



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 7

Lubbeek

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 Lubbeek en het MAP meetpunt 408725
- Fig 2.2 Topografie en hydrografie in de testsite Lubbeek
- Fig 2.3 Dikte van de quataire bedekking (in m)
- Fig 2.4 Geologische kaart van de testsite Lubbeek en omgeving
- Fig 2.5 Ligging van het MAP meetpunt in de Kwaderschuurstraat
- Fig 2.6 Foto van de plaats van het MAP meetpunt in de Kwaderschuurstraat
- Fig 2.7 Evolutie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt van de testsite Lubbeek
- Fig 2.8 Gemiddelde seizoenale fluctuatie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Lubbeek
- Fig 2.9 Maandgemiddelden van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Lubbeek
- Fig 3.1 Ligging van de 5 geïnstalleerde peilbuizen in testsite Lubbeek
- Fig 3.2 Kleurverschil tussen de geoxideerde en gereduceerde sedimenten
- Fig 3.3 Roestsporen in de bovenste geoxideerde laag
- Fig 3.4 Nitraat en ijzergehalten in de grondwatermonsters van de testsite Lubbeek
- Fig 3.5 Nitraat en bicarbonaatgehalten in de grondwatermonsters van de testsite Lubbeek
- Fig 4.1 Stroomgebied Lubbeek
- Fig 4.2 Overzicht van de modelinvoer
- Fig 4.3 Verdeling van de bodembedekking voor het stroomgebied Lubbeek
- Fig 4.4 Verdeling van het bodemorganische stofgehalte (in g BOS g-1 droge bodem) voor het stroomgebied Lubbeek
- Fig 4.5 Verdeling van de bodemtextuur voor het stroomgebied Lubbeek
- Fig 4.6 Verdeling van de teelten voor de periode 1998-2017 in het stroomgebied Lubbeek
- Fig 4.7 Dierlijke mestsoort gesimuleerd voor 2012 in het stroomgebied Lubbeek
- Fig 4.8 Evolutie van de dierlijke N-productie per diersoort per ha landbouwgrond in de regio Lubbeek
- Fig 4.9 Evolutie van de gemiddelde minerale N-bemesting per ha landbouwgrond in België
- Fig 4.10 Gesimuleerde teelt en nateelt in 2012 en 2013 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 Grondwateraanvulling (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone
- Fig 5.2 Nitraatconcentratie in het bodemperkolaat (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone
- Fig 5.3 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Asse (1968-2017)
- Fig 5.4 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Asse (vanaf 1999)

LIJST DER TABELLEN

Tabel 3.1 Coördinaten en diepte van de peilbuizen in de testsite Lubbeek

Tabel 3.2 Geselecteerde chemische parameters tijdens de eerste monsternamecampagne in de testsite Lubbeek

Tabel 3.3 Geselecteerde chemische parameters tijdens de tweede monsternamecampagne in de testsite Lubbeek

Tabel 3.4 Resultaten grondwateranalyses in de testsite Lubbeek

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).

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 "Lubbeek", de zevende 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 Overijse.

2 Beschrijving van het studiegebied

2.1 Ligging en perimeter

Deze testsite betreft het afstroomgebied van het MAP meetpunt 408725 op de Gellenbergbeek/Vloedgracht in de Kwadeschuurstraat in Lubbeek (fig 2.1). Het testgebied omvat ook deel stroomopwaarts van de bron van de Gellenbergbeek. De zuidgrens valt samen met het hoogste punt van de topografische kam die ten zuiden van de beek voorkomt. Deze kam ligt ca 800 m ten zuiden van de bron.

2.2 Topografie en hydrografie

Het testgebied is een NW-SE gerichte vallei die in de noodflank van een Diestiaanheuvel is ingesneden (fig 2.2) . De top van deze heuvel bevindt op meer dan 100 m hoogte ten zuiden van het testgebied: de top loopt ter hoogte van de Bollenbergstraat en noemt eveneens Bollenberg. Ten zuiden van de Bollebergstraat daalt de topografie snel via een steile helling. De oostelijke flank van de Gellenbergvallei is steiler dan de westflank. Aan het MAP meetpunt bedraagt de hoogte ca +58 m TAW, oplopend naar de bron op ca +85 m TAW. Er is dus een hoogteverschil van ca 27 m over een afstand van ongeveer 800 m. Het verval van de beek is ca 3.3%.

Vanaf het MAP meetpunt bevindt de bron van de Gellenberg zich ongeveer een kilometer zuidwaarts. De plaats wordt de "Kwade Schuur" genoemd, de straat is hiernaar genoemd. Langsheen het brongebied loopt een wandelpad dat de Kwadeschuurstraat in het zuiden verbindt met de Paashofweg in het noorden. Hier bevinden zich enkele woningen waarvan het afvalwater in de Gellenbergbeek geloosd wordt.

Langsheen het tracé van de Gellenbergbeek worden op verschillende plaatsen bronnetjes aangetroffen waarvan het water rechtstreeks in de beek terecht komt. Deze lijken gevoed te worden door grondwater dat vooral uit de oostflank van de heuvel komt uitgevloeid.

2.3 Geologie

De geologische opbouw binnen het testgebied is vrij eenvoudig ondanks de relatief grote hoogteverschillen op een beperkte afstand. De quartaire bedekking is dun (fig 2.3), meestal is de dikte slechts ongeveer een meter, en bestaat uit eolische dekzanden. Tijdens het plaatsen van de peilbuizen werd wel vastgesteld dat het quartair dek in de beekvallei zelf sterk leemhoudend was. De eolische zanden zullen eerder voorkomen op de heuveltoppen en flanken.

Het substraat bestaat uit de Formatie van Boom (fig 2.4), die uit compact klei bestaat. De heuvels die de vallei omringen bestaat uit de Formatie van Diest, die door op de Formatie van Boom rusten. De lagen die zich onder de Formatie van Boom bevinden zijn van geen belang voor de nitraatproblematiek van het MAP meetpunt.

De lithologie van de Formaties die binnen het testgebied voorkomen zijn volgens het DOV portaal:

Formatie van Diest:

Groen tot bruin zand, heterogeen, meerdere grindlagen, (ijzer)zandsteenbanken, kleirijke horizonten, schuine gelaagdheid, glauconietrijk, micarrijke horizonten.

Formatie van Boom:

Blauwgrijze tot bruinzwarte klei, zandhoudend, afgewisseld dunne lagen silt, septaria-horizonten.

2.4 Hydrogeologie en hydrostratigrafie

De hydrogeologisch/hydrostratigrafische opbouw kan afgeleid worden uit de geologische kaart (fig 2.4).

De beekvallei ligt tussen heuvels die bestaan uit het zand van Diest (Formatie van Diest). Onder het "Diestiaan" vormt de "Klei van Boom" (Formatie van Boom) een kleisubstraat. De beekvallei is ingesneden tot op het kleisubstraat: dat is aanwezig onder het quartair dek dat hier vooral uit een leemhoudend facies bestaat. Tijdens het boren van PB1 werd de Klei van Boom aangeboord op een diepte van 3 m. Vermits de top van de heuvels rond peil +90 ligt, dat is ca 30 m hoger dan het MAP meetpunt, is de dikte van de Formatie van Diest aanzienlijk in deze heuvels.

In de beekvallei zelf zitten er boven het kleisubstraat geen goed doorlatende afzettingen, enkel weinig doorlatend lemig materiaal. Dat is de reden dat langsheen de beek in de vallei talrijke bronnetjes in de vorm van poelen en plassen worden aangetroffen.

2.5 Grondwaterstroming

De beekvallei is diep ingesneden tussen de Diestiaanheuvels, en draineert daardoor het grondwater vanuit de omringende heuvels weg. Hoewel de quartaire opvulling van de beekvallei weinig doorlatend is, is het stroomdebiet van deze beek, ondanks de beperkte lengte van zijn tracé, toch vrij groot. Dit werd ook tijdens het veldbezoek vastgesteld. Misschien wijst dit continue en hoge debiet wel op de aanvoer van grondwater via meer doorlatende, ondergrondse en daardoor niet zichtbare zones die lokaal voor grotere instroomfluxen zorgen, zgn. "preferentiële flowpaths". Dit zijn uitgespoelde stroombanen waarlangs wel grote hoeveelheden water kunnen stromen.

2.6 MAP meetpunt

Het MAP meetpunt bevindt zich langs de Kwadeschuurstraat waaronder de beek met een duiker passeert (fig 2.5 en 2.6). De beek is langsheen de straat verbuisd en vervolgt zijn loop een 30 m westwaarts naar het noorden.

2.6.1 Voorstellingswijze van de meetgegevens

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):

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 seizoens schommeling weer die toont in welk seizoen de hoogste waarden voorkomen.

Grafiek 3 (fig 2.9):

De echte seizoens 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 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.

De grafiek van de evolutie van het nitraatgehalte (fig 2.7) toont sterk wisselende waarden, maar waarbij er bijna elk jaar wel één of enkele overschrijdingen van de 50 mg/l norm voorkomen. Elk jaar komen ook

De grafiek van de seizoenaliteit (fig 2.8) toont dat de overschrijdingen steeds in de zomermaanden gebeuren wanneer het beekwater vooral uit grondwaterafvoer bestaat. De gemiddelde concentratie ligt in de zomer dicht tegen de 50 mg/l. In de wintermaanden zijn er bijna nooit overschrijdingen. Het gemiddelde ligt dan rond de 30 mg/l.

De maandgemiddelden (fig 2.9) tonen dat de mediaan waarden in mei, juli en september boven de 50 mg/l ligt. In de tussenliggende maanden juni en juli liggen ze iets lager en vallen dan onder de 50 mg/l. In oktober zakt de concentratie snel : tussen oktober en februari ligt de mediaanwaarde onder de 40 mg/l.

