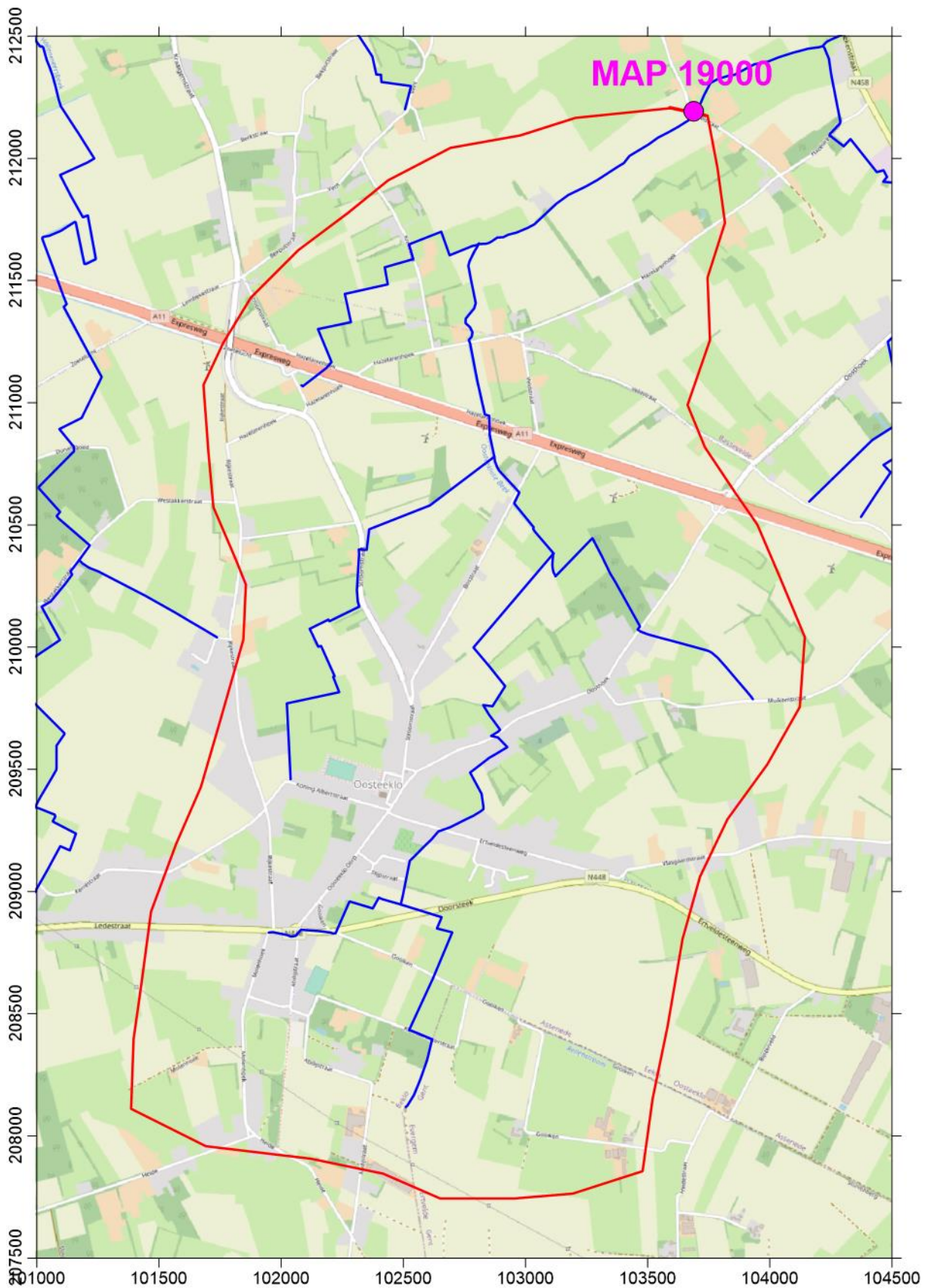


Fig 2.2 Ligging van het MAP meetpunt op de Oosteeklose Beek (Moerbeek) in de Hasselstraat in Assenede



Fig 2.3 Topografie en hydrografie van de testsite Assenede



Fig 2.4 Isohypsen (m TAW) van de basis het quartair

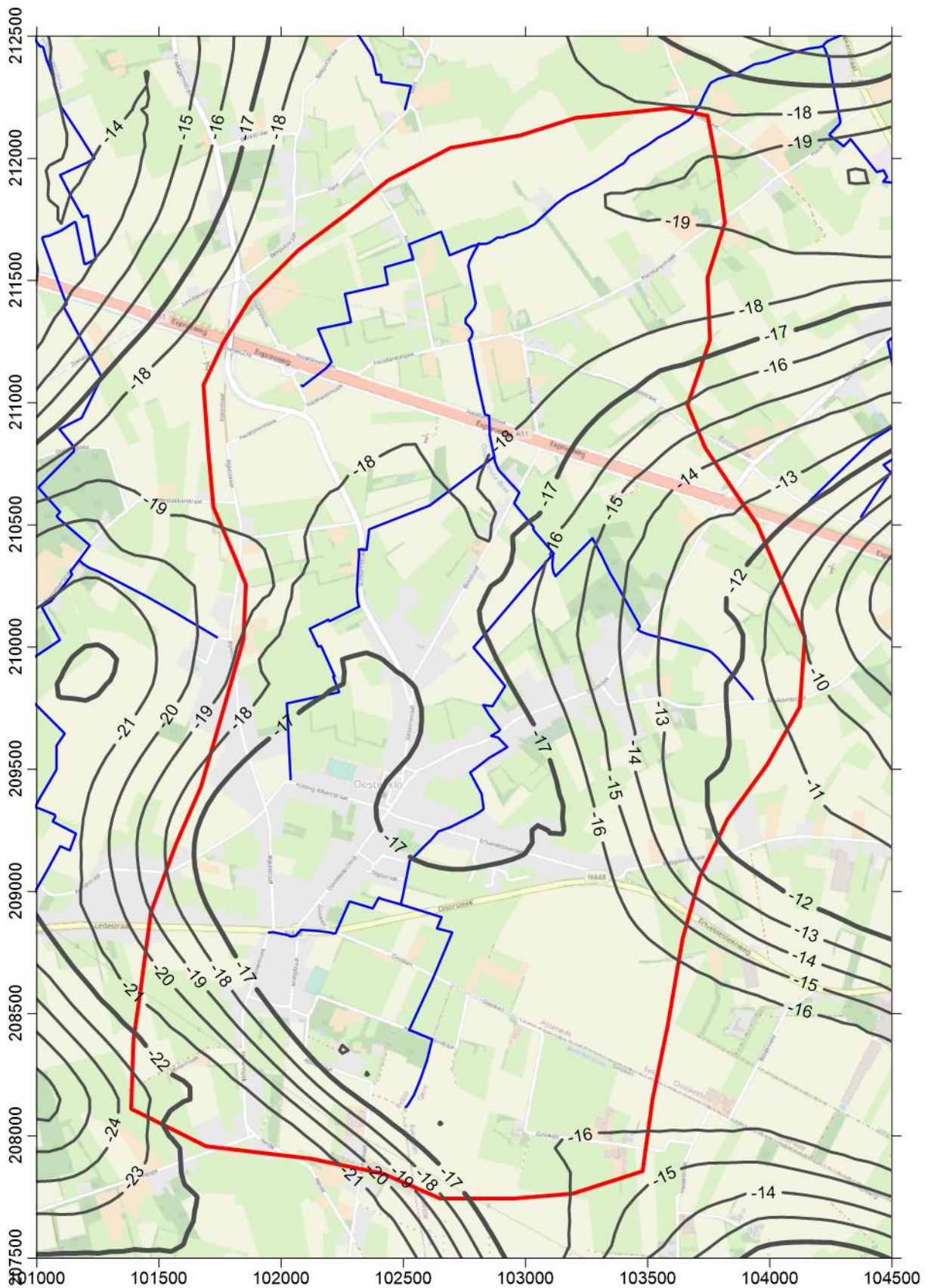


Fig 2.5 Geologische kaart van het tertiair substraat

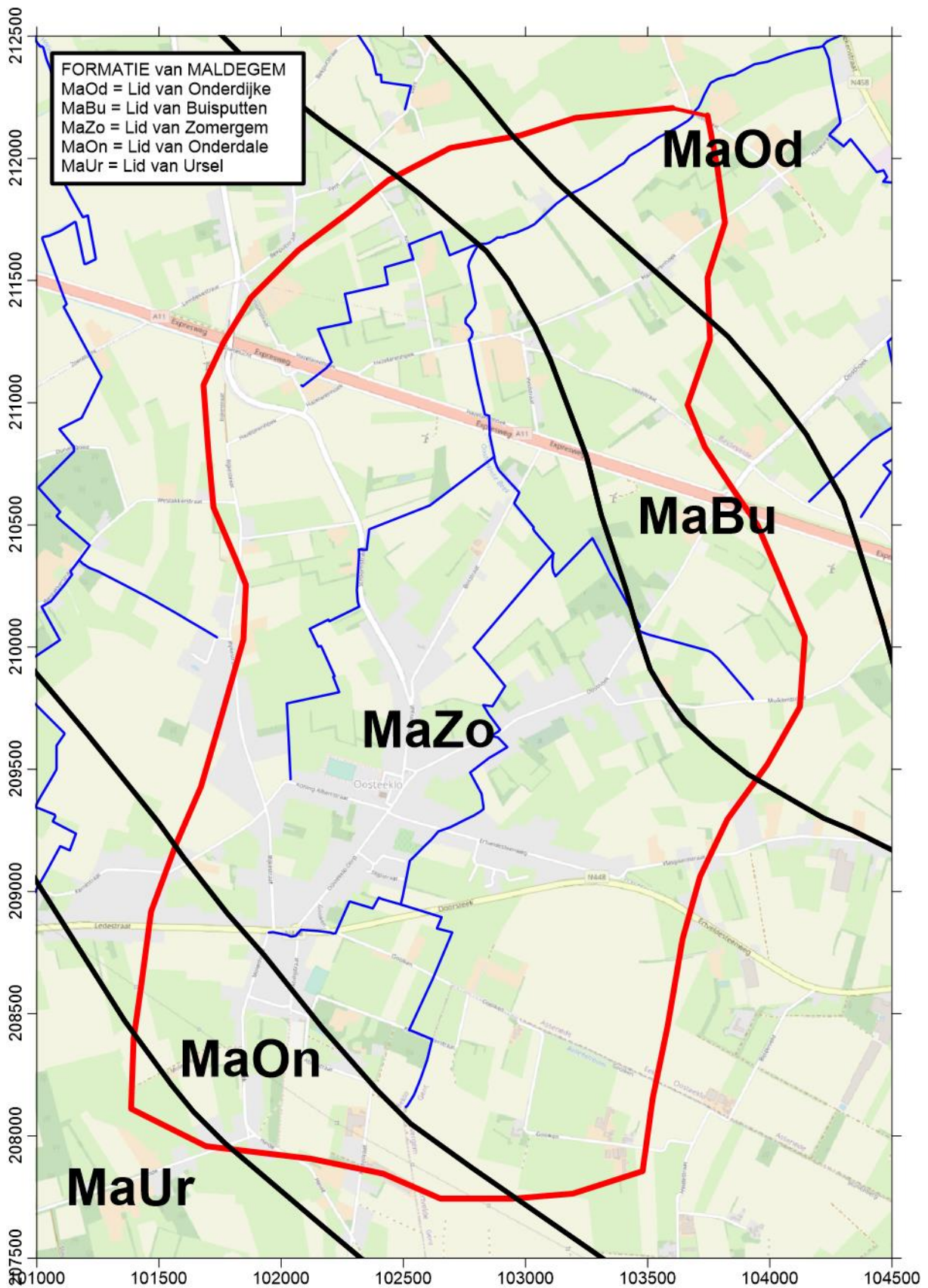


Fig 2.6 Totale reductiecapaciteit (TRC) waarden in Adegem (naar Walraevens et al., 2002)

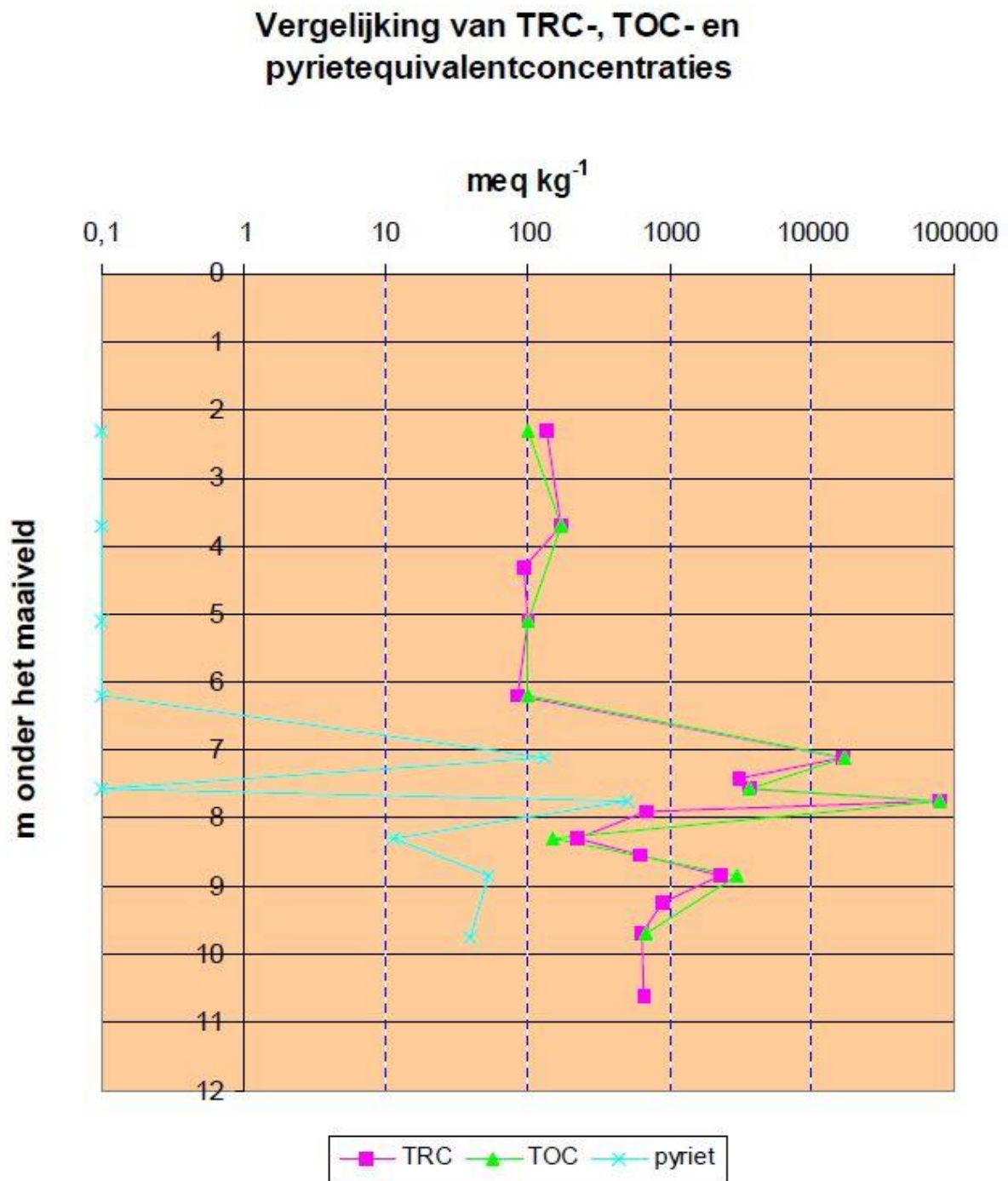


Fig 2.7 Opgemeten nitraatgehalten (in mg/l) aan het MAP meetpunt 19000

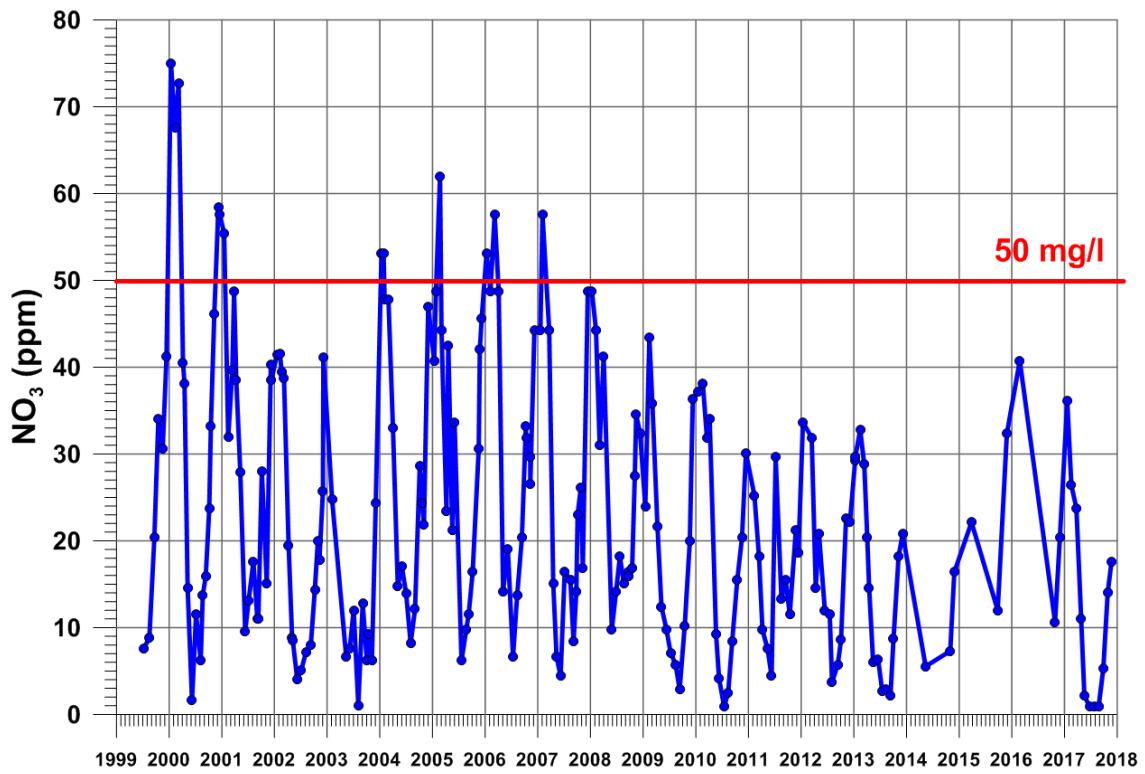


Fig 2.8 Seizoensale variatie van het nitraatgehalte (in mg/l) aan het MAP meetpunt 19000