Fig 2.1 Ligging van de testsite Lubbeek en het MAP meetpunt 408725

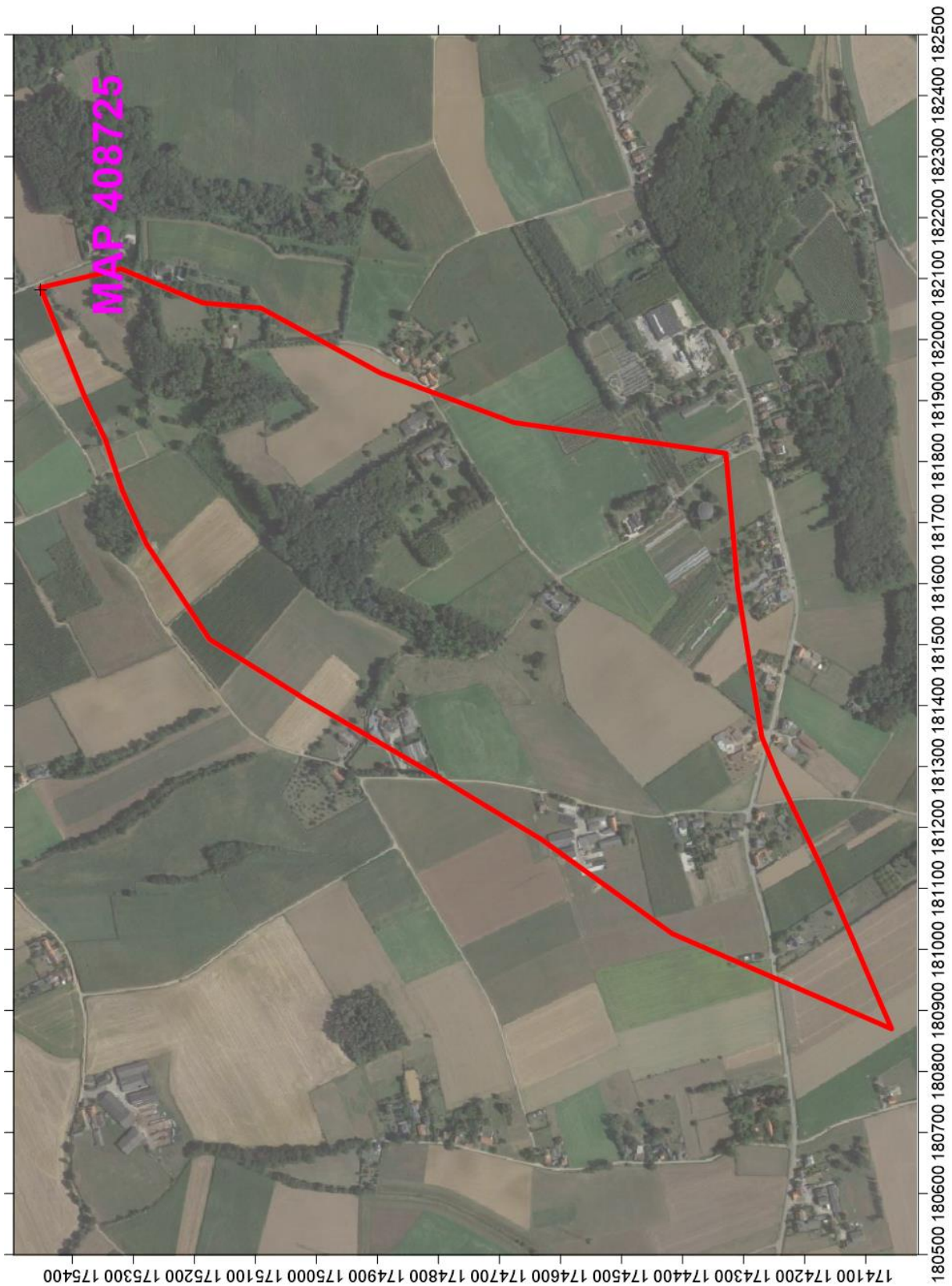


Fig 2.2 Topografie en hydrografie in de testsite Lubbeek

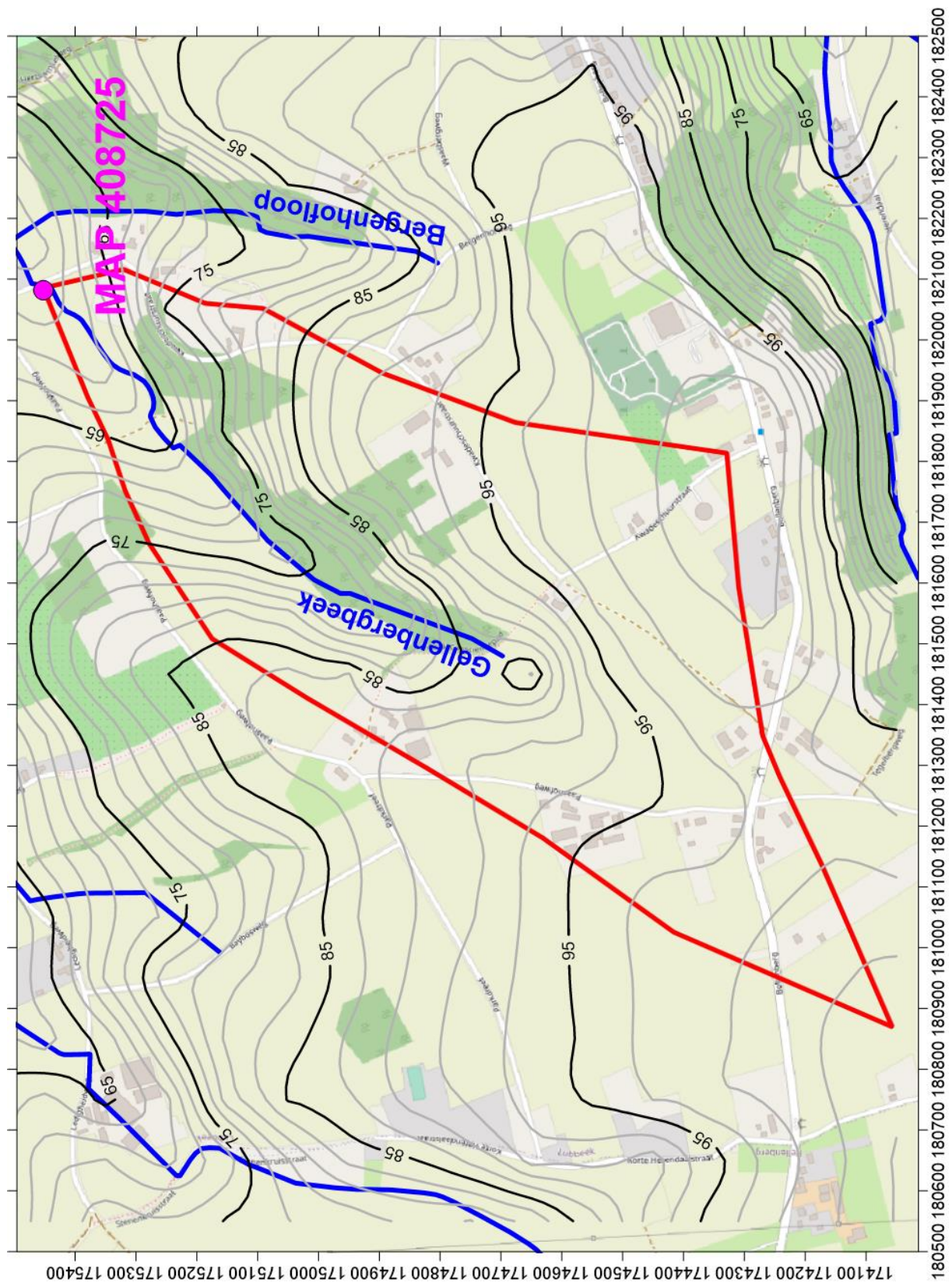


Fig 2.3 Dikte van de quartaire bedekking (in m)

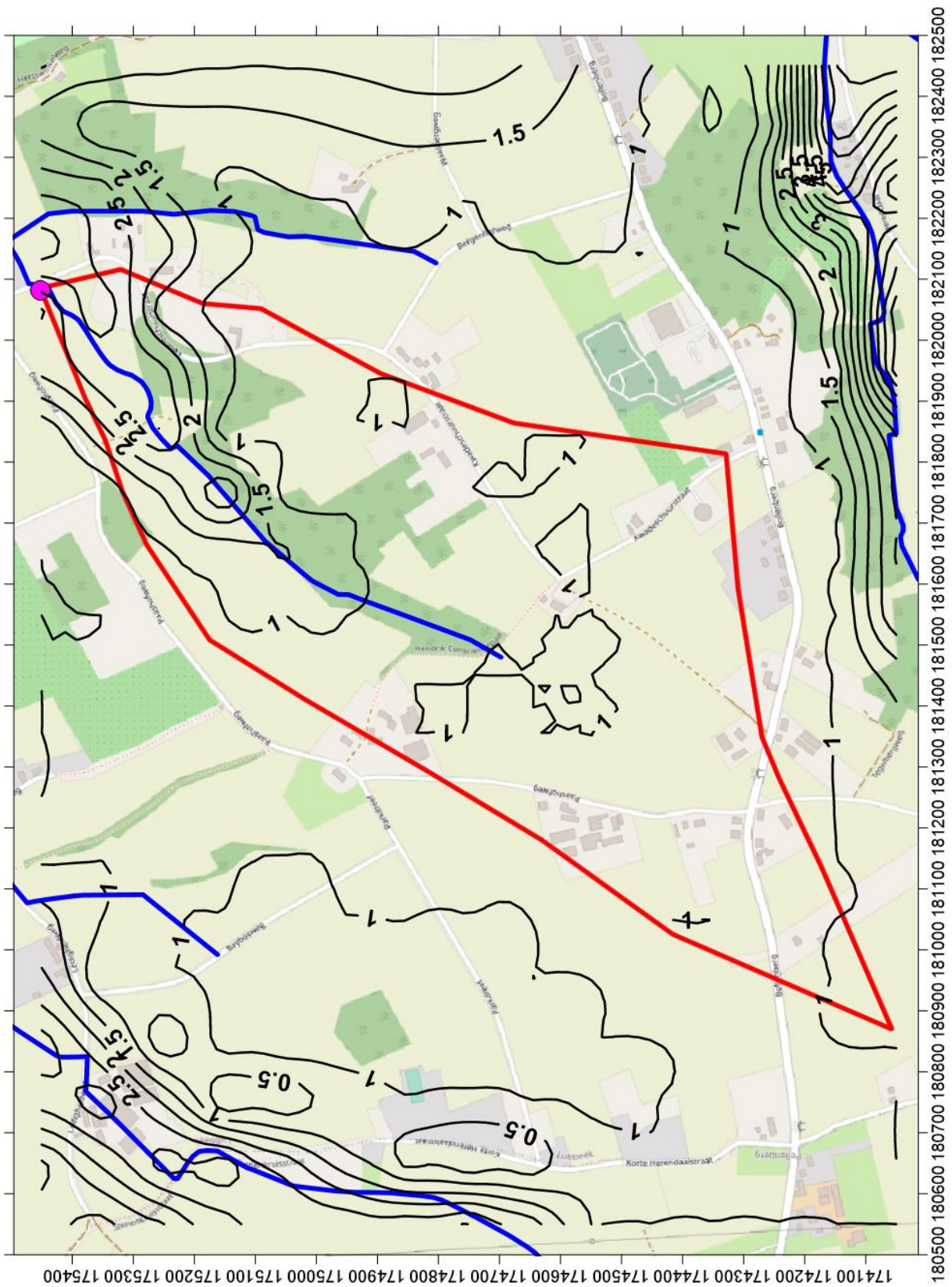


Fig 2.4 Geologische kaart van de testsite Lubbeek en omgeving

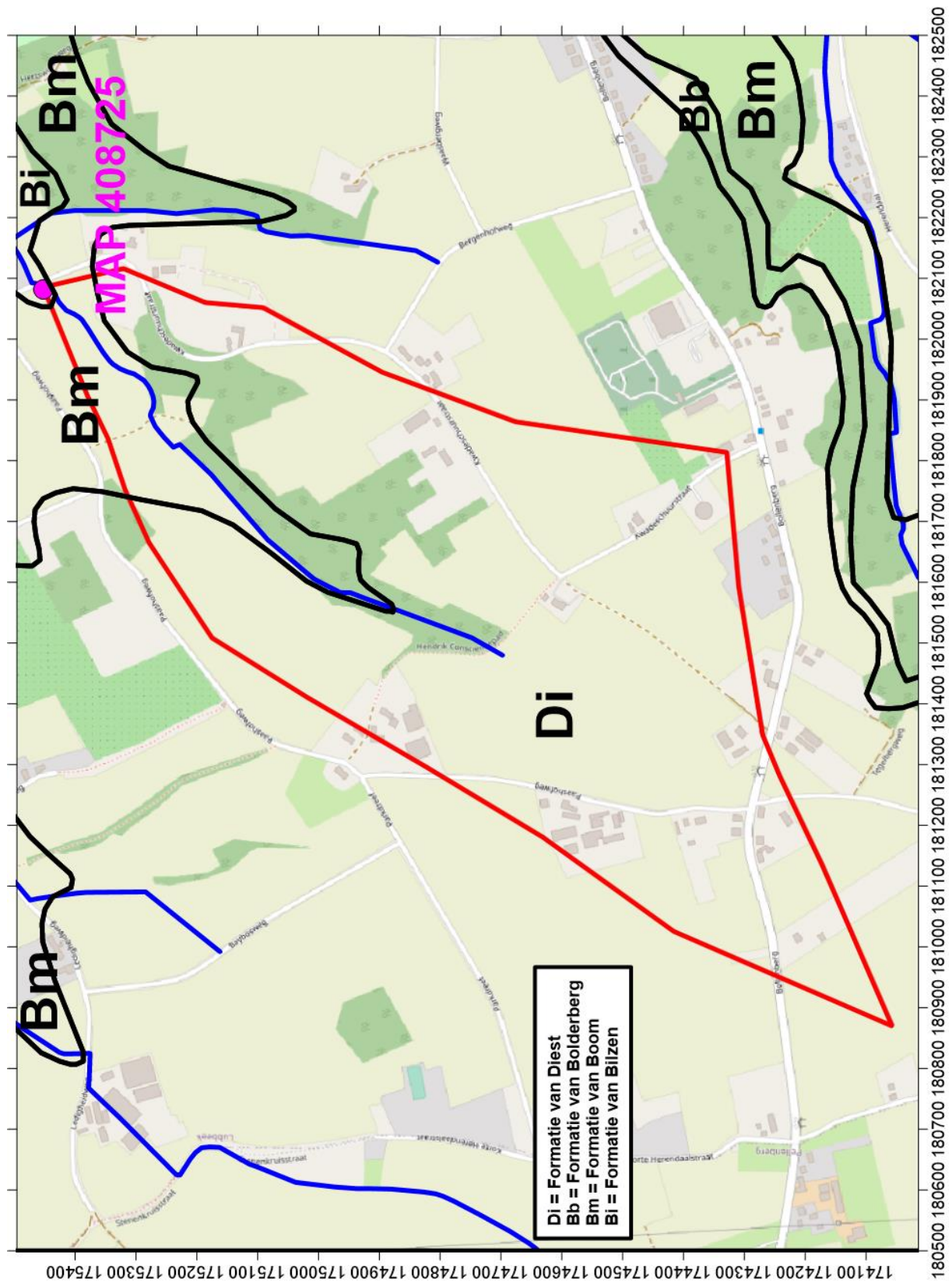


Fig 2.5 Ligging van het MAP meetpunt in de Kwaderschuurstraat



Fig 2.6 Foto van de plaats van het MAP meetpunt in de Kwaderschuurstraat

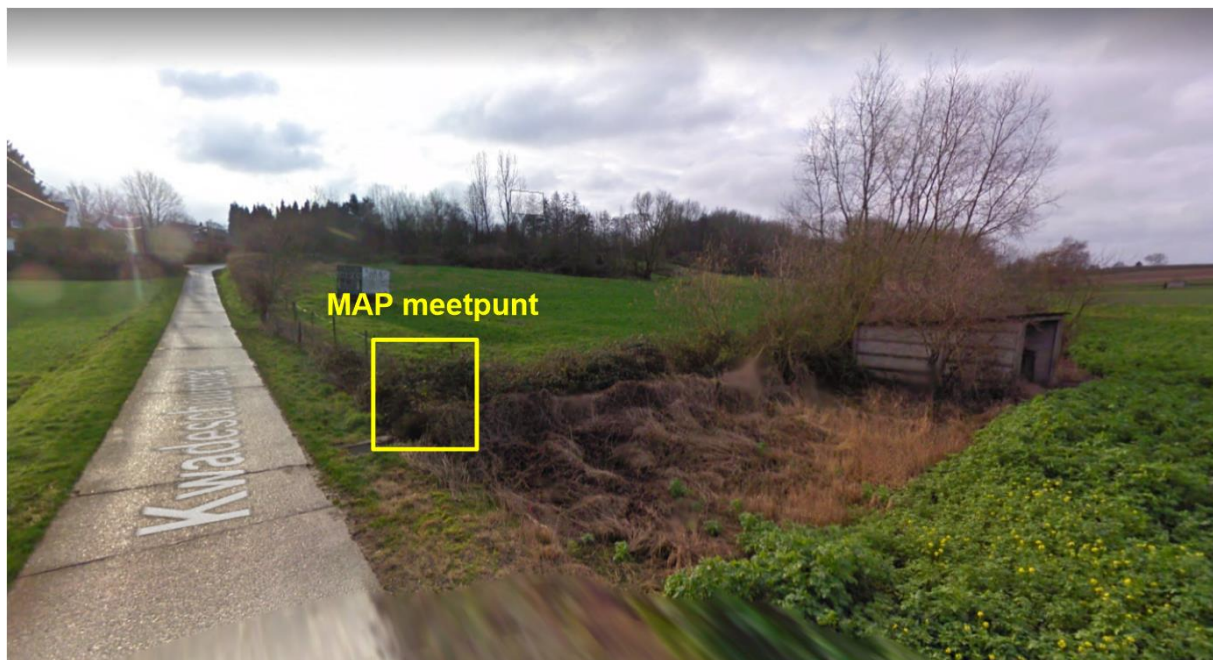


Fig 2.7 Evolutie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt van de testsite Lubbeek

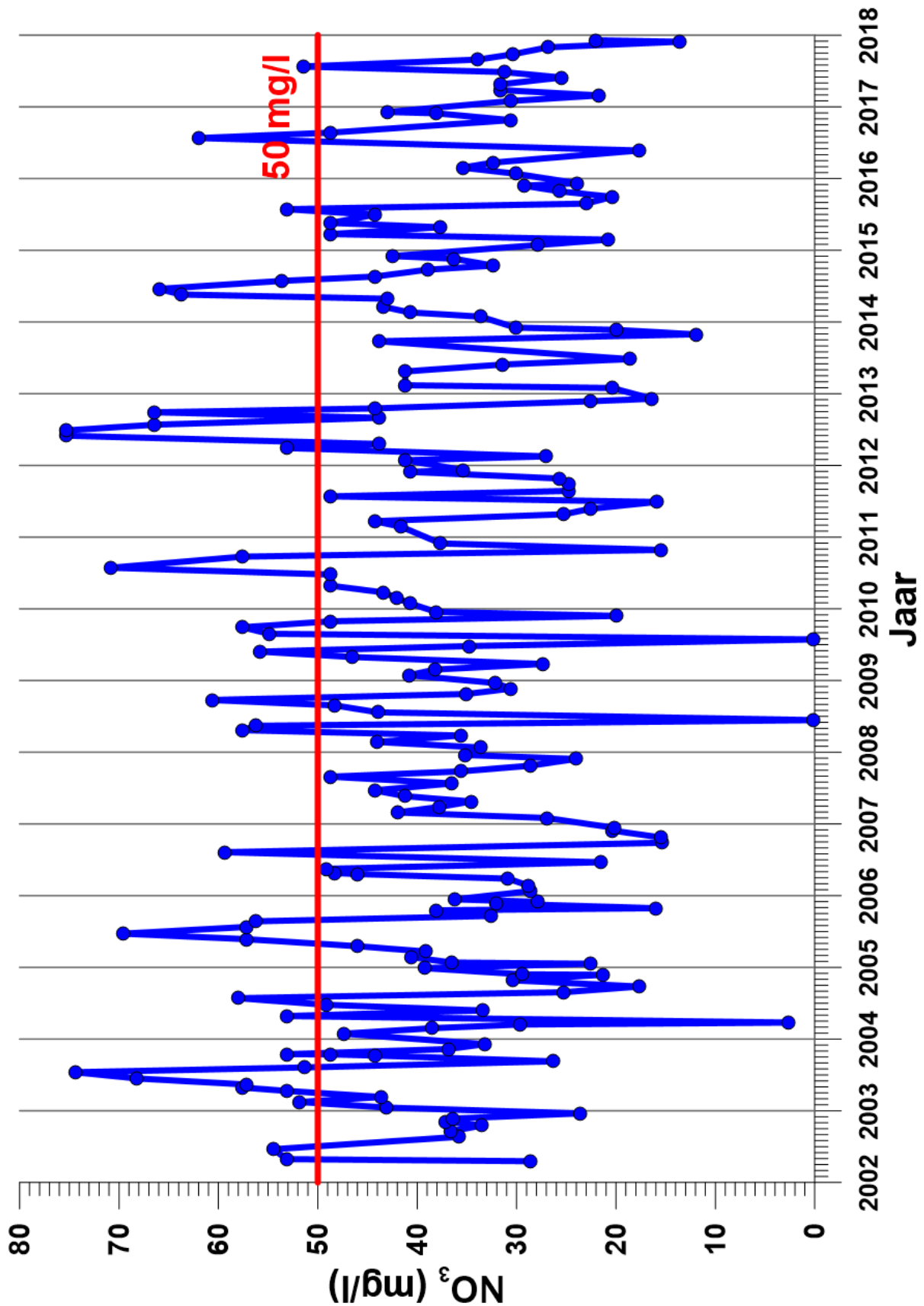


Fig 2.8 Gemiddelde seizoenale fluctuatie van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Lubbeek