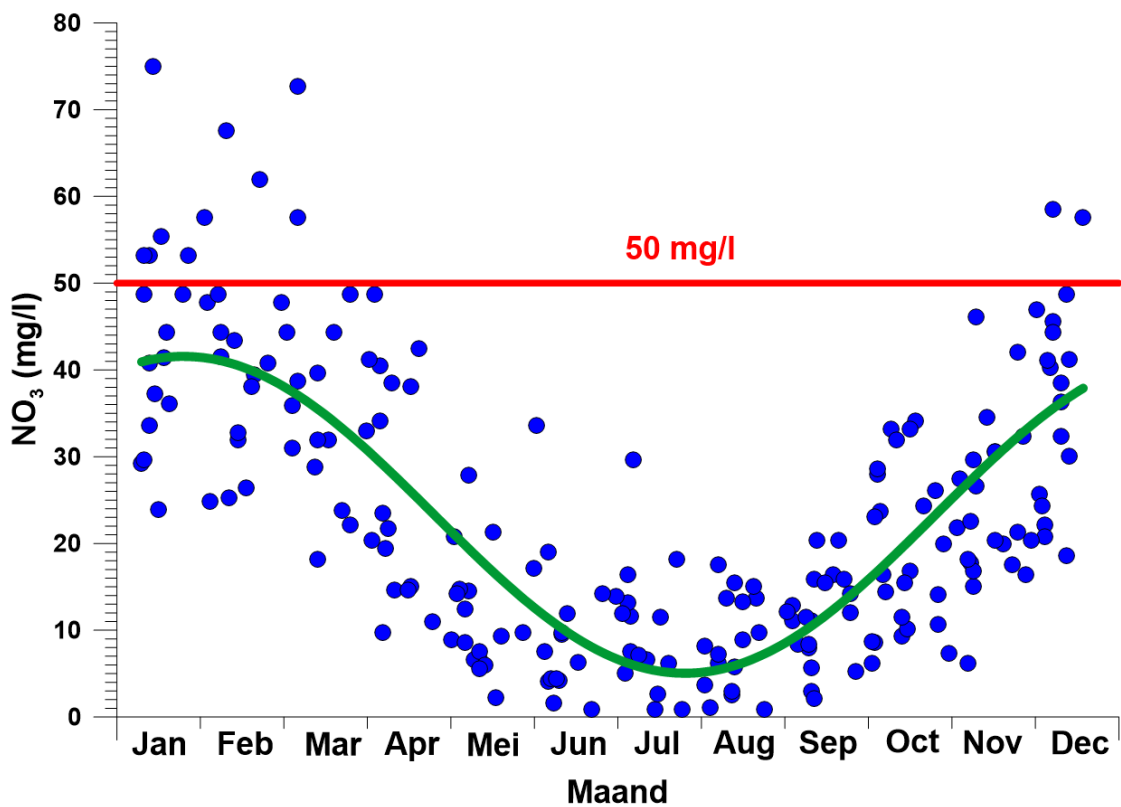


Fig 2.9 Seizoensale variatie van het nitraatgehalte (in mg/l) aan het MAP meetpunt 19000 (data vanaf 2010)

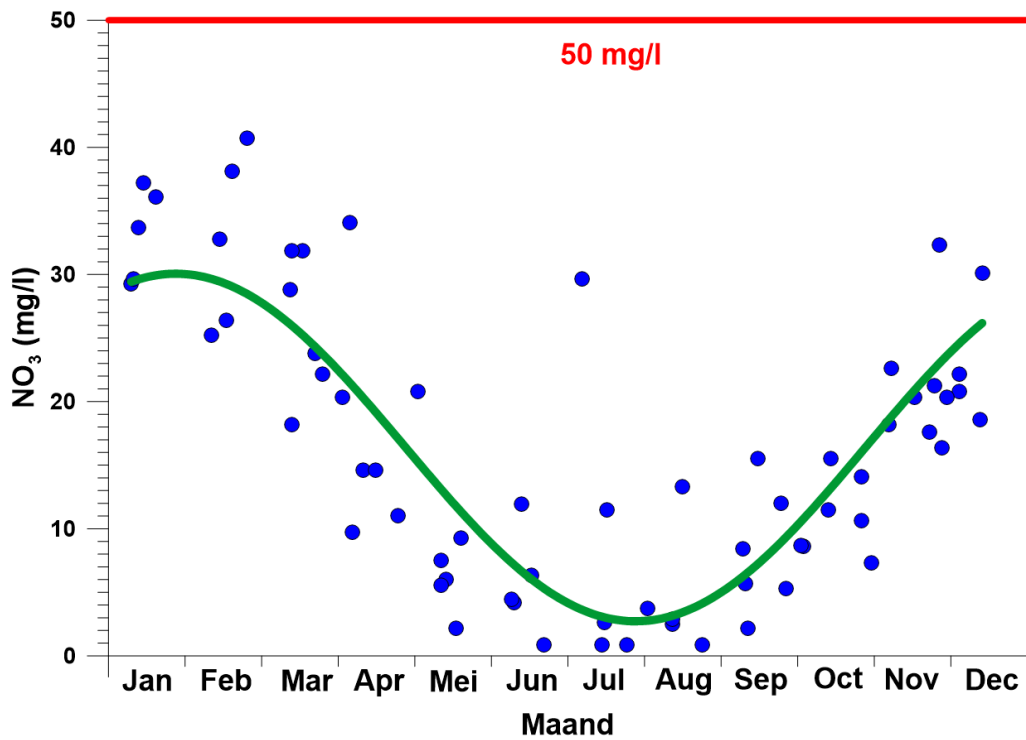
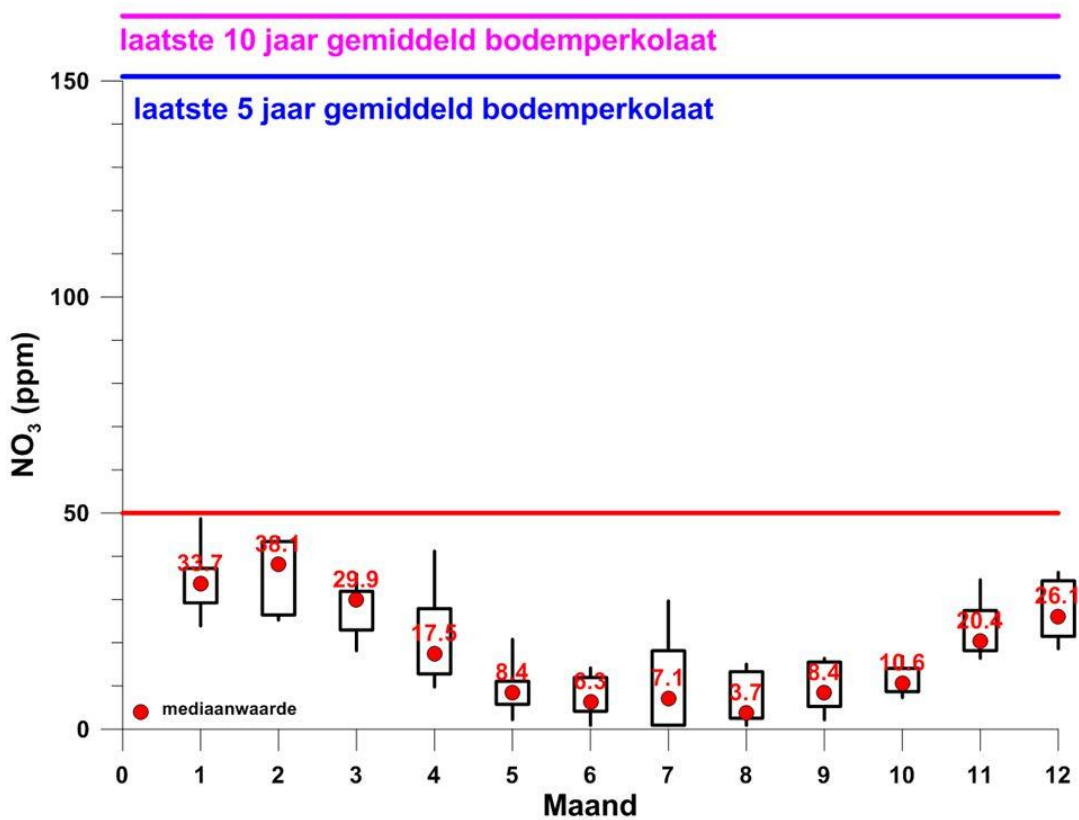


Fig 2.10 Maandgemiddelden van het nitraatgehalte (in mg/l) aan het MAP meetpunt 19000



3 Veldwerk

3.1 Installatie peilbuizen

Op deze site werden geen peilbuizen geplaatst, maar werden, na een lange droge periode, in juni 2018 de waterlopen zelf bemonsterd. Na de lange droge periode kan aangenomen worden dat enkel baseflow in de beken aanwezig is en de waterkwaliteit dus overeenkomt met die van het instromende grondwater. De bemonsterde punten op de beek staan aangeduid op fig 3.1. Detailplannetjes staan in de fig 3.2 t.e.m. fig 3.4.

3.2 Wateranalysen

Deze site werd slechts éénmaal bemonsterd. De drie bemonsterde punten toonden alle lage nitraatgehalten van nauwelijks enkele mg/l (tabel 3.1). Het ijzergehalte is steeds minder dan een halve mg/l. De volledige analysesresultaten staan in tabel 3.2.

Tabel 3.1 Opgemeten nitraat- en ijzergehalten in de eerste meetcampagne in testsite Assenede

meetpunt	Nitraat (mg/l)	Totaal ijzer (mg/l)
MP1	3.05	0.318
MP2	0.34	0.427
MP3	3.55	0.488

Tabel 3.2 Resultaten van de wateranalysen van de testsite Assenede

meetpunt	MP1	MP2	MP3
pH	7.33	7.19	7.12
COND(microS/cm)	776	851	984
Na+	28.720	44.290	47.900
K+	2.575	8.755	6.960
Ca ²⁺	135.800	115.450	143.340
Mg ²⁺	7.600	9.750	9.500
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	0.318	0.427	0.488
Mn ²⁺	0.074	0.098	0.261
NH ₄ ⁺	0.118	0.738	0.983
Cl ⁻	35.703	60.355	68.341
SO ₄ ²⁻	33.668	15.565	26.316
NO ₃ ⁻	3.054	0.342	3.555
NO ₂ ⁻	0.011	0.028	0.132
HCO ₃ ⁻	397.110	398.330	461.770
PO ₄ ²⁻	0.224	0.788	0.432
TDS	645	655	770

Fig 3.1 Ligging van de monsternamepunten in de testsite Assenede

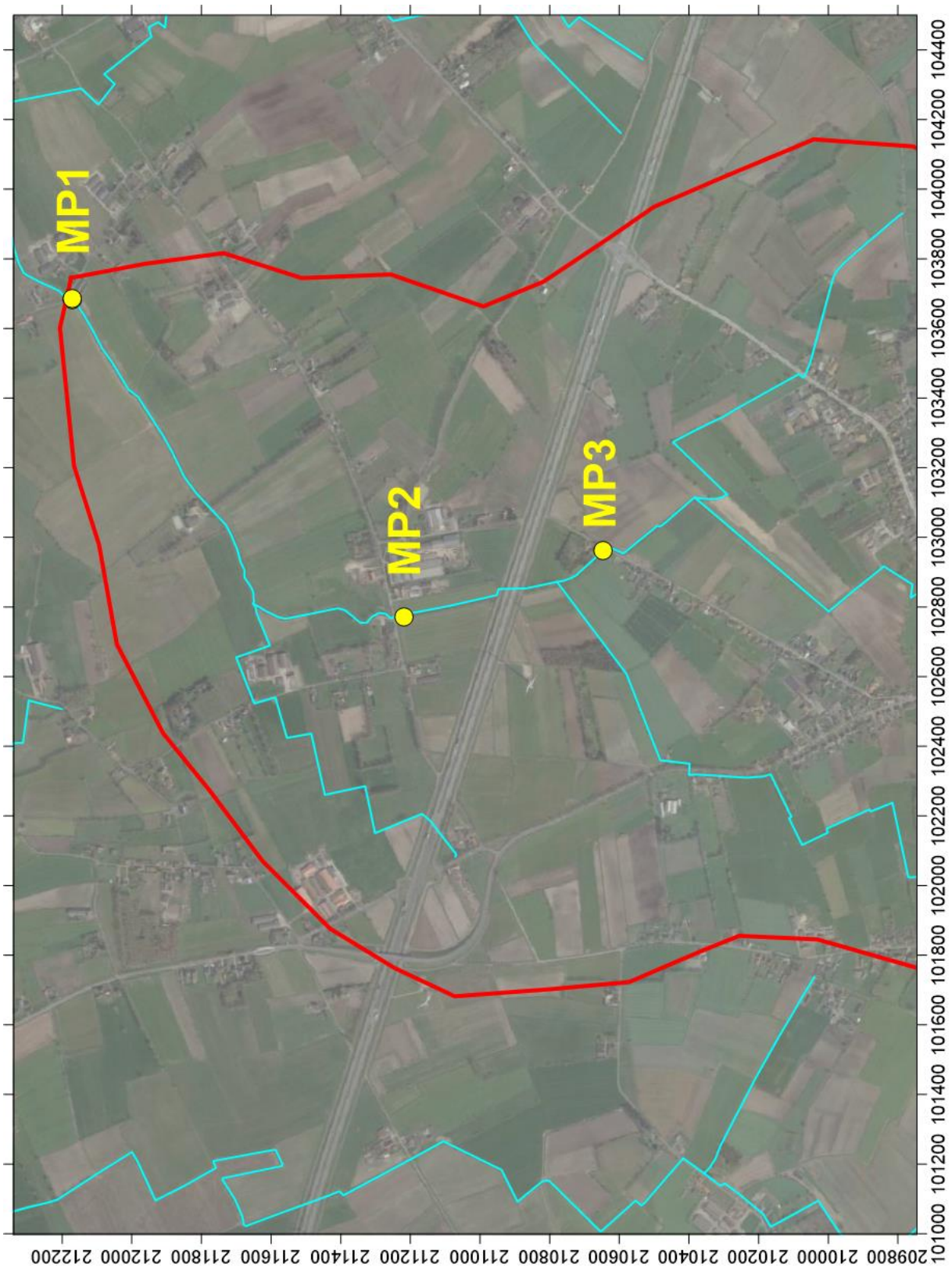


Fig 3.2 Ligging van het monsternamepunt MP1 aan het MAP meetpunt in de Hasselstraat in Assenede