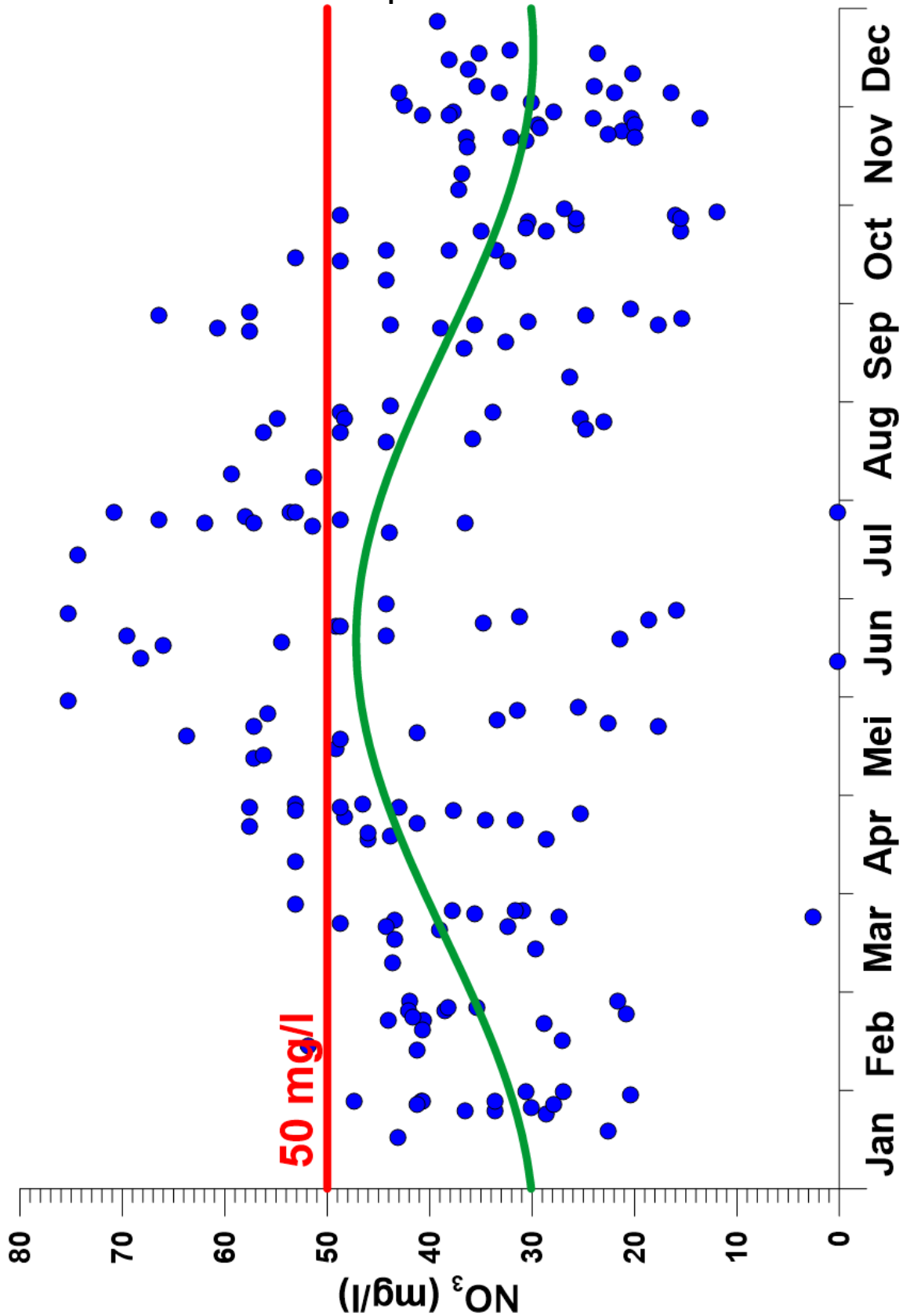
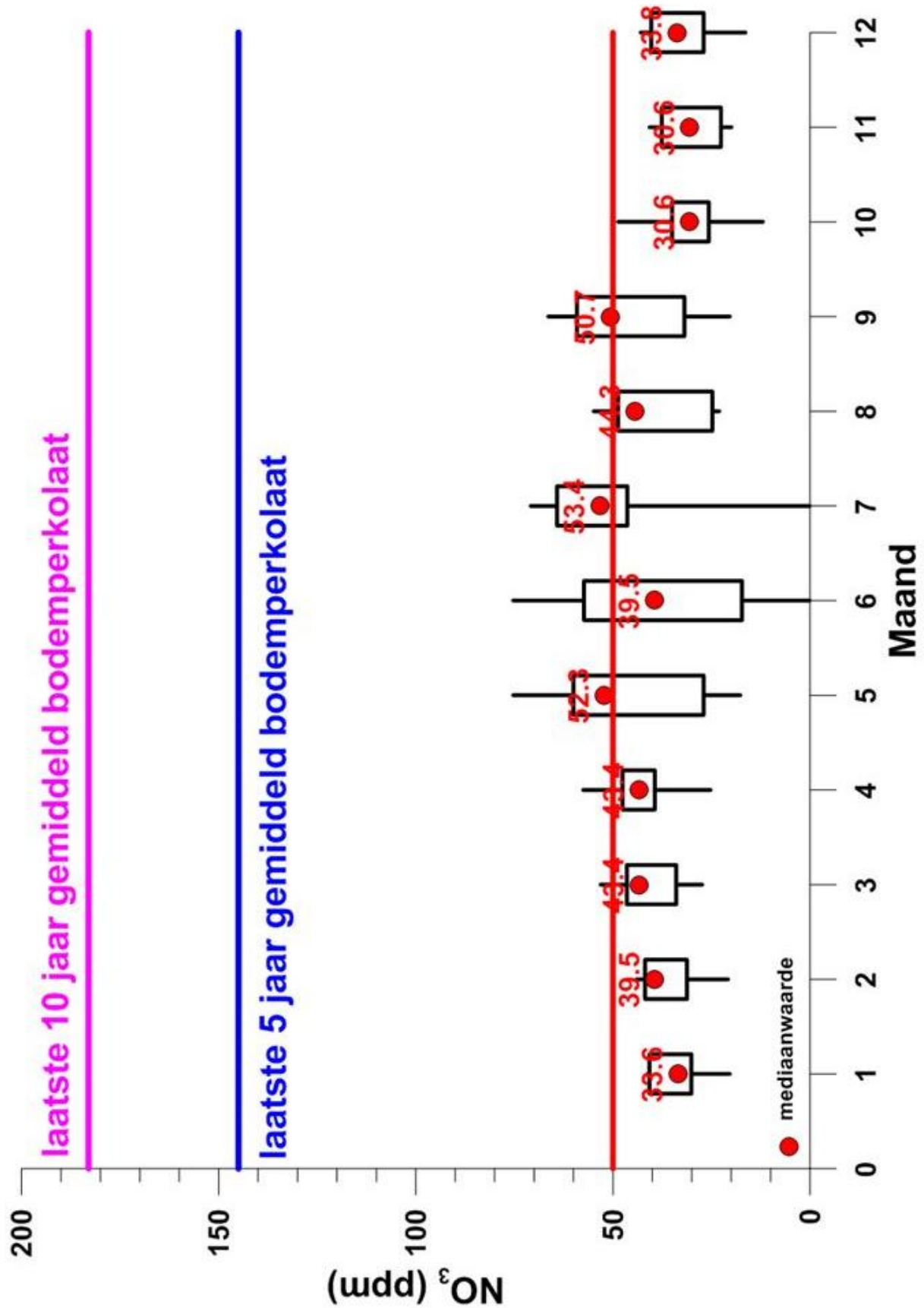


Fig 2.9 Maandgemiddelden van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt in de testsite Lubbeek



3 Veldwerk

3.1 Installatie peilbuizen

Na een veldbezoek op 30 mei 2018 werd de locatie van 5 peilbuizen uitgekozen (fig 3.1). Daarvan zijn er 3 in het stroomopwaarts deel geplaatst waar vermoed wordt dat de meeste instroom van nitraat zou plaatsvinden.

De coördinaten en diepte van de putten is aangegeven in tabel 3.13. De peilbuizen zijn onderaan afgewerkt met een filterelement van 1 m. De georeferencing gebeurde met een Garmin Etrex 20 GPS. Er zit daardoor mogelijk een fout van enkele meter op de positiebepaling. Alle peilputten bevinden zich ten noorden van de beek, dus op de linkeroever.

Tabel 3.1 Coördinaten en diepte van de peilbuizen in de testsite Lubbeek

Peilbuis	Lambert-X	Lambert-Y	Diepte(m)
PB1	181908	175277	2.80
PB2	181673	175078	2.79
PB3	181512	174851	3.60
PB4	181483	174749	3.04
PB5	181490	174721	2.65

3.2 Wateranalysen

Na de plaatsing werden watermonsters genomen tijdens een eerste meetronde. Deze is eerder representatief voor de wintersituatie (hoge watertafelstand). De peilbuizen werden een tweede maal bemonsterd in oktober 2018. Deze tweede meetronde valt kort na de zomer van 2018 en kan als representatief voor de zomersituatie beschouwd worden (lage watertafelstand).

De resultaten voor enkele geselecteerde chemische parameters in de 5 peilbuizen staan in tabel 3.2 (meetronde 1) en tabel 3.3 (meetronde 2). De volledige resultaten staan in tabel 3.4.

Daaruit kunnen de volgende vaststellingen gedaan worden:

In geen enkel grondwatermonster werd meer dan 50 mg/l nitraat gevonden.

- Tijdens de eerste meetronde, winterperiode, bedraagt het nitraatgehalte hoogstens enkele mg/l en komen hoge ijzergehalten voor, tot bijna 10 mg/l.
- Tijdens de tweede meetronde, zomerperiode, komen hogere nitraatgehalten voor, tot bijna 35 mg/l. Enkel in PB3 wordt nog een laag gehalte gevonden. Tevens zijn de ijzergehalten veel lager, behalve in PB3, waar er ca 15 mg/l gevonden werd.
- De redoxcondities wisselen hier blijkbaar seizoenaal: in de winterperiode komen reducerende omstandigheden voor waarbij ijzer gemobiliseerd wordt en het nitraat wordt gereduceerd. In de zomerperiode zijn de redoxcondities meestal

oxiderend, behalve in PB3, met hogere nitraatgehalten zonder evenwel de 50 mg/l te overschrijden.

- De chloridegehalten verschillen ook tussen winter (meetronde 1) en zomer (meetronde 2). In de winterperiode zijn ze laag en liggen tussen 10 en 15 mg/l. Na de zomerperiode liggen ze dubbel zo hoog en liggen tussen ca 30 en 40 mg/l. Dit verschil kan te maken hebben met de invloed van evapotranspiratie tijdens de warme zomermaanden waardoor een concentratieverhoging optreedt. In de winterperiode is het effect van ET zeer beperkt. Het kan ook te maken hebben met een grotere bijmenging van grondwater uit de Formatie van Diest in de naburige heuvels. In een VMM peilbuis in de omgeving wordt in de filter in de Formatie van Diest meestal rond de 30 mg/l gevonden, vroeger zelfs rond de 40, wat beduidend hoger is dan het water dat in de peilbuizen na de winterperiode wordt gevonden.

Tijdens het boren werd ook duidelijk vastgesteld dat de bovenste sedimenten sterk geoxideerd waren en er een groot contrast is met de dieper liggende sedimenten (fig 3.2 en 3.3).

Het Diestiaanzand in de omringende heuvels is bovenaan geoxideerd : de watertafel staat er ca 10 m diep en tot op een diepte van 14 m, dus enkele meters onder de watertafel worden hoge nitraatgehalten aangetroffen. Het is echter niet geweten tot welke diepte het Diestiaanzand geoxideerd is. De oxidatie van het bovenste deel kan veroorzaakt zijn door grote schommelingen van de watertafel in het verleden, waardoor tijdens droge jaren of perioden de laag tot op grotere diepte is belucht geweest. Het is daarom niet zeker dat dit nitraathoudend Diestiaan water naar de beekvallei kan stromen doorheen het Diestiaan zonder door de reductiezone te passeren.

Het water dat in de nieuwe peilbuizen werd aangetroffen bevat bijna geen nitraat, is grotendeels gereduceerd en lijkt door het lage Cl gehalte niet afkomstig te zijn uit het Diestiaan, maar eerder lokaal geïnfiltreerd te zijn in de omgeving. Omdat dit water zo goed als geen nitraat bevat, kan het niet de belangrijkste voedingscomponent van de beek zijn, die trouwens steeds een vrij hoog debiet heeft voor het korte tracé.

De zuidoostflank van de beekvallei (rechteroever) is vrij steil. Misschien is het mogelijk dat ondiep Diestiaanwater (de bovenste meters onder de watertafel) vanaf de heuveltop via het hellingmateriaal naar de beek toe wegsijpelt en daar uitstroomt via de bronnetjes en poeltjes, of via ondergrondse uitgespoelde stroombanen.

Tabel 3.2 Geselecteerde chemische parameters tijdens de eerste monsternamecampagne in de testsite Lubbeek

Peilbuis	NO ₃ (mg/l)	Fe(mg/l)	Cl(mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
PB1	3.38	9.63	14.90	302.6
PB2	1.30	5.85	18.55	109.8
PB3	1.58	0.56	16.38	327.0
PB4	2.03	1.93	10.32	73.2
PB5	2.70	8.11	10.94	144.0

Tabel 3.3 Geselecteerde chemische parameters tijdens de tweede monsternamecampagne in de testsite Lubbeek

Peilbuis	NO ₃ (mg/l)	Fe(mg/l)	Cl(mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
PB1	34.77	0.16	36.99	134.2
PB2	29.38	0.40	40.76	194.6
PB3	2.45	15.06	32.38	45.7
PB4	10.92	2.61	41.31	39.0
PB5	6.70	0.17	18.35	113.5

Tabel 3.4 Resultaten grondwateranalyses in de testsite Lubbeek

Peilbuis	meetronde	PH	COND	Na+(ppm)	K+(ppm)	Ca2+(ppm)	Mg2+(ppm)	Fe totaal (ppm)	Mn2+(ppm)
PB1	1	7.02	933	91	4.06	73.65	13.65	9.635	1.062
PB2	1	6.24	387	30.69	2.94	30.7	5.4	5.85	0.698
PB3	1	6.31	690	29.46	3.78	76.7	14.5	0.565	2.754
PB4	1	5.80	361	29.14	2.32	22.9	6.2	1.931	1.445
PB5	1	5.91	477	37.04	2.36	32.05	10.15	8.115	0.802
Peilbuis	meetronde	NH4+(ppm)	Cl-(ppm)	SO42-(ppm)	NO3-(ppm)	NO2-(ppm)	HCO3-(ppm)	PO42-(ppm)	TDS
PB1	1	0.0339	14.90	128.115	3.3806	0.053	302.56		642.1
PB2	1	0.0542	18.56	79.39	1.3076	0.0475	109.8		285.4
PB3	1	1.0162	16.39	63.275	1.5855	0.2005	327		537.2
PB4	1	1.1307	10.32	71.387	2.0365	0.4307	73.2		222.4
PB5	1	0.9379	10.95	92.074	2.7017	0.0161	143.96		341.2
Peilbuis	meetronde	PH	COND	Na+(ppm)	K+(ppm)	Ca2+(ppm)	Mg2+(ppm)	Fe_totaal(ppm)	Mn2+(ppm)
PB1	2	6.60	480	26.56	4.7	48.7	7.35	0.157	0.000
PB2	2	6.62	560	29.24	5.99	58.55	7.95	0.402	0.045
PB3	2	5.50	357	36.14	3.12	17.6	4.3	15.06	1.422
PB4	2	5.61	390	30.86	2.25	24.15	5.4	2.611	1.603
PB5	2	5.98	286	30.80	2.11	19	4.65	0.173	0.358
Peilbuis	meetronde	NH4+(ppm)	Cl-(ppm)	SO42-(ppm)	NO3-(ppm)	NO2-(ppm)	HCO3-(ppm)	PO42-(ppm)	TDS
PB1	2	0.0345	36.99	25.517	34.77	0.0463	134.2	1.2194	320.2
PB2	2	0.0297	40.76	21.786	29.379	0.9215	194.59	1.1214	390.8
PB3	2	2.4129	32.38	72.413	2.4493	0.0145	45.75	0	233.1
PB4	2	0.0324	41.32	73.758	10.924	0.2263	39.04	0.0147	232.2
PB5	2	0.0549	18.35	6.999	6.7012	0.0223	113.46	0	202.7

Fig 3.1 Ligging van de 5 geïnstalleerde peilbuizen in testsite Lubbeek

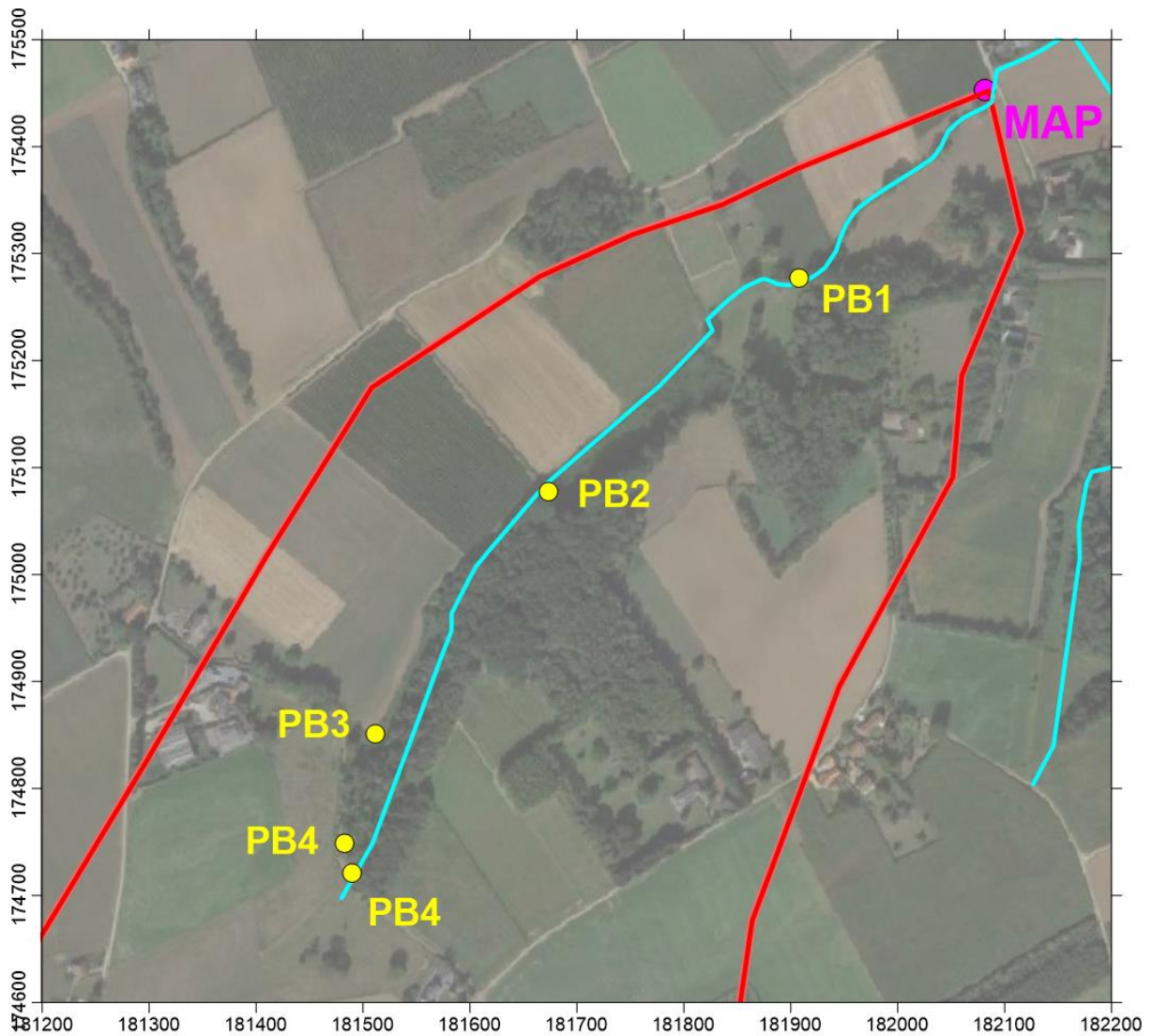


Fig 3.2 Kleurverschil tussen de geoxideerde en gereduceerde sedimenten



Fig 3.3 Roestsporen in de bovenste geoxideerde laag



Fig 3.4 Nitraat en ijzergehalten in de grondwatermonsters van de testsite Lubbeek