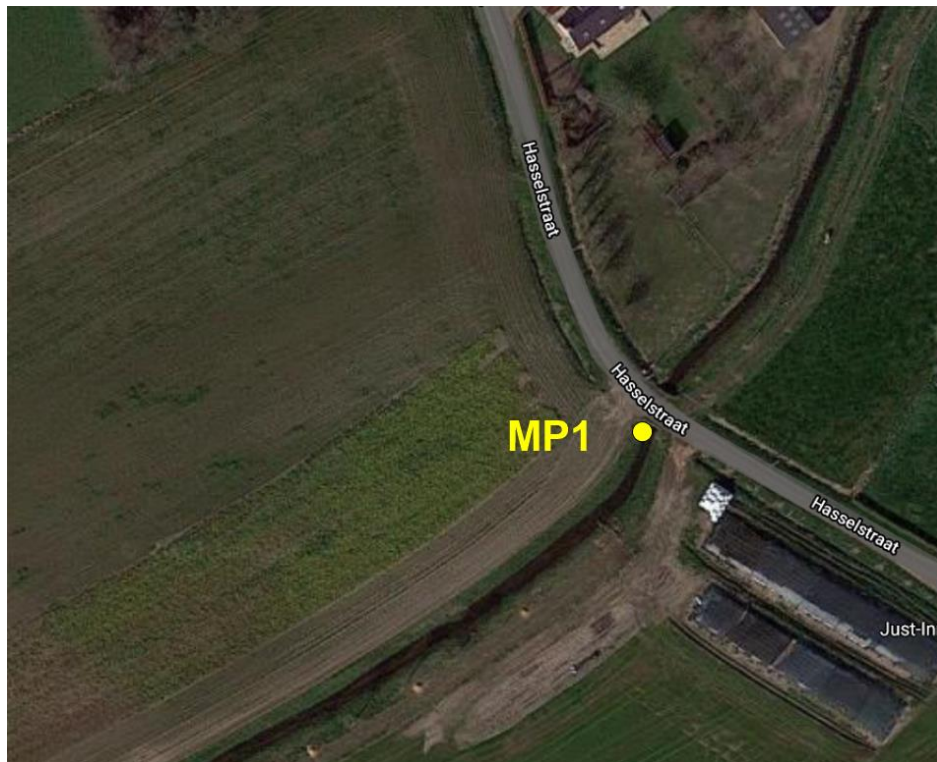
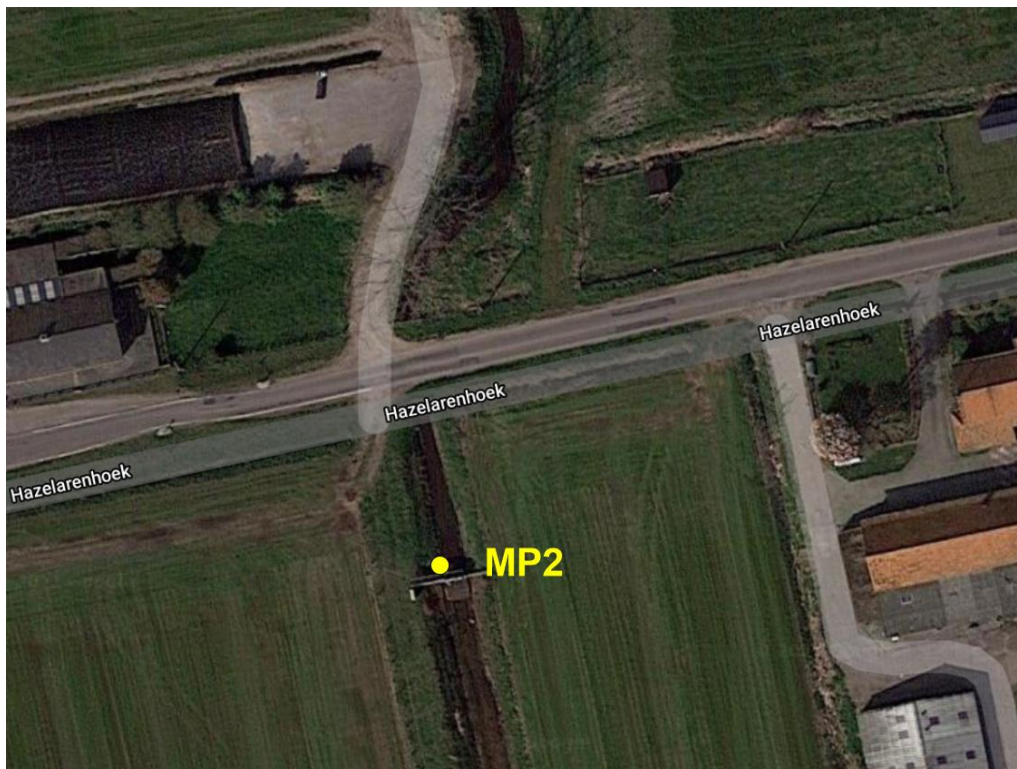


Fig 3.3 Ligging van het monsternamepunt MP2 in de Hazelarenhoek in Assenede



**Fig 3.4 Ligging van het monsternamepunt MP3
In de Bosstraat in Assenede**



4 Toepassing van het BFN model : deel onverzadigde zone

4.1 Inleiding

Het natuurlijk aquatisch ecosysteem kan ernstig verstoord worden door hoge nitraatconcentraties in het oppervlaktewater. Deze hoge nitraatconcentraties kunnen veroorzaakt worden door nitraatrijk grondwater, zowel instromend uit echte bronnetjes als onder disperse vorm langsheen de beken. Door de soms lange reistijden van dit grondwater kan de oorsprong van de nitraatverontreiniging zich tot tientallen jaren terug in de tijd situeren.

In dit eerste onderdeel, dat enkel de onverzadigde zone beslaat, werden simulaties uitgevoerd over een periode van 50 jaar (1968-2017), met als doel een inschatting te maken van de historische jaarlijkse aanvoer van nitraten naar het grondwater. De simulaties van de N-dynamiek werden uitgevoerd met het EU-rotate_N model met een ruimtelijke resolutie van 50 bij 50 meter. Het model werd over de gehele periode gevoed met gegevens over de bodem, teelt, bemesting, stikstofdepositie en weer. Op basis van dagelijkse simulatieresultaten konden de jaarlijkse water- en nitraatflux berekend worden op een diepte van 90 cm.

De gegenereerde gegevens werden uiteindelijk ingevoerd in het grondwatermodel, dat verder wordt toegelicht in het tweede onderdeel betreffende de verzadigde zone. Omwille van de ondiepe grondwatertafel in Assenede werd aangenomen dat de jaarlijkse fluxen op 90 cm zonder verdere vertraging het grondwater bereikten.

4.2 Werkwijze

4.2.1 Studiegebied

Het stroomgebied in Peer werd afgebakend op basis van de resultaten van het grondwatermodel (fig 4.1). Het afgebakende gebied is ongeveer 915 ha groot. Het stroomgebied werd ingedeeld in een grid bestaande uit 3659 cellen van 50 meter bij 50 meter. Voor elk van de cellen werd een aparte simulatie uitgevoerd.

4.2.2 Twee simulatieperiodes

Het EU-rotate_N model kan maximaal 30 opeenvolgende jaren simuleren. Er werden daarom 2 rotaties van 30 jaar gesimuleerd: van 1965 t.e.m. 1994 en van 1988 t.e.m. 2017. Er is een overlap van enkele jaren aangezien het model een opwarmperiode vereist voor initialisatie van de parameters voor bodemorganische stof. Ook daarom werd maar betrouwbare output gegenereerd vanaf het jaar 1968 t.e.m. het jaar 2017.

4.2.3 Toekennen van modelparameters

4.2.3.1 Databanken

Het model werd gevoed met verschillende parameters (fig 4.2). Elke cel binnen het stroomgebied werd gekarakteriseerd a.d.h.v. de bodembedekking, de bodemtextuur en het bodemorganische stofgehalte. Hiervoor werden gegevens geëxtraheerd uit

respectievelijk de bodembedekkingskaart (opname 2012, uitgegeven door AGIV op 4 februari 2016), de bodemkaart (versie 2.0, uitgegeven door DOV op 20 juni 2016 en de kaart 'Soil Organic Carbon Stock Maps for Belgium' (opname 2017, uitgegeven door DOV op 15 januari 2018). Vervolgens werden aan de gridcellen op jaarlijkse basis teelten, nateelten, bemestingsvormen en bemestingshoeveelheden toegewezen, waarbij gebruik gemaakt werd van recente gegevens die ter beschikking werden gesteld door de VLM en oudere gegevens van Statbel. De gemiddelde stikstofdepositie werd berekend op basis van cijfers van de VMM en toegepast over het hele stroomgebied. Het KMI verschaftte specifiek voor de regio Peer dagelijkse weersgegevens voor de periode 1965-2017.

4.2.3.2 Bodembedekking

Bodembedekkingsklassen werden samengenomen en herleid tot 7 klassen (Tabel 4.1). Op basis van de bodembedekking werd eveneens bepaald welk type rotatie per gridcel werd uitgevoerd. Het grid werd over de bodembedekkingskaart gelegd en elke gridcel kreeg de bodembedekking toegewezen die de grootste oppervlakte van de cel innam.

Het stroomgebied Assenede bestaat voor 43% uit akkerland en 36% weiland (fig 4.3). Daarnaast wordt 12% wordt ingenomen door infrastructuur, 5% door tuinen en parken en 4% door bos. Minder dan 1% werd toegewezen aan braakliggende gronden.

Tabel 4.1 Bodembedekking voor en na herleiding tot 7 klassen in het grid en het overeenkomstige rotatietype

Bodembedekking BBK	Bodembedekking na herleiding (grid)	Type rotatie
Akker	akkerland	jaarlijkse teelt + nateelt met jaarlijkse dierlijke en minerale bemesting
Bomen Bomen (WBN) Bomen (WTZ)	bos	meerjarige teelt zonder bemesting waarbij waarden voor percolatie en uitspoeling worden nagestreefd voor bos zoals uit de literatuur
Overig Onafgedekt	braak	geen teelt, geen bemesting
Gebouwen Autowegen Spoorwegen Overig Afgedekt	infrastructuur	simulatie zonder percolatie en uitspoeling
Gras, Struiken Gras, Struiken (WBN) Gras, Struiken (WBZ)	tuin+park	meerjarige grasteelt met beperkte jaarlijkse minerale bemesting en 5 maaibeurten per jaar
Water	water	simulatie zonder percolatie en uitspoeling
Gras, Struiken (Lbgebrperc)	weiland	blijvend grasland = meerjarige grasteelt met jaarlijkse dierlijke en minerale bemesting en 5 maaibeurten per jaar

4.2.3.3 Bodemorganische stof

Het bodemorganisch koolstofgehalte werd eveneens volgens het principe van de grootste oppervlakte toegewezen aan elke gridcel. De kaart vertoont echter plekken waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn. Gridcellen die daarmee overlappen kregen waarden toegewezen die m.b.v. interpolatie berekend werden, waardoor weliswaar ook cellen met infrastructuur als bodembedekking een waarde toegewezen kregen. Het bodemorganisch koolstofgehalte werd nadien omwille van de modelinvoer omgezet in het bodemorganische stofgehalte door dit te vermenigvuldigen met een factor 2. Het aandeel koolstof in de bodemorganische stof werd in het model dan ook gepreciseerd als 50%. Het bodemorganische stofgehalte in Assenede is in grote mate gelijk over de hele oppervlakte en wordt slechts enigszins beïnvloed door het bodemgebruik (fig 4.3 en fig 4.4): op akkerland en tuinen en parken ligt dit meestal tussen 2 en 3%, op weiland tussen 2 en 4% en onder bos tussen 2 en 5%.

4.2.3.4 Bodemtextuur

Ook de bodemtextuur werd volgens het principe van de grootste oppervlakte toegewezen aan elke gridcel. De bodemtextuur van het stroomgebied Assenede bestaat voornamelijk uit zand en lemig zand (fig 4.5). Daarnaast komen heel wat antropogene bodems voor.

Voor elke bodemtextuurklasse werden waarden toegekend aan de verschillende parameters die nodig zijn als modelinput (**Tabel 4.2**). Per textuurklasse werden gemiddelde zand, klei- en leemfracties gebruikt. De eigenschappen van antropogene bodems werden gelijkgesteld aan die van zandbodems omwille van het frequent voorkomen van grove elementen in dergelijke bodems. Voor alle bodems werd de pH-H₂O eerder neutraal ingeschat, aangezien verondersteld wordt dat landbouwers hun percelen regelmatig bekalken. Hoe dan ook heeft de waarde van de pH in de eerder neutrale zone slechts een beperkte invloed op de nitraatuitspoeling. Voor de bulkdensiteit werden de waarden overgenomen die gehanteerd worden in het Compendium voor bemonsterings- en analysemethoden, zij het dat voor de toplaag aan alle textuurklassen een waarde van 1450 kg m⁻³ werd toegekend. Tot slot werden ook de bodemvochtparameters ingeschat (tabel 4.3) op basis van de door Weynants aangepaste pedotransferfuncties van Vereecken (Weynants, 2009).

Tabel 4.2 Bodemparameters per textuurklasse

Textuurklasse	zand	leem	klei	pH-H ₂ O	bulkdensiteit (kg/m ³)		
	m%	m%	m%		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
Zand (Z)	91	5	4	6.5	1450	1500	1500
Lemig zand (S)	75	16	9	6.5	1450	1500	1500
Licht zandleem (P)	59	35	6	6.5	1450	1500	1500
Zandleem (L)	33	58	10	6.5	1450	1500	1500
Leem (A)	8	79	13	6.5	1450	1500	1500
Klei (E)	41	27	32	7.5	1450	1500	1500
Zware klei (U)	33	8	60	7.5	1450	1500	1500

Tabel 4.3 Bodemvochtparameters per textuurklasse (REW = snel beschikbaar water voor verdamping, VC = veldcapaciteit, VP = verwelkingspunt, SAT = verzadiging)

Textuurklasse	0-30 cm					30-90 cm			
	REW mm	VC vol%	VP vol%	SAT vol%	PBW vol%	VC vol%	VP vol%	SAT vol%	PBW vol%
Zand (Z)	6.849	0.171	0.050	0.404	0.121	0.167	0.049	0.396	0.118
Lemig zand (S)	7.922	0.223	0.085	0.410	0.138	0.219	0.083	0.402	0.136
Licht zandleem (P)	8.168	0.234	0.091	0.407	0.143	0.229	0.089	0.399	0.140
Zandleem (L)	8.949	0.272	0.118	0.412	0.154	0.267	0.115	0.404	0.152
Leem (A)	9.480	0.292	0.123	0.416	0.169	0.286	0.121	0.408	0.165
Klei (E)	9.814	0.347	0.213	0.440	0.134	0.341	0.209	0.432	0.132
Zware klei (U)	10.492	0.431	0.336	0.477	0.095	0.423	0.330	0.469	0.093

4.2.3.5 Teelten en nateelten

Voor gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' werd jaarlijks een teelt en nateelt bepaald. De werkwijze hiervoor is afhankelijk van de simulatieperiode.

Simulatieperiode 1988-2017

Voor de periode 1997-2017 werd het grid over de teelkaarten gelegd en werd volgens het principe van de grootste oppervlakte aan elke gridcel jaarlijks een teelt toegewezen. Op dezelfde wijze werd jaarlijks een nateelt (inclusief vanggewassen) aan het grid toegewezen.

De teeltgegevens die gekend zijn voor de periode 1997-2017 tonen aan dat de voedergewassen gras en maïs samen ongeveer 86% van het landbouwareaal in Assenede innemen (fig 4.6). Het belangrijkste akkerbouwgewas is aardappel, goed voor 7% van het areaal. Alle door het model gekende teelten in het stroomgebied werden gesimuleerd, waarbij sommige teelten vervangen werden door vergelijkbare teelten (bv. bloemenmengsel en faunamengsel door niet-bemest gras, cichorei door witloof, rogge en tritcale door wintertarwe, andere granen en zomertarwe door zomergerst). Voor de teelten asperge, boomkweek, fruitbomen, koolzaad, sierplanten en tuingewassen konden geen modelparameters bepaald worden. Voor deze teelten op akkerland werd, net als voor de categorie 'andere' teelten, een éénjarige braak zonder bemesting gesimuleerd. Er is in dat geval geen simulatie van de opname, noch van de transpiratie, maar wel van de uitspoeling van minerale N vrijgesteld uit bodemorganische stof en uit de oogstresten van een mogelijke teelt van het voorafgaande jaar.