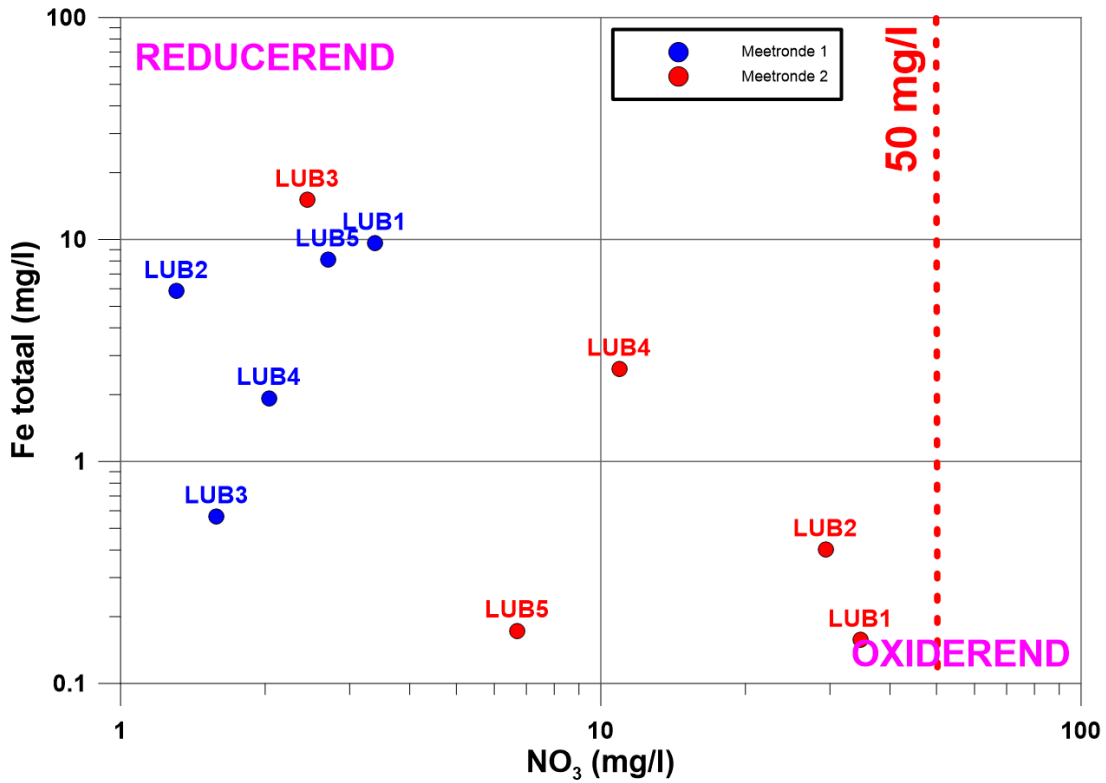
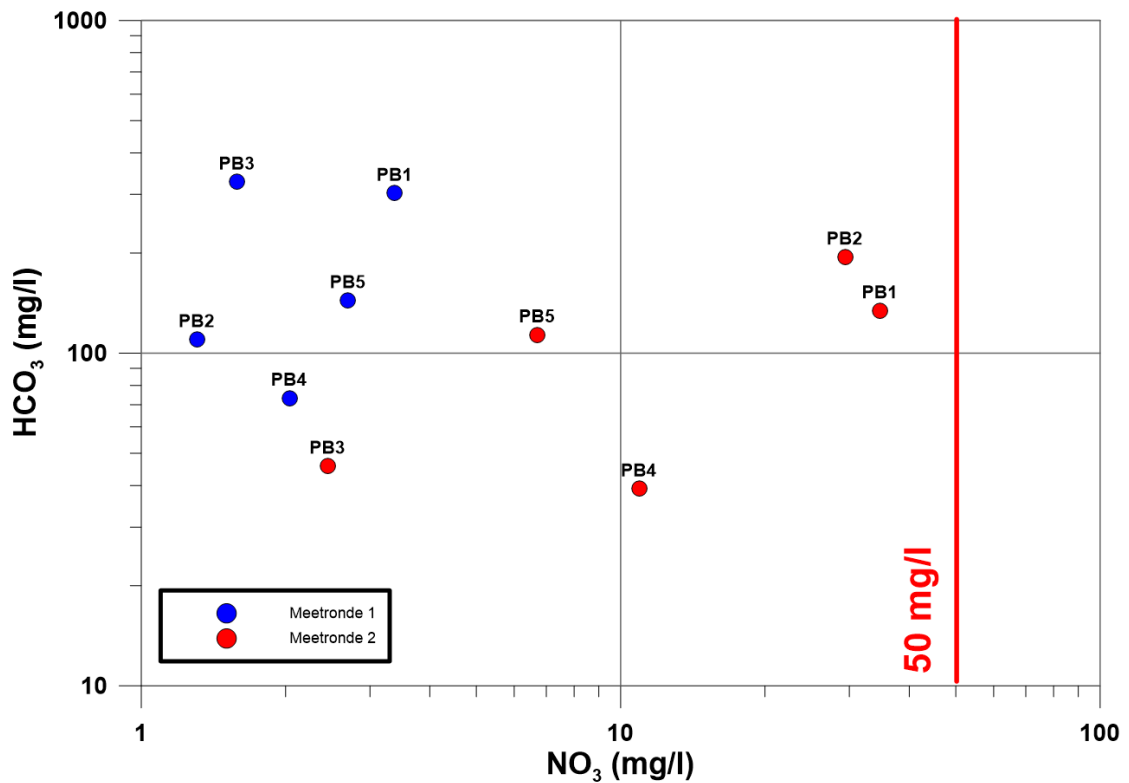


Fig 3.5 Nitraat en bicarbonaatgehalten in de grondwatermonsters van de testsite Lubbeek



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 het stroomgebied Lubbeek 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 Lubbeek werd afgebakend op basis van de resultaten van het grondwatermodel (fig 4.1). Het afgebakende gebied is ongeveer 85 ha groot. Het stroomgebied werd ingedeeld in een grid bestaande uit 341 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 Lubbeek 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 Lubbeek bestaat voor 52% uit akkerland en 22% weiland (**Fig 4.3**). Daarnaast wordt 15% wordt ingenomen door bos, 5% door tuinen en parken, 5% door infrastructuur en 1% door 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 Lubbeek is in grote mate bepaald door de bodembedekking (fig 4.3 en 4.4): op akkerland ligt dit meestal tussen 1 en 3%, op weiland tussen 2 en 4% en onder bos en tuinen en parken 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 Lubbeek bestaat voornamelijk uit zandleem, maar langsheen de beken komt ook wat zand en klei voor (fig 4.5).

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. De pH-H₂O werd 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 analysemethodes, 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 1998-2017 werd het grid over de teeltkaarten 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 1998-2017 tonen aan dat de voedergewassen gras en maïs goed vertegenwoordigd zijn op het landbouwareaal in Lubbeek, naast akkerbouwteelten zoals wintergranen en suikerbiet (

Fig 4.6 Er staan ook heel wat fruitbomen. Alle door het model gekende teelten in het stroomgebied werden gesimuleerd, waarbij sommige teelten vervangen werden door vergelijkbare teelten (bv. cichorei door witloof, rapen door wortel, triticale door wintertarwe). Enkel voor aardbei en fruitbomen 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 en voor 1997 is deze informatie in Lubbeek slechts voor een deel van de percelen beschikbaar. Er werd daarom elk jaar willekeurig een teelt toegekend die in de periode nadien (1998-2017) 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 1991-1997 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 1965-1997 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 Lubbeek 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 Lubbeek werden cijfers voor de Zandleemstreek 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 Zandleemstreek (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 Lubbeek komen voornamelijk runderen voor, maar ook paarden en varkens (fig 4.7).

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 Zandleemstreek (**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 er steeds meer rekening gehouden werd met de bemestingsnormen, met als gevolg een stijgend aantal mesttransporten en de toename in mestverwerking. In het stroomgebied Lubbeek lag de dierlijke mestproductie in 1996 lager dan de bemestingsnorm. Daarom werd jaar na jaar het verschil berekend tussen enerzijds de dierlijke N berekend uit de gemeentelijke dieren aantallen en anderzijds de bemestingsnorm. Dit verschil werd vermenigvuldigd met een gradueel groter wordende toenamefactor en opgeteld bij de

bemestingsnorm zodat er een lineaire toename van de bemesting werd gesimuleerd, tot in 2007 de bemestingsnorm werd gerespecteerd. Deze toename stemt overeen met de stijgende invoer van dierlijke mest uit andere regio's met een mestoverschot .

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.

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 Lubbeek 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 Lubbeek 30 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 Lubbeek 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 Lubbeek

Zowel de niraatuitspoeling als de waterpercolatie werd op dagelijkse basis gesimuleerd op een diepte van 90 cm en geaccumuleerd tot jaarlijkse cijfers, waarmee ook de gemiddelde jaarlijkse niraatconcentratie 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 (136 mm) ongeveer gelijk aan het langjarig gemiddelde voor Lubbeek (140 mm).

De percolatie in 2013 was enigszins afhankelijk van de teelt en nateelt in dat jaar, maar er was ook wel wat interferentie door de verschillen in bodemtextuur: meestal bedroeg de percolatie tussen 100-150 mm, maar op percelen met maïs zonder nateelt was die iets hoger (150-200 mm). De hoogste percolatie (200-300 mm) werd gesimuleerd onder braak (geen transpiratie). De hoeveelheid uitgespoelde niraatstikstof in 2013 werd bepaald door de teelt en nateelt van zowel 2012 als 2013, aangezien de uitspoeling op de zandleembodems in beide winters zowel deels voor als deels na de jaarwisseling plaats greep. Het is daardoor – en mede door de verschillen in bodemtextuur – moeilijker om uitspraken te doen over de uitspoeling na specifieke teelten. De hoogste uitspoeling vonden we terug op tijdelijke braakpercelen (op percelen die langdurig braak lagen was die lager), en de uitspoeling was meestal lager op percelen waar in een van beide jaren wintergranen gevolgd door vanggewassen werden geteeld. Onder bos, tuinen en parken werden de laagste hoeveelheden niraatuitspoeling en niraatconcentraties gesimuleerd.

De jaarlijkse waterpercolatie op 90 cm over het hele stroomgebied (met inbegrip van ondoorlatende oppervlakken) fluctueert sterk en is gemiddeld 140 mm (fig 4.11). Indien de ondoorlatende oppervlakken niet in rekening worden gebracht is dit gemiddeld 147 mm per jaar. Dit gemiddelde is kleiner dan het langjarig gemiddelde gesimuleerd door het model Wetspass (Batelaan et al., 2006) voor zandleembodems in Vlaanderen (fig 4.12).

De gemiddelde jaarlijkse niraatconcentratie over het hele stroomgebied vertoont net als de waterpercolatie een erg grillig verloop, met waarden tussen 65 en 603 mg NO₃ L⁻¹ (fig 4.11). Er is sprake van een opwaartse trend tot halverwege de jaren '80, gevolgd door een gestage afname tot een concentratie wordt bereikt die schommelt tussen ongeveer 100 en 200 mg NO₃ L⁻¹ in de meest recente jaren. Pieken in de niraatconcentratie treden vooral op tijdens en kort na drogere periodes. Tijdens drogere periodes (bv. 1971-1973) spoelt slechts een beperkte hoeveelheid niraat uit, maar is er ook weinig verdunning. In het nat jaar dat daarop volgt (bv. 1974) spoelen de tijdens de drogere periode geaccumuleerde hoeveelheden niraat snel uit, waardoor de concentratie ondanks de grote hoeveelheid percolerend water ook hoog ligt. Het grillige verloop van de niraatconcentratie 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 Lubbeek over de hele periode (1968-2017) het hoogst voor akkerland en slechts iets lager voor weiland, nog 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 op akkerland en weiland. Desondanks is de concentratie op akkerland, weiland en braakliggende gronden nog steeds groter dan $50 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$.

4.3.3 Gesimuleerde bemesting, nitraatresidu en nitraatconcentratie op akkerland en weiland

De gesimuleerde bemestingsdruk op akkerland vertoont beperkte veranderingen doorheen de tijd en lijkt vooral de evolutie voor minerale mest te volgen (Fig 4.14): er is een langzame toename tot het jaar 1990, waarna het bemestingsniveau vervolgens enigszins daalt om in 2007, wanneer de bemestingsnormen ten volle geïmplementeerd worden, min of meer een evenwicht te bereiken. Merk op dat het niveau van de dierlijke bemesting in dit stroomgebied halweg de jaren '90 lager lag dan de bemestingsnorm: er werd een graduele toename verondersteld om de aanvoer van dierlijke mest uit andere regio's te simuleren. De nitraatconcentratie volgt een weinig uitgesproken stijgende en vervolgens dalende trend en vertoont een maximum van $934 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ in 1992 en een minimum van $76 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ in 1999.

Op weiland neemt de totale bemestingsdruk als gevolg van een stijgende dierlijke productie initieel toe om vanaf de jaren '80 min of meer constant te blijven (Fig 4.15). In de 2^e helft van de jaren '90 zien we een sterke stijging van de dierlijke bemesting als gevolg van de gesimuleerde invoer van mest uit andere regio's (a.d.h.v. de toenamefactor), die echter gecompenseerd wordt door een dalend gebruik van kunstmest. Opvallend is dat de nitraatconcentratie op weiland vanaf de jaren '90 veel minder uitgesproken pieken vertoont, wat niet werd vastgesteld op akkerland en waarvoor nog geen verklaring werd gevonden. De maximale concentratie van $1316 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ wordt bereikt in 1974, de minimale concentratie van $48 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ in 2002.

Het gesimuleerde nitraatresidu wordt telkens voor 15 oktober weergegeven, zowel op akkerland (Fig 4.16) als op weiland (Fig 4.17). De gesimuleerde nitraatconcentratie en het nitraatresidu gaan hand in hand, zij het dat de respons van de nitraatconcentratie op het nitraatresidu vaak 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 179 en 186 kg N ha^{-1} over de volledige simulatieperiode. Bij implementatie van de bemestingsnormen in 2007-2017 is dat gemiddeld nog 103 en 83 kg N ha^{-1} . Er werd in Lubbeek een maximaal nitraatresidu gesimuleerd van respectievelijk 471 en 660 kg N ha^{-1} . Op akkerland schommelen de laagste nitraatresiduen op 15 oktober rond de 50 kg N ha^{-1} , terwijl de overeenkomstige

gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentraties tussen 100 en 200 mg NO₃ L⁻¹ liggen. Op weiland zijn de laagste nitraatresiduen ongeveer 50 kg N ha⁻¹ en liggen de overeenkomstige concentraties tussen 50 en 100 mg NO₃ L⁻¹. Merk opnieuw op dat de nitraatresiduen en nitraatconcentraties op weiland vanaf de jaren '90 veel lager liggen dan in de periode voordien. Een mogelijke verklaring hiervoor werd nog niet gevonden.

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. Daarnaast werd ervan uitgegaan dat vanaf 2007 de bemestingsnormen volledig werden ingevuld. 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 43 kg N ha⁻¹ en toont aan dat in Lubbeek de gemeten nitraatresiduen door de simulatie overschat werden (Fig 4.18), maar is jammer genoeg weinig betrouwbaar door het lage aantal metingen in dit kleine stroomgebied. De trendanalyse van het nitraatresidu doorheen de tijd (Fig 4.19) is daardoor ook weinig betekenisvol.

4.4 Besluit

Het stroomgebied Lubbeek grotendeels uit zandleembodems met daarnaast enkele alluviale zand- en kleibodems. Het gebied wordt gekarakteriseerd door landbouw (zowel akkerbouw als voedergewassen) en ook een niet te verwaarlozen aandeel bos. De historische bemestingsdruk is er eerder laag t.o.v. de andere stroomgebieden. De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water op een diepte van 90 cm bedraagt 293 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 203 mg NO₃ L⁻¹ gesimuleerd. De lage gesimuleerde waterpercolatie in dit stroomgebied leidt tot een beperktere verdunning van de nitraten die uitspoelen op akkerland en weiland.

Fig 4.1 Stroomgebied Lubbeek

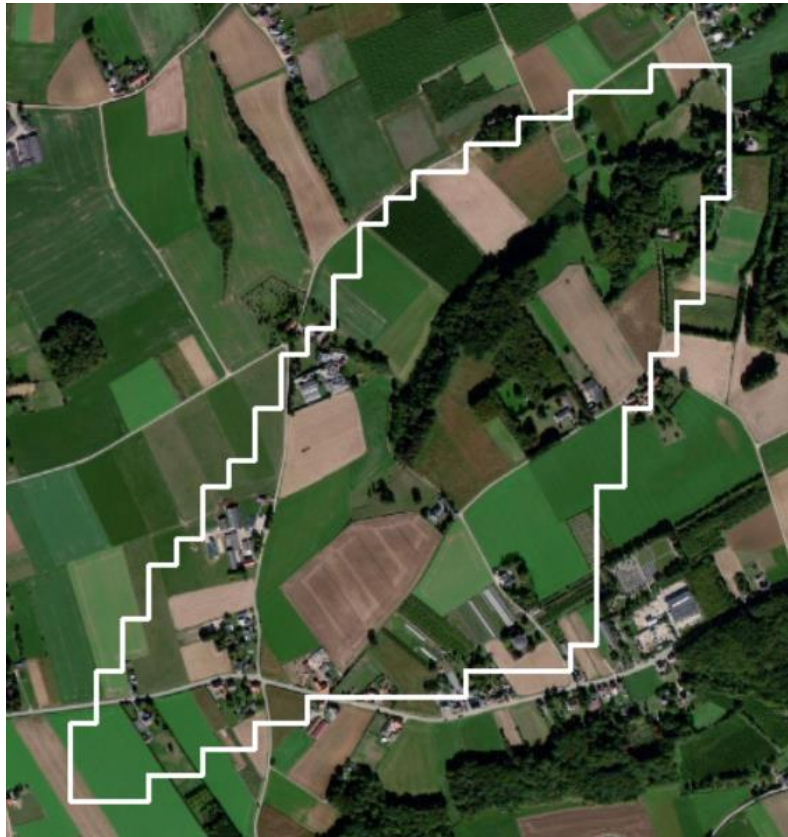


Fig 4.2 Overzicht van de modelinvoer

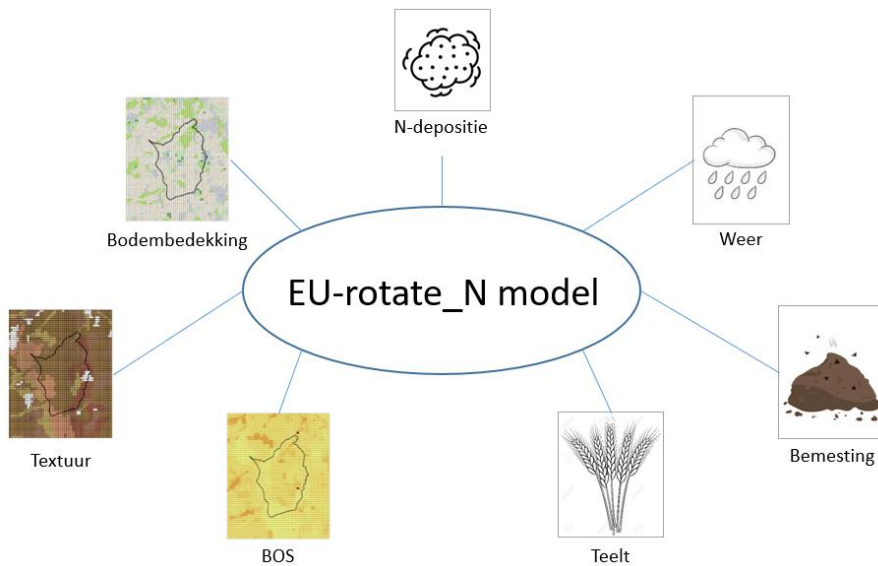


Fig 4.3 Verdeling van de bodembedekking voor het stroomgebied Lubbeek.

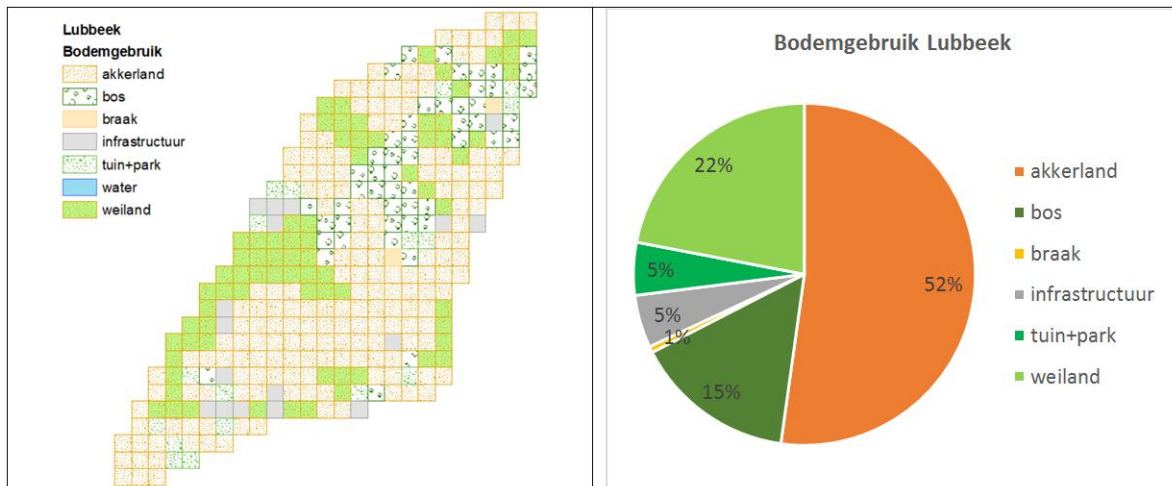


Fig 4.4 Verdeling van het bodemorganische stofgehalte (in g BOS g-1 droge bodem) voor het stroomgebied Lubbeek.