De precisie van de door de VLM verzamelde teeltgegevens neemt weliswaar toe in de tijd. Zo werd tijdens t.e.m. 2007 nog geen opsplitsing gemaakt tussen verschillende soorten groenten. Voor gridcellen met de waarde 'groenten' in die

periode werd daarom willekeurig een groenteteelt toegekend die in de periode nadien (2008-2017) op hetzelfde perceel geregistreerd werd. Daarbij werd ook rekening gehouden met de frequentie van voorkomen van die groenteteelt. Indien in de periode 2008-2017 geen groente werd geteeld op het perceel, werd willekeurig een teelt gekozen uit de lijst van de in het stroomgebied geregistreerde groenten. Ook de nateelten en met name de groenbemesters zijn niet altijd precies omschreven. Indien er 'groenbemester' staat wordt er willekeurig een groenbemester gekozen uit een lijst van groenbemesters.

Voor de periode 1988-1996 zijn er op perceelsniveau geen gegevens beschikbaar over de teelten en de nateelten. Er werd daarom elk jaar willekeurig een teelt toegekend die in de periode nadien (1997-2017) op hetzelfde perceel geteeld werd. Daarbij werd ook rekening gehouden met de frequentie van voorkomen van die teelt. Voor de nateelt werd ervan uitgegaan dat voor ingang van het Mestdecreet (dus tot en met 1990) enkel groenbemesters werden geteeld na granen, en dit op 10% van de percelen met granen. Er werd willekeurig een groenbemester gekozen uit een lijst van groenbemesters. Voor de jaren 1991-1996 werd dit percentage voor percelen met granen verhoogd naar 50% en werd er bovendien op 25% van de percelen met snijmaïs een nateelt gras gesimuleerd. Daarnaast werd in de hele periode 1965-1996 een tweede teelt groenten gesimuleerd op 50% van de percelen met een mogelijke eerste teelt groenten.

Simulatieperiode 1965-1994

Voor deze periode zijn geen gegevens beschikbaar op perceelsniveau. Voor de recentere jaren 1980-1994 zijn cijfers beschikbaar over de indeling van het landbouwareaal per gemeente (Statbel). De verschillende teelten werden op jaarlijkse basis overeenkomstig hun aandeel voor de gemeente Assenede willekeurig verdeeld over de gridcellen met bodembedekking 'akkerland'. Voor de teeltcategorie 'groenten' werd willekeurig een groente toegewezen uit een lijst van groenten.

Voor de oudere jaren 1965-1979 zijn geen gegevens beschikbaar op gemeenteniveau, maar wel op niveau van de landbouwstroken (Statbel). Voor Assenede werden cijfers voor de Zandstreek aangewend. Hierbij werd uitgegaan van de laatst gekende teeltverdeling op gemeenteniveau (jaar 1980) en werd het aandeel van elke teelt terug in de tijd gewijzigd overeenkomstig de evolutie in de Zandstreek (met interpolatie per 5 jaar). De verdeling van de teelten over de gridcellen gebeurde opnieuw willekeurig.

4.2.3.6 Dierlijke bemesting

Voor gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' en 'weiland' werd jaarlijks de toediening van dierlijke mest gesimuleerd. Er werd in de meeste gevallen jaarlijks één dosis dierlijke mest toegediend. Enkel voor percelen waarop twee groenteteelten na elkaar worden gesimuleerd, werd de bemesting opgedeeld in twee dosissen, één voorafgaand aan elke teelt. Op groenbemesters werd geen bemesting gesimuleerd. De gevolgde werkwijze voor het berekenen van de dierlijke bemestingsdosis is opnieuw afhankelijk van het jaartal.

Periode 2007-2017

Er werd verondersteld dat de teelt- en textuurspecifieke bemestingsnormen volledig werden gevolgd. Daarbij werd uitgegaan van een maximale invulling van de dierlijke bemestingsnorm, waarbij rekening werd gehouden met de bemestingsnormen voor zowel stikstof als fosfor.

Voor de simulatie van de dierlijke bemesting werd eveneens de mestsoort bepaald, waarbij een keuze gemaakt wordt tussen rundermengmest, varkensmengmest, vaste paardenmest en vaste kippenmest. Aan alle percelen van een landbouwbedrijf werd de mestsoort toegewezen die op het bedrijf het grootste aandeel in de totale productie aan dierlijke N innam. Deze cijfers zijn beschikbaar voor de periode 2007-2017 (VLM). In het stroomgebied Assenede komen voornamelijk runderen voor, maar ook varkens, paarden en pluimvee (fig 4.7). Merk op dat niet aan alle cellen een mestsoort kon worden toegewezen door interpolatie: vaak was dit op bospercelen, aan cellen akkerland en weiland waarop de mestsoort ontbrak werd uiteindelijk willekeurig een mestsoort toegewezen, rekening houdend met het relatieve voorkomen van de verschillende mestsoorten in het gebied.

Periode 1965-1995

Voor de jaren voorafgaand aan de ingang van het Mestdecreet (1991) en ook tijdens de eerste fase van het mestactieplan (MAP1, 1991-1995) werd aangenomen dat de geproduceerde dierlijke mest volledig afgezet werd op eigen grond of gronden in de onmiddellijke omgeving van het bedrijf. De jaarlijkse gemiddelde dosis dierlijke N werd dan ook berekend overeenkomstig de berekende uitscheiding op basis van de dieren aantallen, waarbij gebruik gemaakt werd van de oudste richtwaarden voor de mestproductie en mestsamenstelling (VLM). Cijfers over dieren aantallen zijn beschikbaar op gemeentelijk niveau voor de jaren 1980-1995 en op niveau van de landbouwstroken voor de jaren 1965-1980 (Statbel). Er werd, net als voor de teelten, uitgegaan van de laatst gekende dieren aantallen op gemeentelijk niveau (jaar 1980), die vervolgens terug in de tijd gewijzigd werden overeenkomstig de evolutie in de Zandstreek (fig 4.8).

Voor de bepaling van de mestsoort werd vertrokken vanuit de oudste gekende situatie (2007) en werd de mestsoort behouden of veranderd volgens probabiliteiten overeenstemmend met jaarlijkse regionale veranderingen in het aandeel van de verschillende mestsoorten (fig 4.8).

Aangezien ook voor ingang van het mestdecreet al rekening gehouden werd met de stikstofvraag van het gewas, werd de gemiddelde bemestingsdosis per teelt vermenigvuldigd met een factor. Deze teeltfactor werd bepaald door simulaties uit te voeren over een periode van 10 jaar en de gesimuleerde maximale stikstofopname van elke teelt te delen door de gemiddelde maximale stikstofopname van alle teelten. De teeltfactor werd jaarlijks herschaald door de voorwaarde op te leggen dat de gewogen gemiddelde teeltfactor over het hele stroomgebied elk jaar gelijk moet zijn aan 1. Op die manier werd verzekerd dat de bemestingsdruk in het stroomgebied werd gerespecteerd.

Periode 1996-2006

Voor deze overgangperiode werd aangenomen dat de norm nog steeds overschreden werd, zij het in steeds mindere mate door het stijgend aantal mesttransporten en de toename in mestverwerking. Daarom werd jaar na jaar het verschil berekend tussen enerzijds de dierlijke N berekend uit de gemeentelijke dierenaantallen en anderzijds de bemestingsnorm. Dit verschil werd vermenigvuldigd met een met de tijd groter wordende afnamefactor en opgeteld bij de bemestingsnorm zodat er een lineaire afname van de bemesting werd gesimuleerd, tot in 2007 de bemestingsnorm werd gerespecteerd.

4.2.3.7 Minerale bemesting

Op gridcellen met bodembedekkingsklasse 'akkerland' en 'weiland' werd naast een dierlijke bemesting ook jaarlijks de toediening van een dosis kunstmest gesimuleerd, onder de vorm van ammoniumnitraat. Net als voor de dierlijke mest werd deze eenmalig toegediend, maar werd die opgedeeld in twee dosissen wanneer twee groenteteelten na elkaar werden gesimuleerd.

De berekening van de minerale bemestingsdosis is opnieuw afhankelijk van het jaartal (fig 4.9).

Periode 2007-2017

Er werd verondersteld dat de teelt- en textuurspecifieke bemestingsnormen volledig werden gevolgd. De minerale N-dosis werd berekend uit het verschil van de totale N-bemestingsnorm en de berekende dierlijke N-dosis. Vanaf 2015 werd het systeem van de werkzame N gehanteerd.

Periode 1965-2006

Voor deze periode werd noodzakelijkerwijs gewerkt met nationale gemiddelden (Statbel en EMAV), aangezien er geen cijfers beschikbaar zijn op regionaal of gemeentelijk niveau. Tussen 1985 en 1990 ontbraken gegevens en werden de cijfers geïnterpoleerd (fig 4.9)

4.2.3.8 Stikstofdepositie

Voor de N-depositie in Assenede werden gegevens verkregen van het VLOPS-model van de VMM. Aangezien het model niet toelaat om jaarlijkse cijfers in te voeren, werd over de tweede simulatieperiode (1988-2017) een gemiddelde N-depositie berekend en toegepast. Deze bedroeg in Assenede 40 kg N ha^{-1} per jaar. Aangezien voor de eerste simulatieperiode (1965-1994) geen cijfers over depositie beschikbaar zijn, werd aangenomen dat de N-depositie vergelijkbaar was in de eerste en de tweede simulatieperiode. Gedurende de eerste periode werd immers een stijging van de N-depositie verondersteld, terwijl in de tweede periode de depositie afnam door specifieke maatregelen.

4.2.3.9 Weersgegevens

Specifiek voor Assenede werden ruimtelijk geïnterpoleerde gegevens door het KMI ter beschikking gesteld voor de periode 1965-2017:

- minimale, maximale en gemiddelde dagelijkse temperatuur
- dagelijkse hoeveelheid neerslag
- dagelijkse gemiddelde windsnelheid
- dagelijkse potentiële evapotranspiratie

4.3 Resultaten

4.3.1 Gesimuleerde uitspoeling in het stroomgebied Assenede

Zowel de nitraatuitspoeling als de waterpercolatie werd op dagelijkse basis gesimuleerd op een diepte van 90 cm en geaccumuleerd tot jaarlijkse cijfers, waarmee ook de gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water berekend werd. De ter illustratie weergegeven resultaten voor uitspoeling in fig 4.10 zijn deze voor 2013, een jaar met een hoeveelheid aan percolerend water (293 mm) groter dan het langjarig gemiddelde voor Assenede (201 mm).

Voor 2013 was de percolatie duidelijk afhankelijk van de teelt en nateelt in dat jaar: deze was groter dan 400 mm op braakliggende gronden, waar geen transpiratie werd gesimuleerd. Op het overgrote deel van de percelen lag de percolatie tussen 300 en 350 mm. Onder maïs en aardappel zonder nateelt was de percolatie iets hoger (350 tot 400 mm) en onder granen gevolgd door vanggewassen iets lager (250 tot 300 mm). De hoeveelheid uitgespoelde nitraatstikstof in 2013 werd grotendeels bepaald door de teelt en nateelt in 2013, aangezien de uitspoeling op de zandbodems in beide winters (2012-2013 en 2013-2014) door de overvloedige regenval voornamelijk voor de jaarwisseling plaats greep. Opvallend zijn o.a. de algemeen hogere uitspoeling op grasland en de verminderde uitspoeling op percelen waar wintergranen (meestal gevolgd door vanggewassen) of voederbieten werden geteeld. Onder bos, tuinen en parken werden kleine hoeveelheden nitraatuitspoeling en lage nitraatconcentraties gesimuleerd. De nitraatconcentratie ligt eveneens lager op percelen met wintergranen en voederbieten, door de verminderde uitspoeling, maar ook op percelen met maïs en aardappel, als gevolg van de extra verdunning door de grotere hoeveelheid percolerend water.

De jaarlijkse waterpercolatie op 90 cm over het hele stroomgebied (met inbegrip van ondoorlatende oppervlakken) fluctueert sterk en is gemiddeld 201 mm (Fig 4.11). Indien de ondoorlatende oppervlakken niet in rekening worden gebracht is dit gemiddeld 230 mm per jaar. Dit gemiddelde ligt duidelijk onder het langjarig gemiddelde gesimuleerd door het model Wetspass (Batelaan et al., 2006) voor zandbodems in Vlaanderen (fig 4.12).

De gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie over het hele stroomgebied vertoont net als de waterpercolatie een erg grillig verloop, met waarden tussen 91 en 1377 mg NO₃ L⁻¹ (3). Er is sprake van een opwaartse trend tot begin de jaren '80, gevolgd

door een gestage afname vanaf eind de jaren '80 tot een concentratie wordt bereikt die schommelt tussen ongeveer 100 en 200 mg NO₃ L⁻¹ in de meest recente jaren. Pieken in de nitraatconcentratie treden vooral op aan het einde van drogere periodes. Tijdens drogere jaren (bv. 1971-1972) spoelt slechts een beperkte hoeveelheid nitraat uit. Wanneer het terug iets natter wordt (bv. 1973), spoelen op zandbodems de tijdens de drogere periode geaccumuleerde hoeveelheden nitraat snel uit, waardoor de concentratie ook hoog ligt. In extreem natte jaren (bv. 1998) spoelen ook veel nitraten uit maar is de verdunning voldoende groot om de nitraatconcentratie laag te houden. Het grillige verloop van de nitraatconcentratie wordt bovendien geaccentueerd doordat de gemiddelde concentratie per kalenderjaar werd berekend: in een droog najaar zullen de nitraten immers pas grotendeels uitspoelen na 1 januari, waardoor er naast kalenderjaren met één periode van intense uitspoeling in het najaar ook kalenderjaren zijn zonder sterke uitspoeling en kalenderjaren met twee periodes van intense uitspoeling, in het voorjaar en in het najaar.

4.3.2 Nitraatconcentratie voor de verschillende bodembedekkingen

De jaarlijkse gemiddelde nitraatconcentratie is in het stroomgebied Assenede over de hele periode (1968-2017) het hoogst voor weiland en slechts iets lager voor akkerland, een stuk lager voor braakliggende gronden, veel lager voor tuinen en parken en het laagste voor bos (fig 4.13). De nitraatconcentratie is sinds de volledige implementatie van de bemestingsnormen in 2007 duidelijk afgenomen maar nog steeds veel groter dan 50 mg NO₃ L⁻¹ op akkerland, weiland en braakliggende gronden.

4.3.3 Gesimuleerde bemesting, nitraatresidu en nitraatconcentratie op akkerland en weiland

De gesimuleerde bemestingsdruk op akkerland vertoont behoorlijk grote veranderingen doorheen de tijd (Fig 4.4): er is een snelle toename tot het jaar 1990, waarna het bemestingsniveau enkele jaren gehandhaafd blijft om vervolgens terug te dalen tot in 2007, wanneer de bemestingsnormen ten volle geïmplementeerd worden, een evenwicht bereikt wordt. De nitraatconcentratie volgt dezelfde trend en vertoont een maximum van 1250 mg NO₃ L⁻¹ in 1996 en een minimum van 88 mg NO₃ L⁻¹ in 2014.

De gesimuleerde bemestingsdruk op weiland volgt dezelfde trend als op akkerland, zij het dat de bemesting na 2007 groter is dan op akkerland omwille van de hogere bemestingsnorm (fig 4.15). De nitraatconcentratie vertoont op weiland iets minder sterk uitgesproken pieken dan op akkerland. De maximale concentratie van 2076 mg NO₃ L⁻¹ wordt bereikt in 1974, de minimale concentratie van 102 mg NO₃ L⁻¹ in 2016.

Het gesimuleerde nitraatresidu wordt telkens voor 15 oktober weergegeven, zowel op akkerland (Fig 4.26) als op weiland (Fig 4.7). De gesimuleerde nitraatconcentratie en het nitraatresidu gaan hand in hand, zij het dat de respons van de nitraatconcentratie op het nitraatresidu soms één jaar later komt wanneer de uitspoeling plaats vindt in het begin van het daaropvolgende kalenderjaar. Op akkerland en weiland wordt op

15 oktober een gemiddeld nitraatresidu gesimuleerd van respectievelijk 176 en 203 kg N ha⁻¹ over de volledige simulatieperiode. Bij implementatie van de bemestingsnormen in 2007-2017 is dat gemiddeld nog 73 en 85 kg N ha⁻¹. Er werd in Assenede een maximaal nitraatresidu gesimuleerd van respectievelijk 404 en 585 kg N ha⁻¹. Op akkerland en weiland schommelen de laagste nitraatresiduen op 15 oktober rond de 50 kg N ha⁻¹, terwijl de overeenkomstige gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentraties rond de 100 mg NO₃ L⁻¹ liggen.

4.3.4 Validatie nitraatresidu

De validatie van de modelresultaten werd uitgevoerd a.d.h.v. de door de VLM op jaarlijkse basis (2007-2017) in het stroomgebied gemeten nitraatresiduen tussen 1 oktober en 15 november. De gemeten nitraatresiduen werden vergeleken met de gesimuleerde waarden op 15 oktober, maar een puntsgewijze validatie was niet aan de orde. Het EU-Rotate_N model is gebruikt in eerdere studies waarbij telkens bleek dat indien de bodemeigenschappen van een specifiek perceel gekend en gekalibreerd zijn, de aan- en afvoer van nutriënten effectief gemeten worden en er precies geweten is welke handelingen wanneer zijn uitgevoerd op het perceel, de simulaties zeer nauw aansluiten bij metingen. In deze studie bevinden we ons echter in een totaal andere situatie. De simulaties gebeuren op basis van gegevens uit databanken (textuur, bodemorganische stof), die niet op perceelniveau verzameld zijn, maar op schaal van het stroomgebied wel betrouwbaar zijn. De simulaties zijn als gevolg daarvan niet altijd even accuraat op perceelniveau, maar de gemiddelde output van de verschillende simulaties is op jaarlijkse basis wel relevant voor het stroomgebied.

In deze validatie wordt daarom enkel nagegaan of de nitraatresidumetingen al dan niet systematisch onderschat of overschat werden door de modelresultaten. De gemiddelde fout (= simulatie - meting) bedraagt hier 30 kg N ha⁻¹ en toont aan dat in Assenede de gemeten nitraatresiduen door de simulatie algemeen enigszins overschat werden, hoewel enkele hoge meetwaarden duidelijk werden onderschat (Fig 4.18). Dergelijke hoge meetwaarden zijn vermoedelijk het gevolg van overbemesting, hetgeen vanaf 2007 niet meer gesimuleerd wordt. De trendanalyse van het nitraatresidu doorheen de tijd (fig 4.19) bevestigt dat er voor enkele jaren (2007, 2012 en 2013) sprake is van grote overschattingen, hoewel er ook jaren zijn waarvoor het gemeten en gesimuleerde gemiddelde nitraatresidu dicht bij elkaar liggen. Aangezien voor een groot stroomgebied als Assenede voldoende nitraatresidumetingen beschikbaar zijn, werd ook voor de meest voorkomende teelten een validatie uitgevoerd. Daaruit bleek dat overschattingen voorkwamen bij meerdere teelten, hoewel voor enkele teelten ook onderschattingen werden vastgesteld. De gefitte lineaire trend is licht dalend voor zowel de gemeten als de gesimuleerde nitraatresiduen.

4.4 Besluit

Het stroomgebied Assenede bestaat grotendeels uit zand- en lemig zandbodems en wordt voornamelijk gekarakteriseerd door landbouw (overwegend grasland en maïs). De historische bemestingsdruk is er eerder hoog t.o.v. de andere stroomgebieden. Een validatie op basis van gemeten nitraatresiduen toont aan dat het gesimuleerde

nitraatresidu voor enkele jaren werd overschat. De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water op een diepte van 90 cm bedraagt 422 mg NO₃ L⁻¹ voor de periode 1968-2017. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 164 mg NO₃ L⁻¹ gesimuleerd.

Fig 4.1 Stroomgebied Assenede



Fig 4.2 Overzicht van de modelinvoer

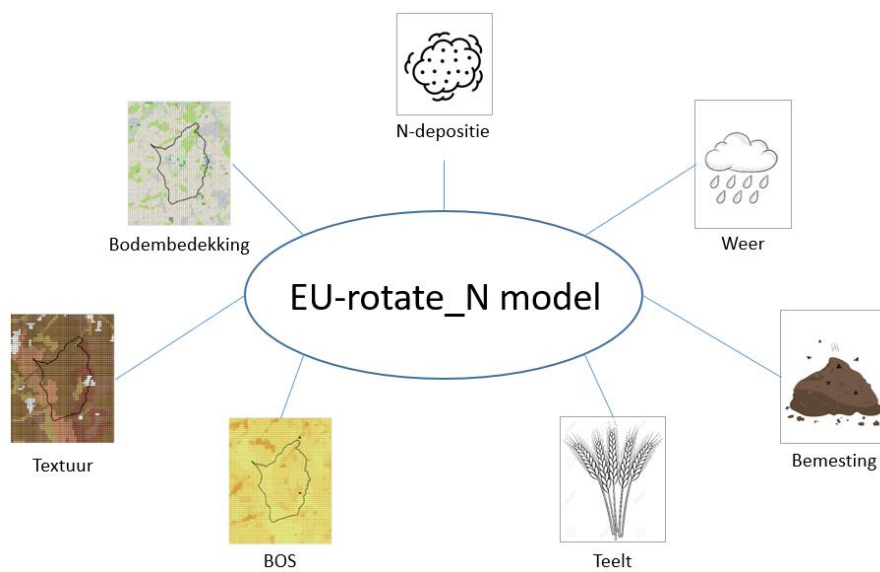


Fig 4.3 Verdeling van de bodembedekking voor het stroomgebied Assenede

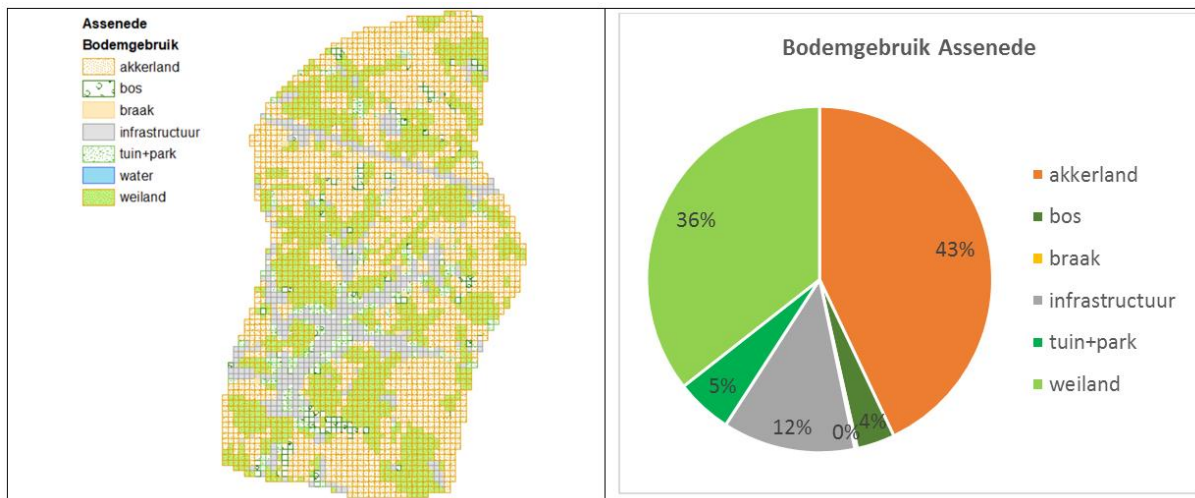


Fig 4.4 Verdeling van het bodemorganische stofgehalte (in g BOS g⁻¹ droge bodem) voor het stroomgebied Peer

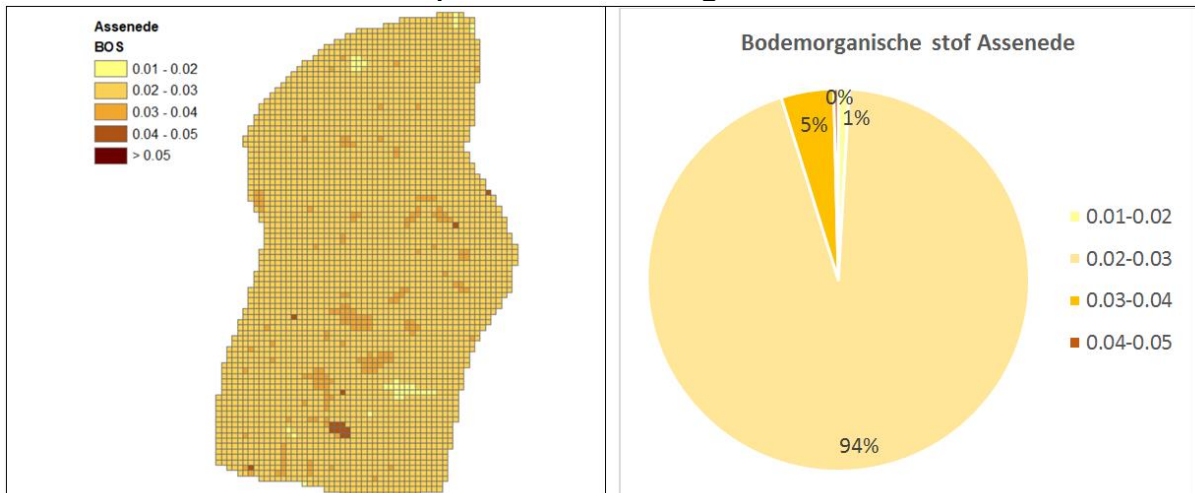


Fig. 4.5 Verdeling van de bodemtextuur voor het stroomgebied Peer

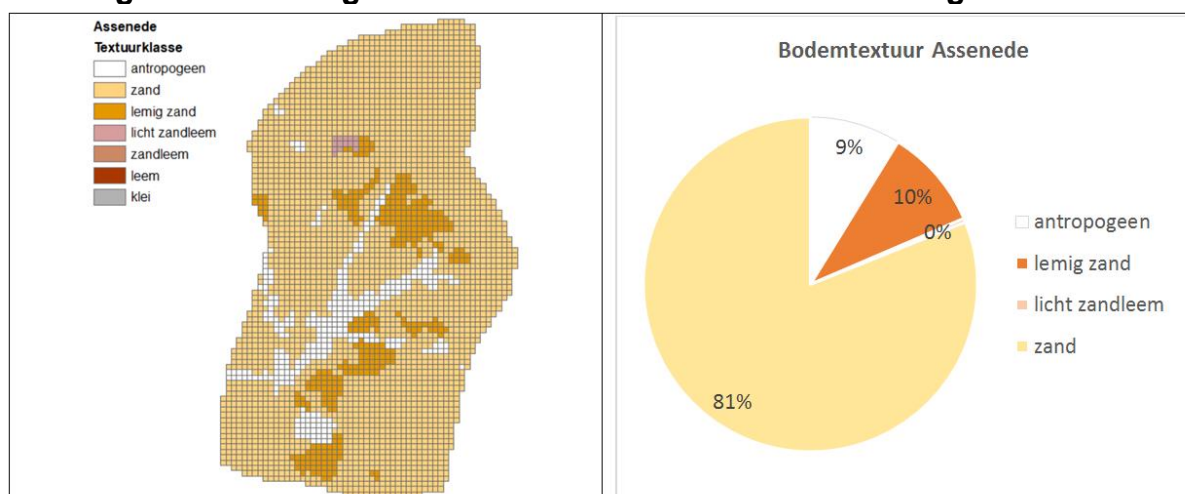


Fig 4.7 Dierlijke mestsoort gesimuleerd voor 2012 in het stroomgebied Assenede

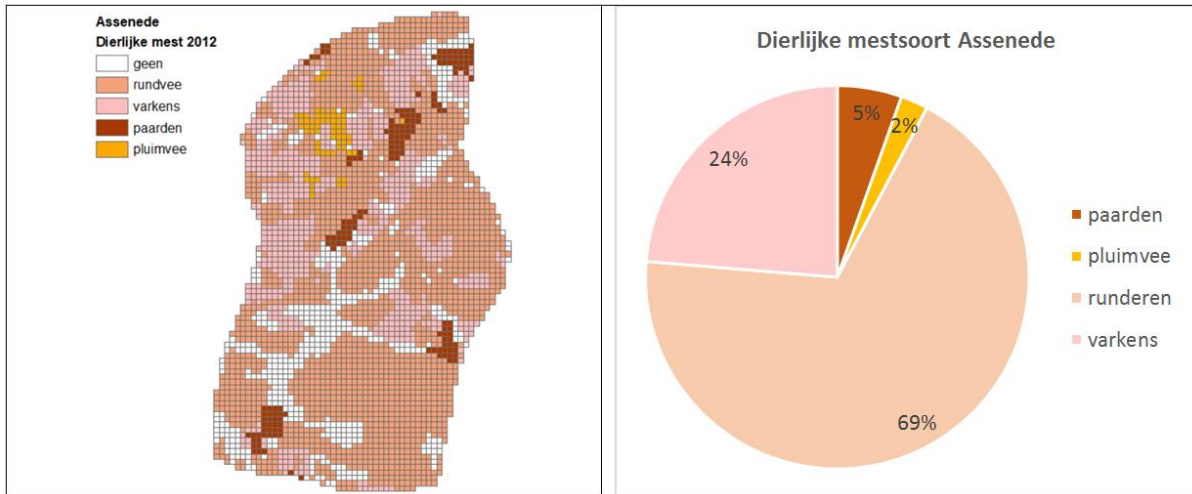


Fig 4.8 Evolutie van de dierlijke N-productie per diersoort per ha landbouwgrond in de regio Assenede

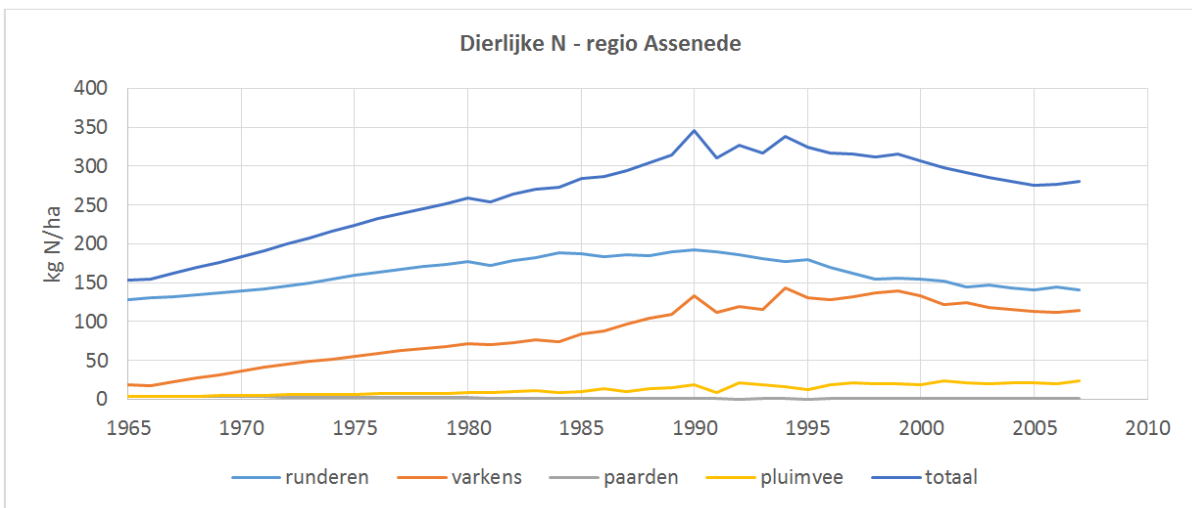


Fig 4.9 Evolutie van de gemiddelde minerale N-bemesting per ha landbouwgrond in België

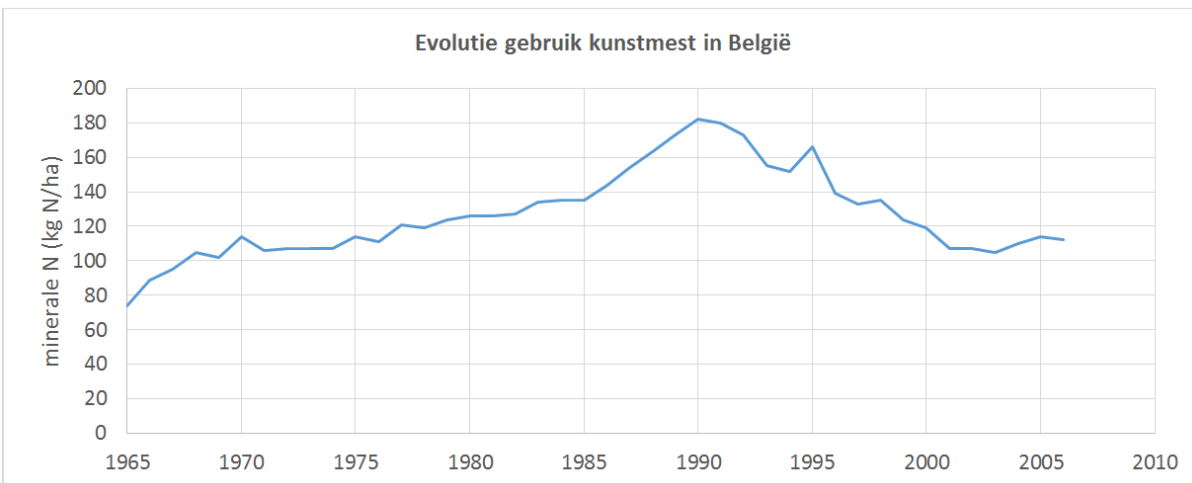


Fig 4.10 Gesimuleerde teelt en nateelt en waterpercolatie, stikstofuitspoeling en nitraatconcentratie in 2013. De cijfers die hier weergegeven worden zijn gegenereerd op basis van simulaties en kunnen niet eenduidig worden toegewezen aan landbouwpercelen omwille van de berekeningswijze

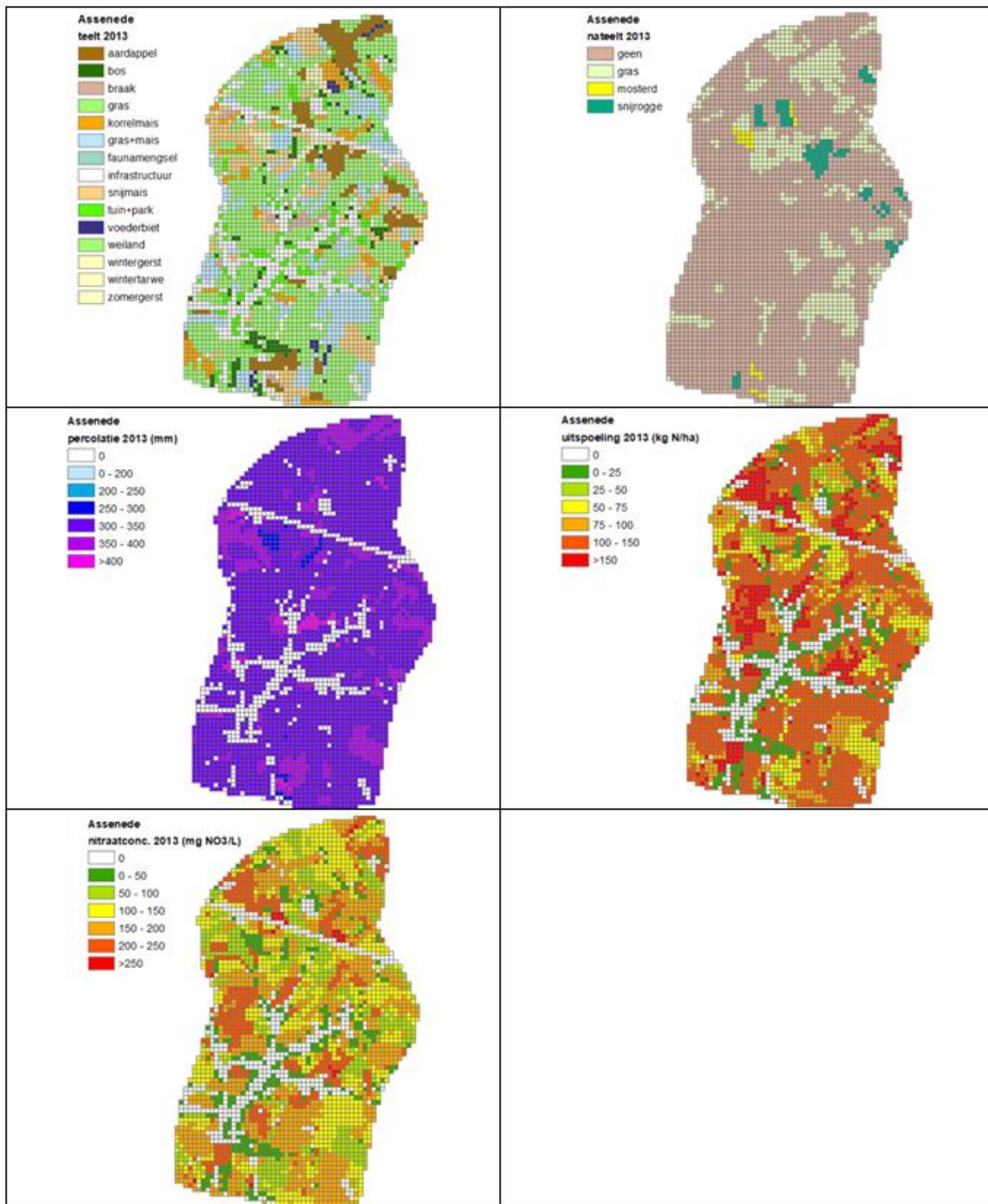


Fig 4.11 Gesimuleerde jaarlijkse stikstofuitspoeling, waterpercolatie en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor het hele stroomgebied

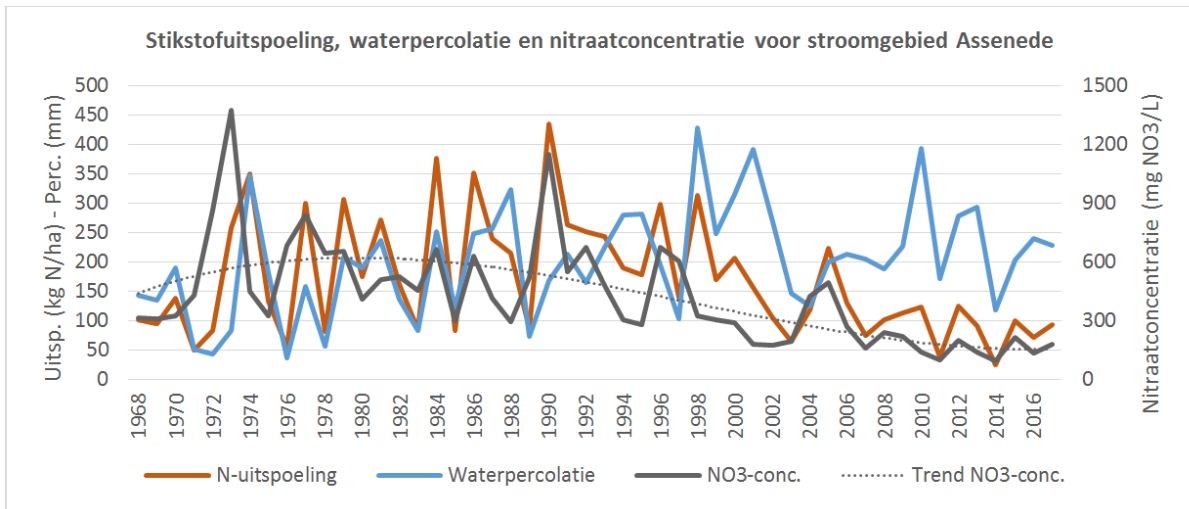


Fig 4.12 Langjarig gemiddelde grondwatervoeding voor Vlaanderen in functie van de bodemtextuur. Verticale balken geven de standaardafwijking weer

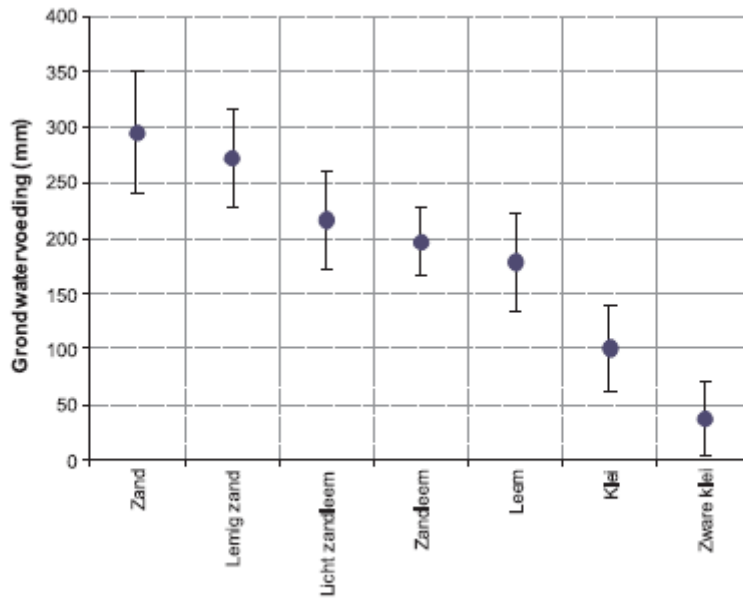


Fig 4.13 Gemiddelde, minimum en maximum voor de jaarlijkse gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie per bodembedekkingstype over de volledige periode (1968-2017). Ook het gemiddelde voor de periode 2007-2017, met 100% implementatie van de bemestingsnorm, is weergegeven

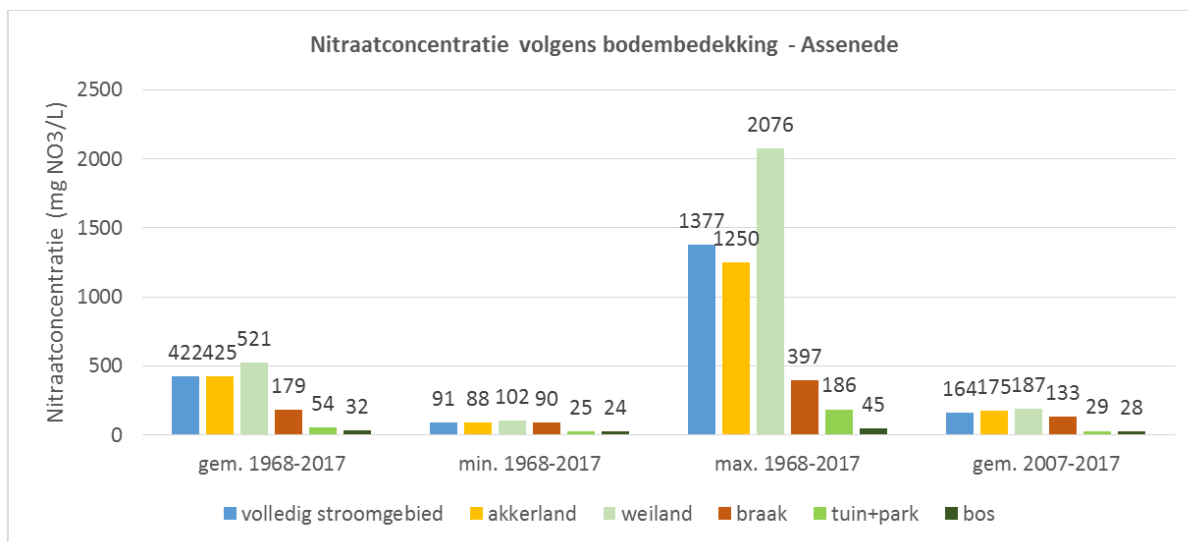


Fig 4.14 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland

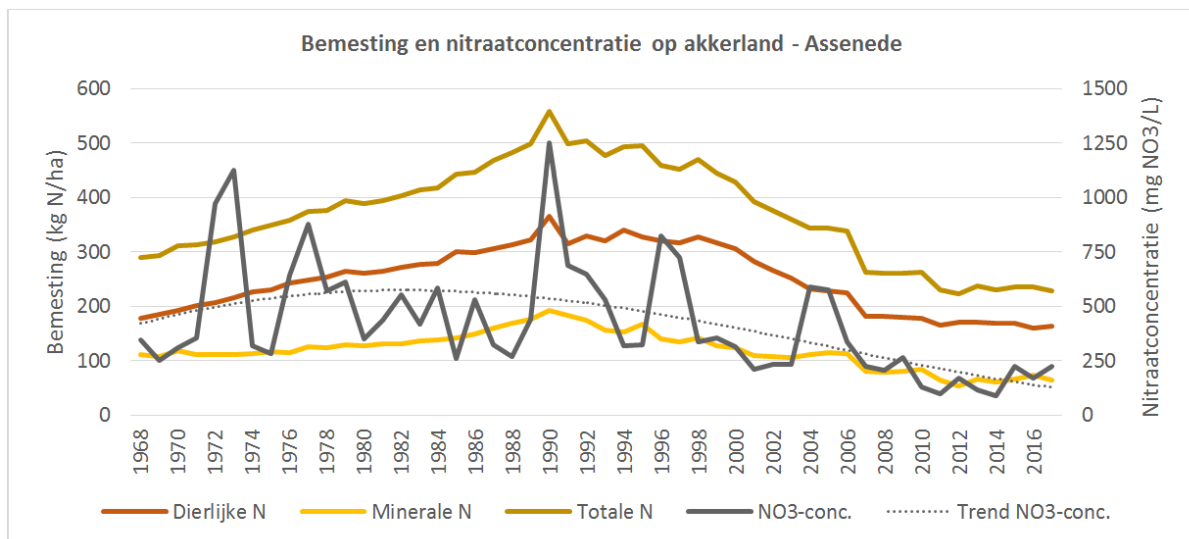


Fig 4.15 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland

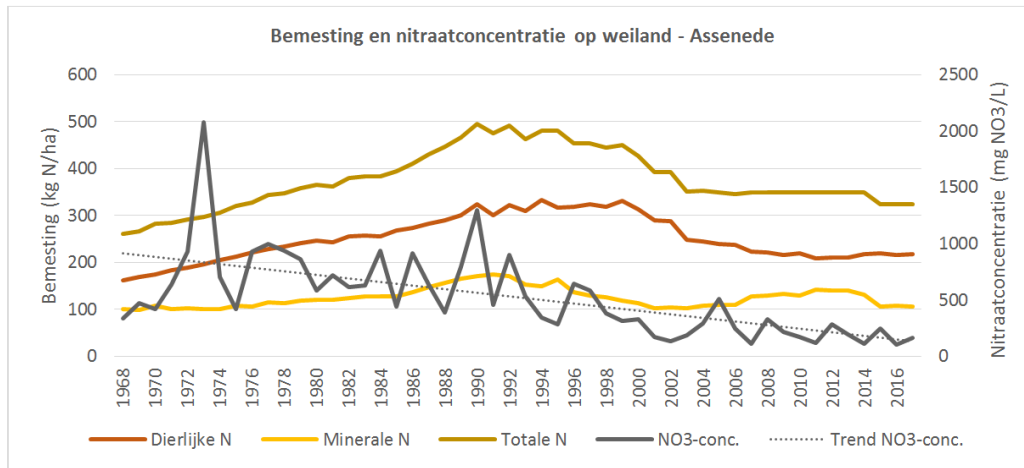


Fig 4.26 Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland

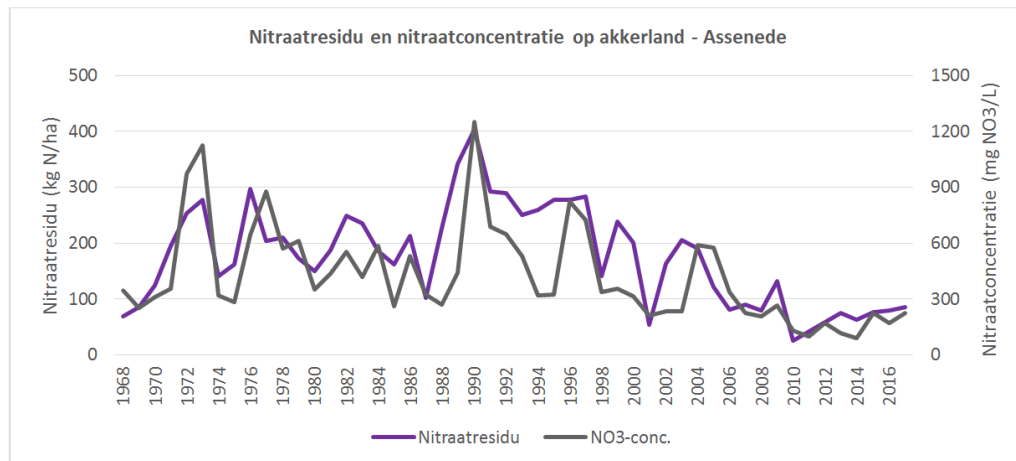


Fig 4.17 Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland

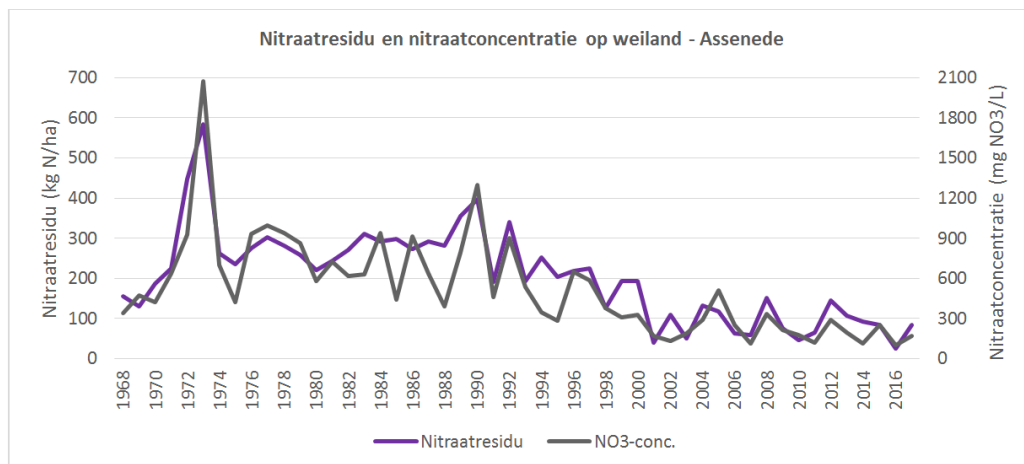


Fig 4.18 Gemeten versus gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)

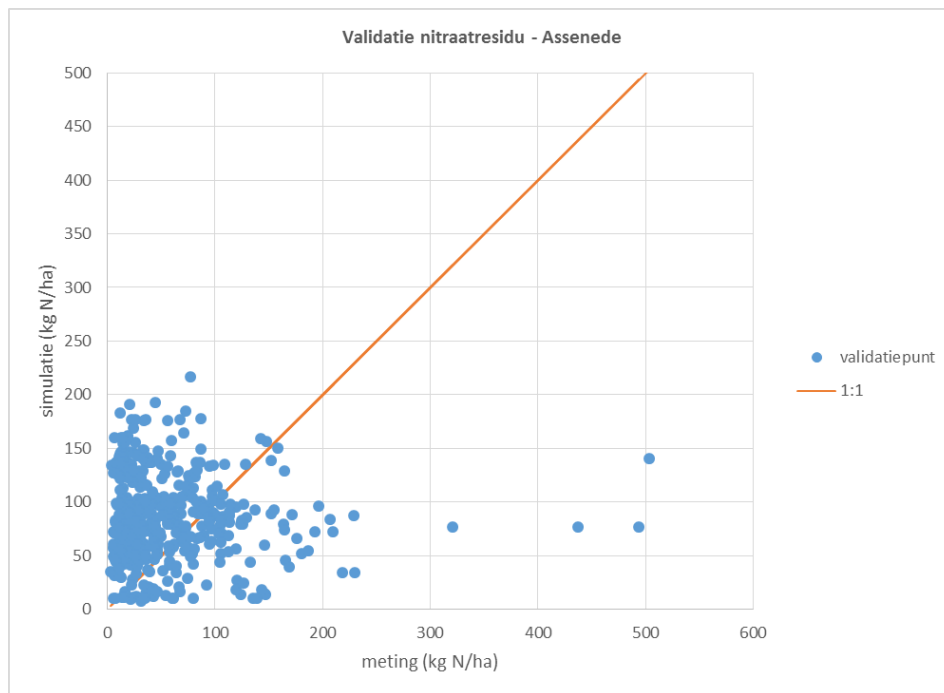
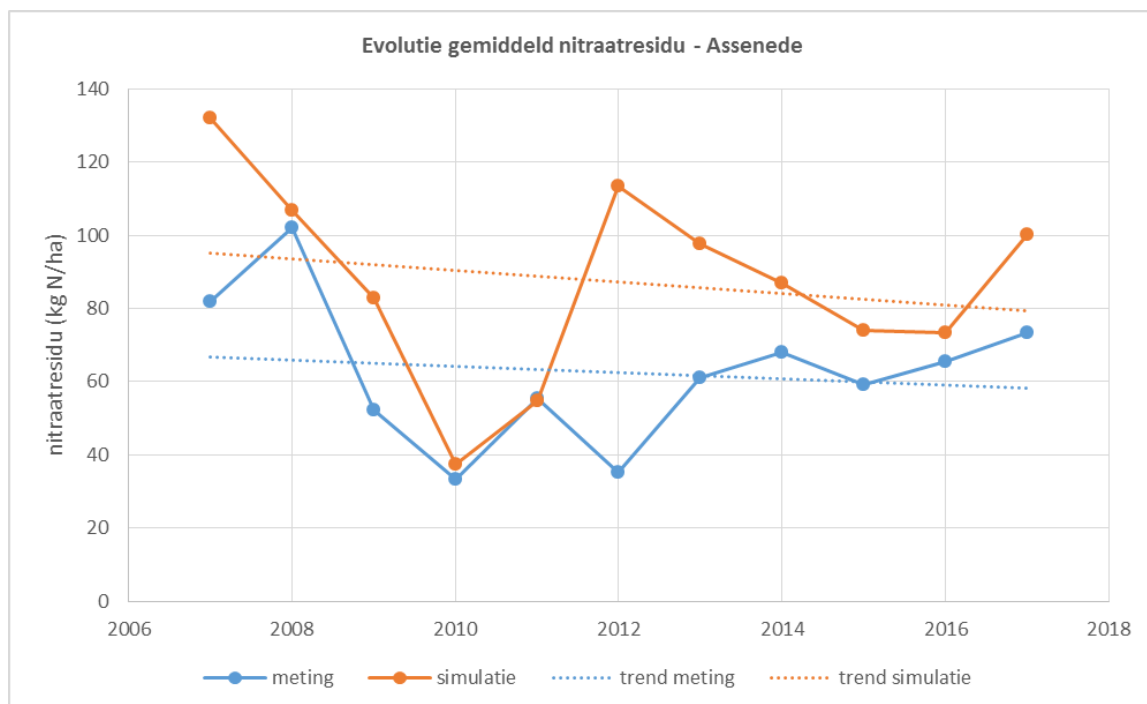


Fig 4.19 Verloop en lineaire trend van het jaarlijks gemiddelde van de gemeten en gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)



5 Toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone

5.1 Modelinvoer

De invoer en gebruik van het model is gebaseerd op het conceptueel model van de stromingssituatie zoals beschreven in hoofdstuk 2. Het conceptueel model werd grafisch voorgesteld in een schematisch profiel (fig 5.1).

Resultaten model onverzadigde zone

Het BFN model van de verzadigde zone loopt over een periode van 50 jaar (1968-2017). Het model van de onverzadigde zone levert jaarlijkse waarden voor de grondwateraanvulling en de nitraatconcentratie in het bodempercolaat in elke gridpunt van een netwerk met een spatiale resolutie van 50 m. Deze ruimtelijke distributie werd geaggregeerd in een spatiaal gemiddelde met jaarwaarden voor de gemiddelde aanvulling per jaar en gemiddeld nitraatgehalte. Deze spatiale gemiddelden werden grafisch voorgesteld d.m.v. kolomgrafieken.

Het grondwateraanvulling (fig 5.2) heeft over de hele periode een gemiddelde van 229 mm/jaar. In de natste jaren kan de aanvulling oplopen tot 400 mm/jaar.

Het berekende nitraatgehalte in het bodempercolaat is voorgesteld in fig 5.3. Opmerkelijk zijn twee jaar met bijzonder hoge concentraties, tot boven de 1000 mg/l, begin jaren 1970 en in 1990. De laatste 10 jaar lag de concentratie meestal tussen 100 en 200 mg/l.

Reistijden en grondwater ouderdom

Enkel de reistijden van het grondwater in de lokale ondiepe stromingssystemen die in het noordelijk deel van de testsite voorkomen zijn van belang. De ouderdom van het nitraatarm dieper grondwater speelt weinig rol. De mediaan reistijd van de ondiepe cycli werd ruw ingeschat op 3 jaar, maar is met de bestaande gegevens niet precies te bepalen. Dan zouden deze lokale cycli eerst nauwkeurig moeten gekarteerd worden. De waarde van 3 jaar werd via "trial and error" met het model bepaald, tot er een goede visuele overeenstemming was tussen de berekende en opgemeten winterpieken.

Fractionerings coëfficiënten en maandelijkse tijdwegingsfactoren

De instroom van dieper opkwellend grondwater wordt gesimuleerd als instroom vanuit drains die gereduceerd water leveren, het dieper grondwater is immers nitraatarm of nitraatvrij. Deze instroom bedraagt 75% van de aanvulling van het grondwaterreservoir. De FR_DRN fractioneringsparameter is dus op 0.75 gesteld. Er wordt hier aangenomen dat de diepe kwel niet, of weinig, seizoensafhankelijk is. Deze diepe grondwateraanvoer blijft immers zomer en winter bestaan, en wordt vooral gedreven door het stijghoogteverschil tussen het zuiden en het noorden van het testgebied. Dit zal in de zomer wel iets kleiner zijn, maar deze kleine afname

wordt hier verwaarloosd. Er is geen drain inflow van geoxideerd water : het diepe grondwater passeert volledig door de reductiezone.

De instroom van het water uit de ondiepe lokale stromingssystemen wordt ingevoerd als de bijdrage van de normale baseflow. Daarvan is 40% afkomstig uit de oxidatiezone, de overblijvende 60% passeert toch door de reductiezone. Het is deze 40% die dan een mediaan reistijd heeft van 3 jaar en een hoog nitraatgehalte bevat. De FR_OX fractioneringsparameter werd dus op 0.40 gesteld. De maandelijkse wegingsfactoren die bepalen hoe intensief de lokale stromingssystemen werken, staan aangegeven in tabel 5.1. In de zomer hebben ze nog 5% van de inflow van de wintermaanden. Deze waarde werd bepaald met het model om in de zomer nog concentraties van enkele mg/l nitraat te verkrijgen.

Tabel 5.1 Maandelijkse wegingsfactoren in het model van de testsite Assenede

maand	Aanvulling (%)	Baseflow wegingsfactor	DRAIN inflow Ondiep water wegingsfactor	DRAIN inflow Diep water wegingsfactor
Jan	25.	1.00	0.00	1.00
Feb	11.	1.00	0.00	1.00
Mar	12.	0.75	0.00	1.00
Apr	10.	0.50	0.00	1.00
Mei	5.	0.20	0.00	1.00
Jun	0.	0.10	0.00	1.00
Jul	0.	0.05	0.00	1.00
Aug	0.	0.05	0.00	1.00
Sep	2.	0.10	0.00	1.00
Oct	9.	0.40	0.00	1.00
Nov	18.	0.50	0.00	1.00
Dec	21.	1.00	0.00	1.00

5.2 Modelresultaten

De berekende concentraties aan het MAP meetpunt voor de hele gesimuleerde periode (1968-2017) zijn voorgesteld in fig 5.4. Tot halweg de jaren 1990 lagen de winterpieken tussen 80 en 100 mg/l.

Bij vergelijking met de MAP meetreeks (fig 5.5), die meetgegevens vanaf 1999 bevat, moet men er rekening mee houden dat tijdens de jaren 2014-2016 er per jaar slechts 3 analyses gebeurd zijn. Daarom geeft de grafiek van de metingen in deze jaren een wat vertekend beeld. Op de grafiek is goed te herkennen dat het model zowel de lage zomerwaarden als de hoge winterpieken goed reproduceert.

Fig 5.1 Conceptueel model van de grondwaterstroming in de testsite Assenede

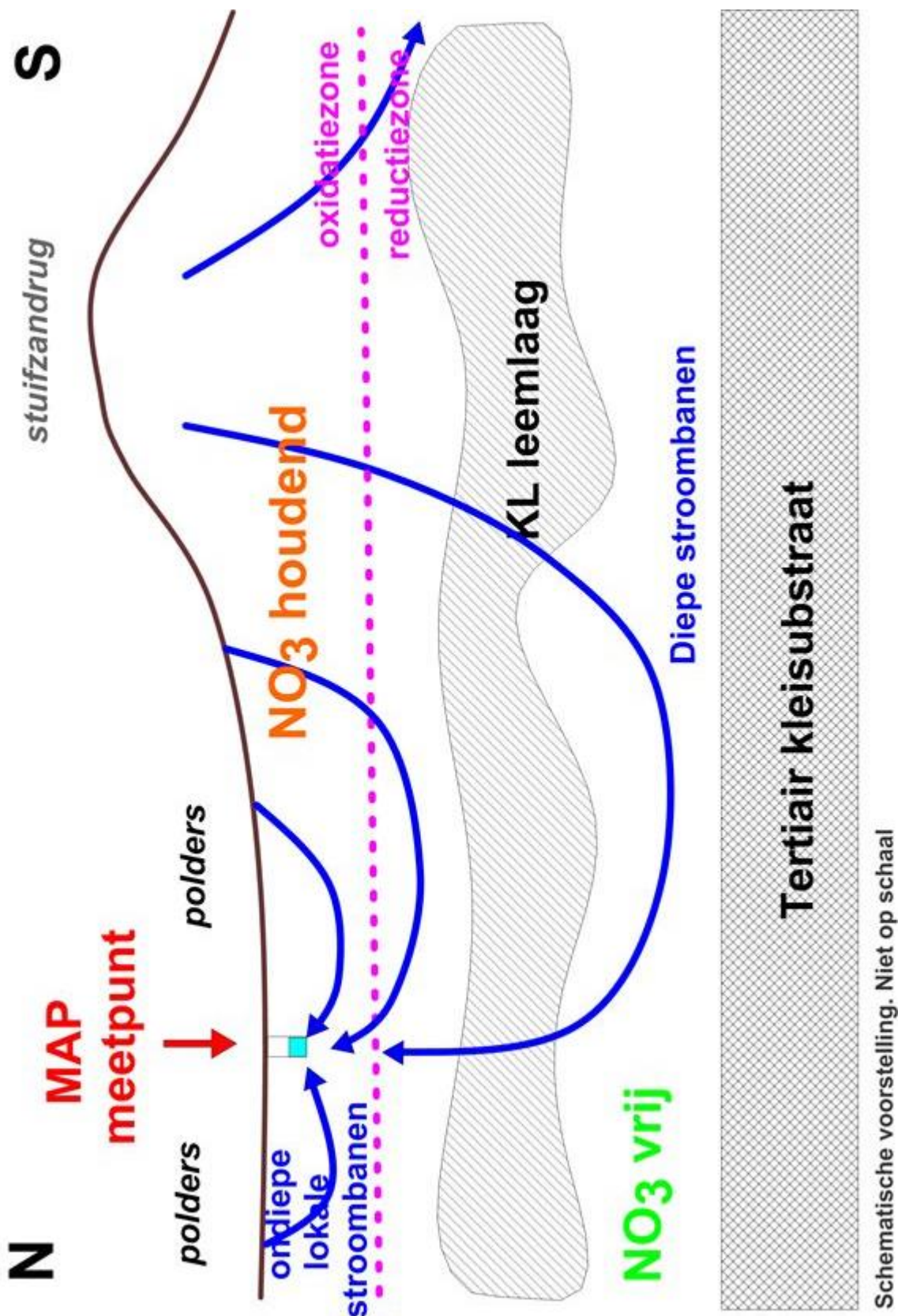


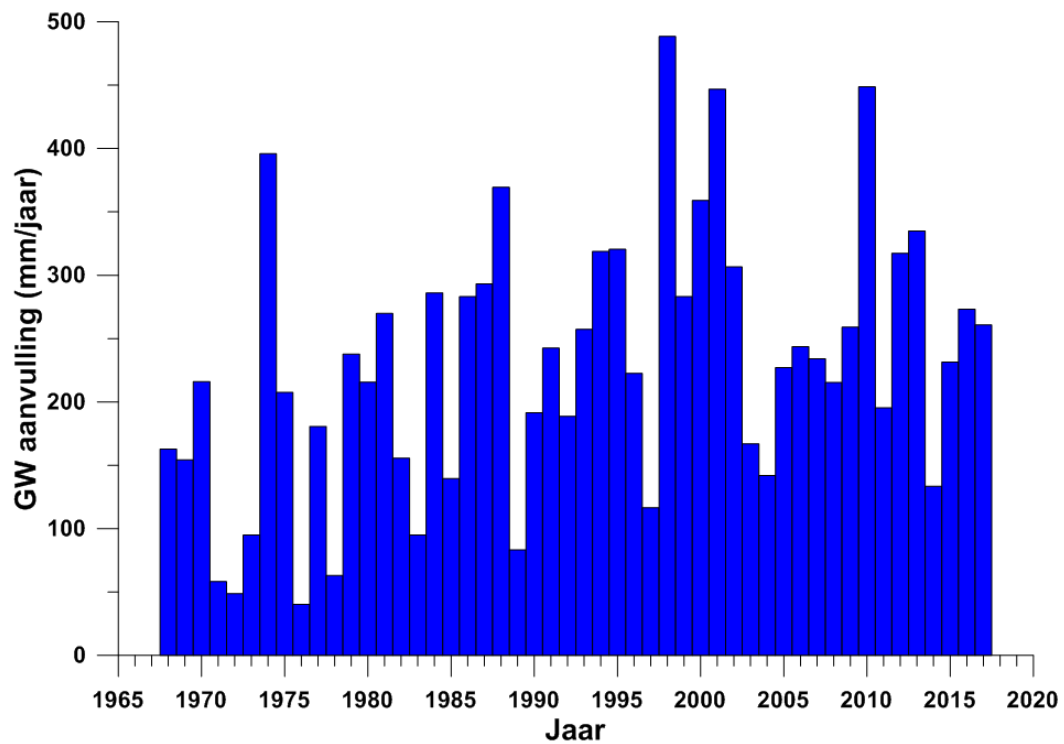
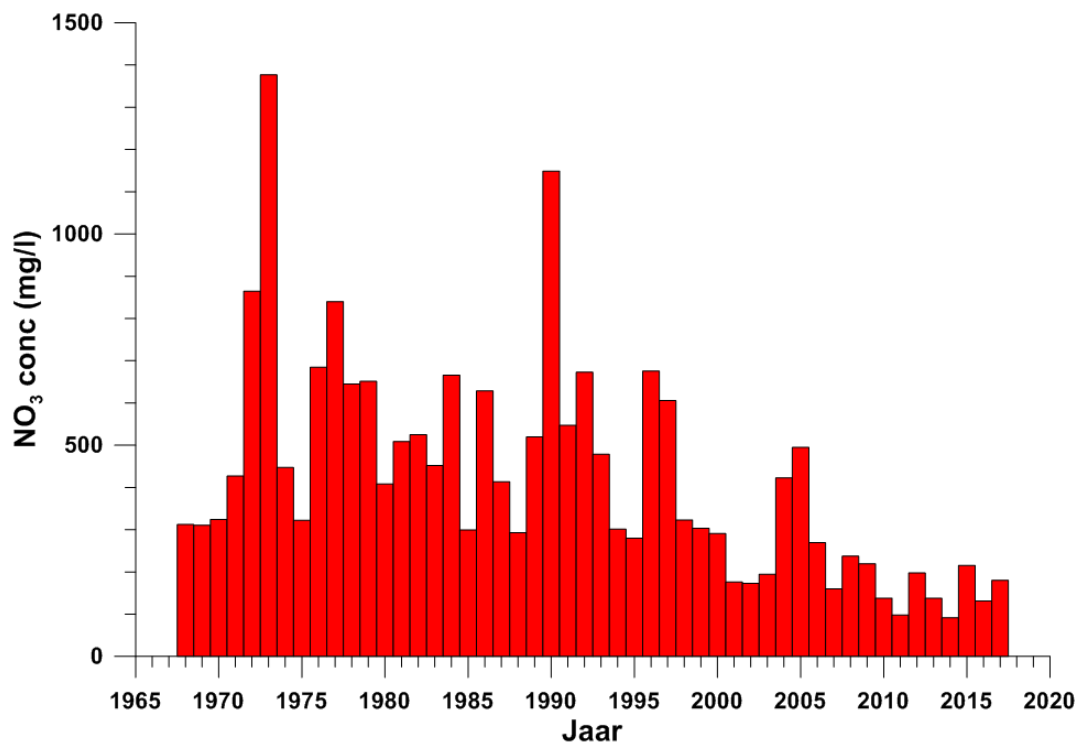
Fig 5.2 Grondwateraanvulling (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone**Fig 5.3 Nitraatconcentratie in het bodemperkolaat (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone**

Fig 5.4 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Assenede (1968-2017)

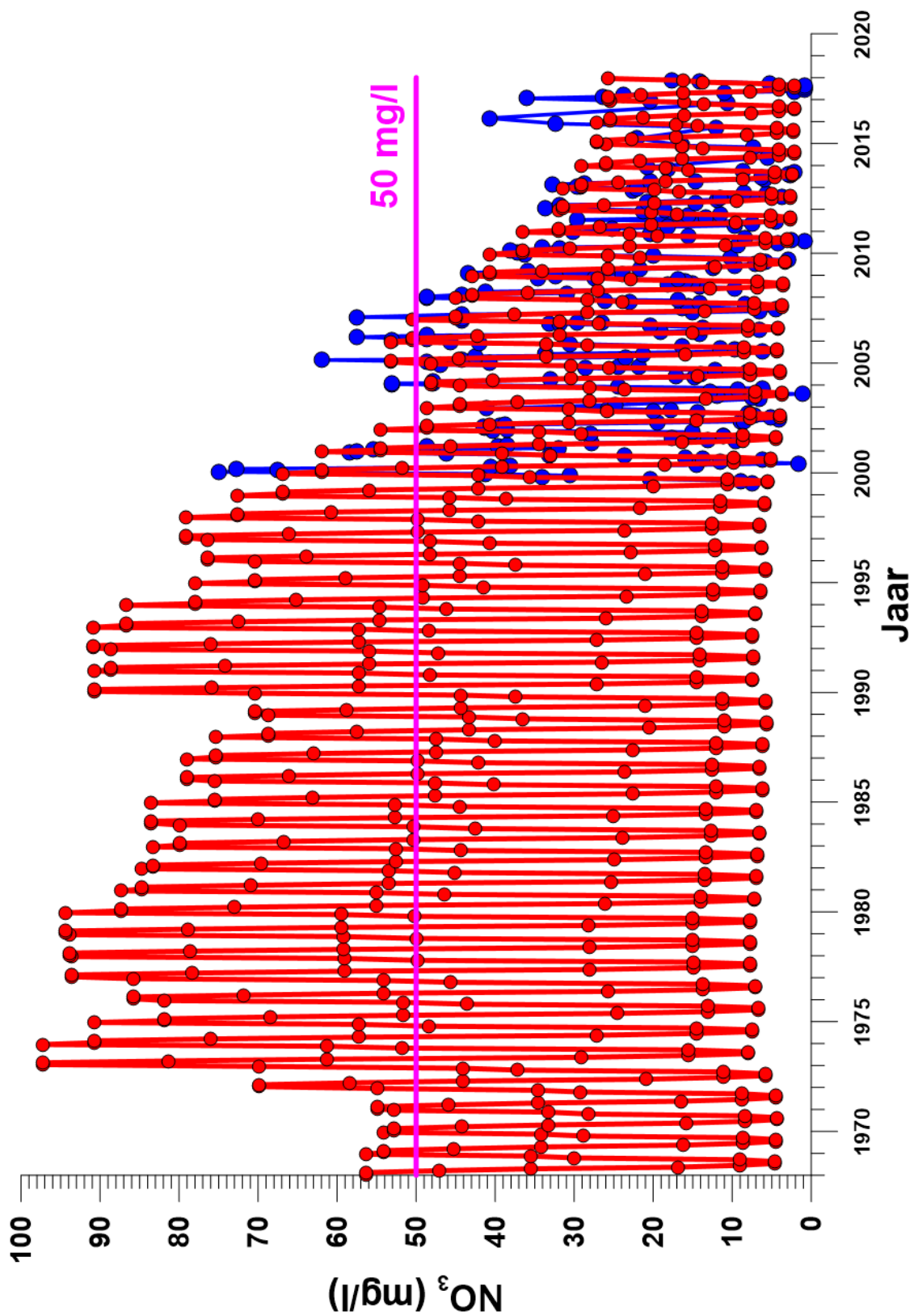
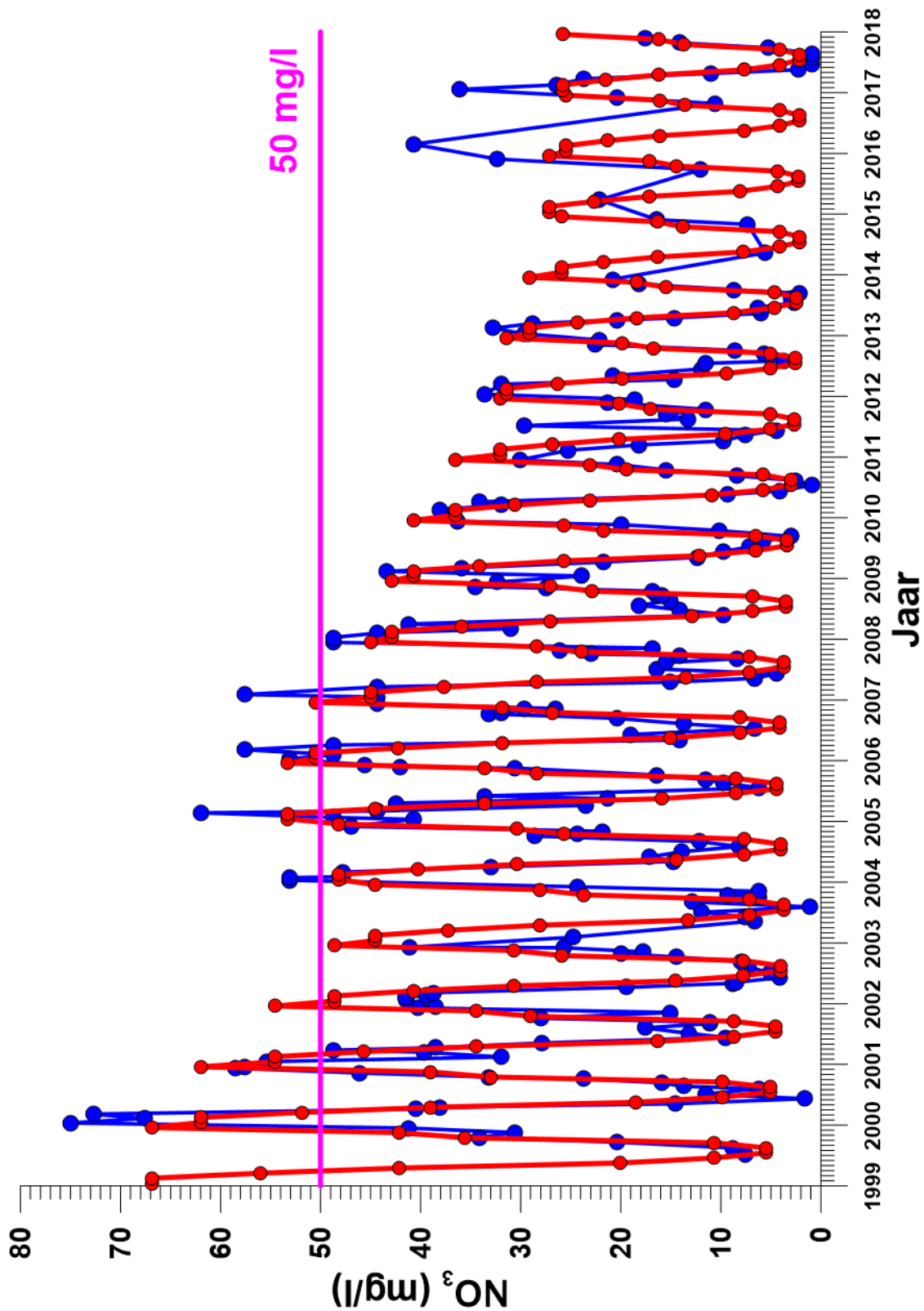


Fig 5.5 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Assenede (1999-2017)



6 Synthese en conclusies

De testsite Assenede is gekozen als een site waar geen nitraatprobleem voorkomt, in de zin dat er de laatste 10 jaar geen overschrijdingen van de 50 mg/l norm meer werden vastgesteld. De site bestaat uit het afstroomgebied van de Oosteeklose Beek (ook Moerbeek genoemd) stroomopwaarts het MAP meetpunt 19000. De testsite is ongeveer 4 km lang (in noord-zuid richting) en 2 km breed (in west-oost richting). De zuidgrens ligt op het hoogste punt van de stuifzandrug van Maldegem naar Stekene, 8 tot 9 m TAW: deze vormt een waterscheidingskam. Vanaf het zuiden daalt de topografie: aan de noordgrens ligt het maaiveld nog op 5 tot 6 m TAW. Naast de Moerbeek komen enkele naamloze zijgrachten voor binnen het gebied. In het zuiden vallen de sloten in de zomer volledig droog en verliezen tijdelijk hun afvoerfunctie. In het noordelijk deel blijven de grachten ook in de zomer water afvoeren, zoals kon vastgesteld worden na het zeer droge voorjaar van 2018.

De ondergrond bestaat bovenaan uit de Quartaire opvulling van de Vlaamse Vallei. Het onderliggend tertiair substraat bestaat uit de Formatie van Maldegem en heeft dus een overwegend kleiïge lithologie. De top ervan ligt tussen -10 en -22 m TAW en daalt naar het noorden en het westen. Met een topografie die tussen ca +5 en +8 ligt, bedraagt de dikte van het Quartair dek dus tussen ca 20 en 30 m.

De grondwaterstroming volgt de algemene topografie en loopt van zuid naar noord. Het zuiden van het gebied, de noordflank van de stuifzandrug, is een infiltratiegebied. Maar in het lagerliggende noordelijk deel wordt een deel van het grondwater dat vanuit het zuiden komt toegestroomd via opwaartse kwel afgevoerd door de aanwezig sloten en beken. Dat is ook de reden dat deze jaar rond water afvoeren. De grondwaterstroming is het noordelijk deel varieert seizoenaal. In de zomer, wanneer er (bijna) geen voeding van de watertafel gebeurt, wordt vooral opwellend dieper grondwater afgevoerd. In de wintermaanden, wanneer de watertafel stijgt, ontstaan kleinere lokale stromingssystemen die ondiep grondwater wegdraineren naar de beek. Daar wordt dit ondiep grondwater gemengd met het dieper opwellend water dat ook in de winterperiode blijft aangevoerd worden.

Het nitraatgehalte aan het MAP meetpunt vertoont een sterke seizoenaliteit met zeer lage zomerwaarden, vaak niet meer dan enkele mg/l, maar hogere wintergehalten. Voor 2010 kwamen tijdens de winter soms overschrijdingen van het 50 mg/l criterium voor, maar niet elke jaar. Sinds 2010 werden geen overschrijdingen meer vastgesteld en liggen de winterpieken gemiddeld tussen 30 en 40 mg/l.

Op deze site werden geen peilbuizen geïnstalleerd, maar werden in juni 2018, na een lange droge periode, op drie plaatsen watermonsters genomen in de waterlopen. Op dat moment bestond het afgevoerd water uitsluitend uit baseflow en dus weggedraineerd grondwater. De nitraatgehalten waren zeer laag en het water bevatte weinig ijzer. Het betreft grondwater dat via een lange diepe cyclus, passerend doorheen het dieper deel van het Quartair dek, naar het noorden stroomt en daar opwelt. Dit water passeert door de reductiezone en is nitraat- en ijzerarm. De electrondonor bij de nitraatreductie is organisch materiaal dat in de quartaire sedimenten voorkomt.

Het stroomgebied Assenede bestaat grotendeels uit zand- en lemig zandbodems en wordt voornamelijk gekarakteriseerd door landbouw (overwegend grasland en maïs). De historische bemestingsdruk is er eerder hoog t.o.v. de andere stroomgebieden. Een validatie op basis van gemeten nitraatresiduen toont aan dat het gesimuleerde nitraatresidu voor enkele jaren werd overschat. De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water op een diepte van 90 cm bedraagt 422 mg NO₃ L⁻¹ voor de periode 1968-2017. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 164 mg NO₃ L⁻¹ gesimuleerd.

Vertrekkende van de resultaten van het model van de onverzadigde zone werd met het model van de verzadigde zone de evolutie van het nitraatgehalte aan het MAP meetpunt gesimuleerd. Voor de meetperiode van het MAP meetpunt (vanaf 1999) worden de waargenomen zomerminima en winterpieken goed gereproduceerd.

REFERENTIES

Walraevens K., Eppinger R., Van Camp M., De Smet D. (2002). Onderzoek naar de verspreiding van nitraat in het grondwater in Vlaanderen. Onderzoek i.o.v. AMINAL, Afdeling Water. Universiteit Gent, Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie (TGO 99/18).