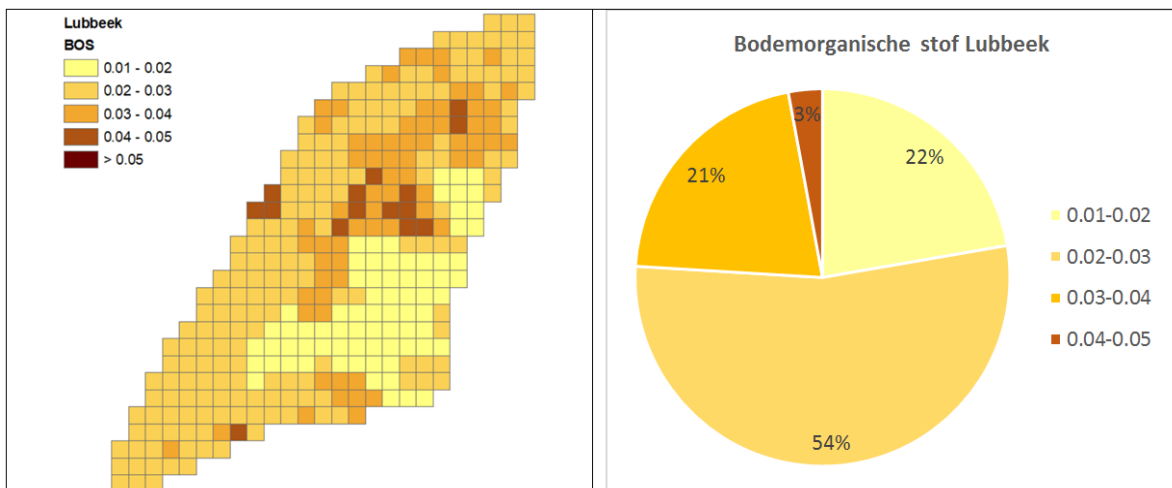


Fig 4.5 Verdeling van de bodemtextuur voor het stroomgebied Lubbeek

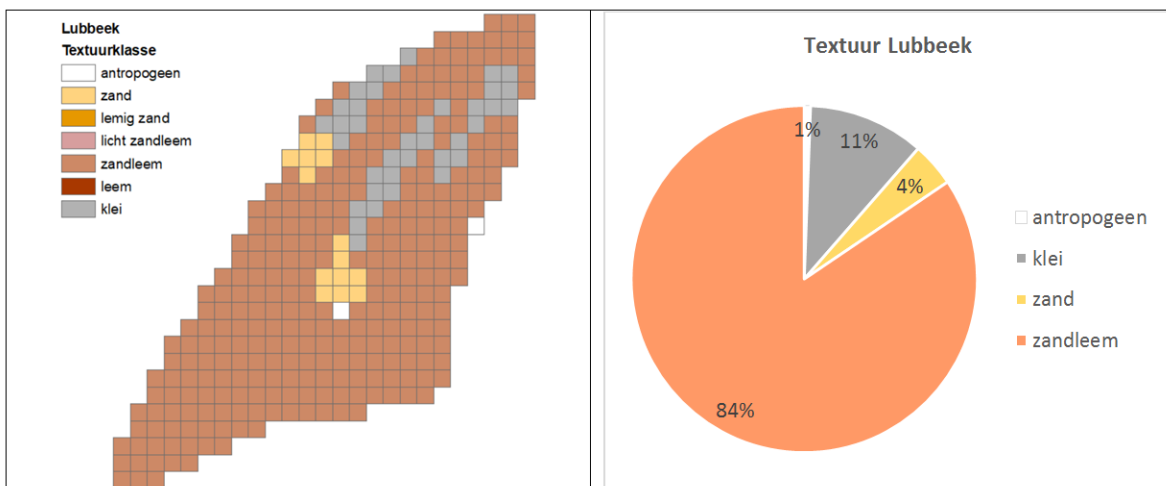


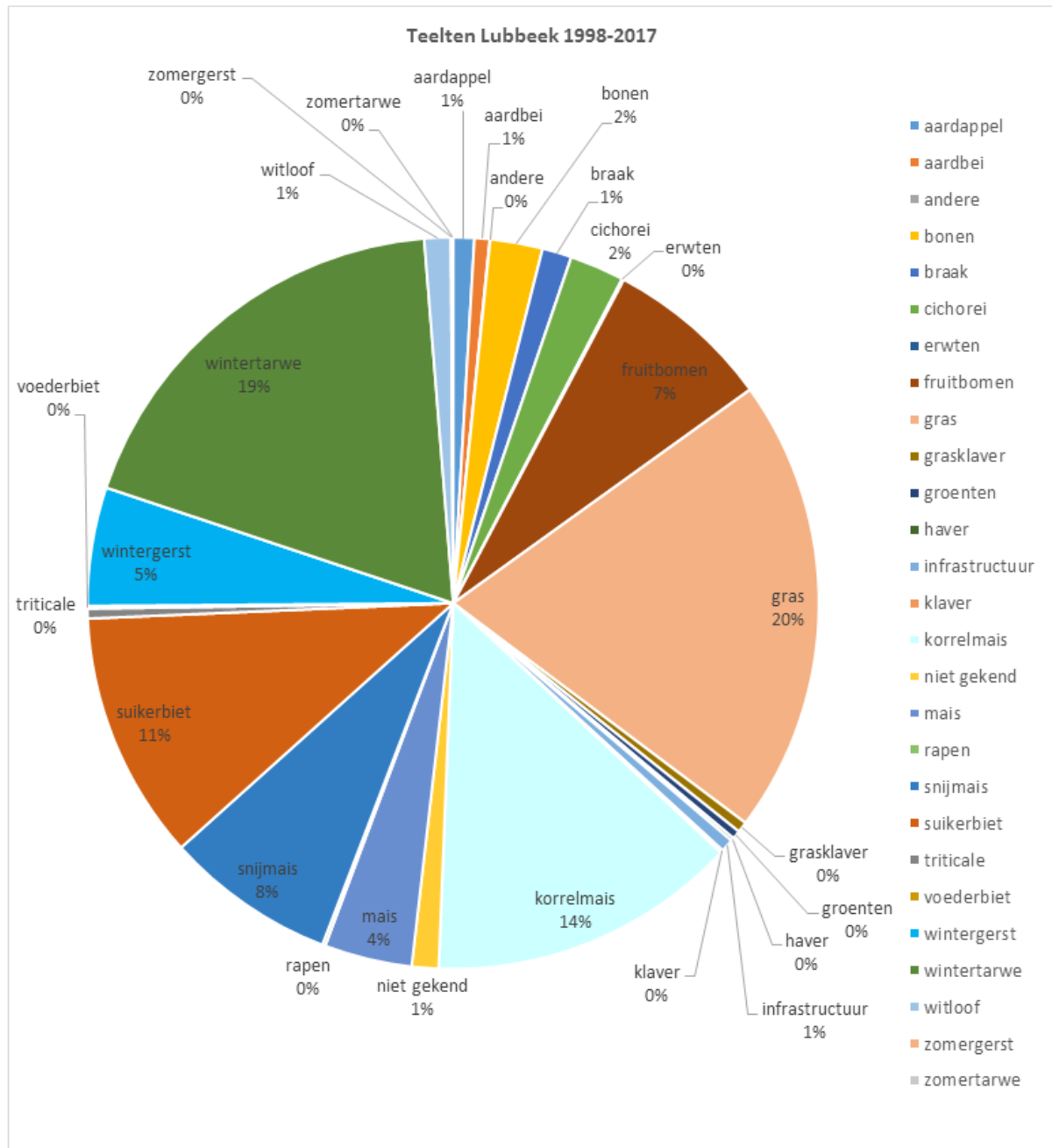
Fig 4.6 Verdeling van de teelten voor de periode 1998-2017 in het stroomgebied Lubbeek

Fig 4.7 Dierlijke mestsoort gesimuleerd voor 2012 in het stroomgebied Lubbeek

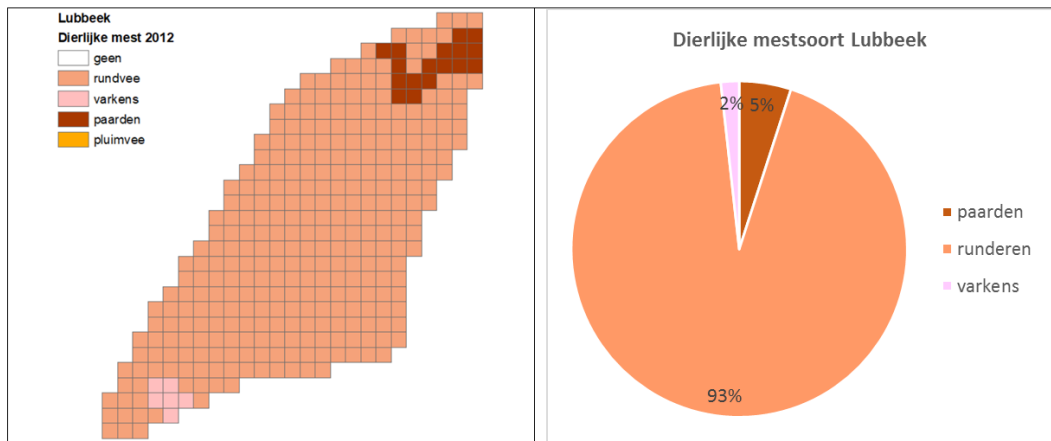


Fig 4.8 Evolutie van de dierlijke N-productie per diersoort per ha landbouwgrond in de regio Lubbeek

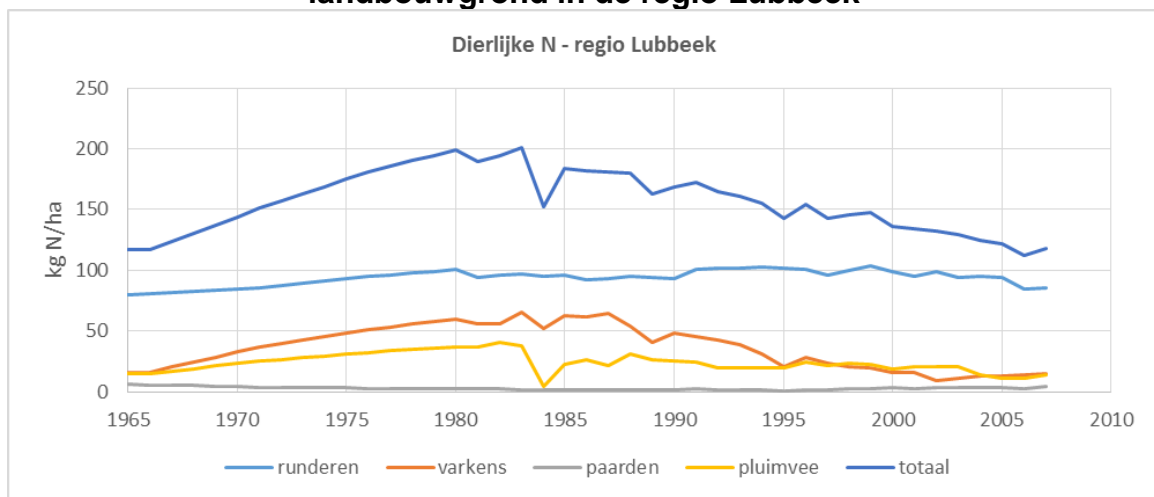


Fig 4.9 Evolutie van de gemiddelde minerale N-bemesting per ha landbouwgrond in België

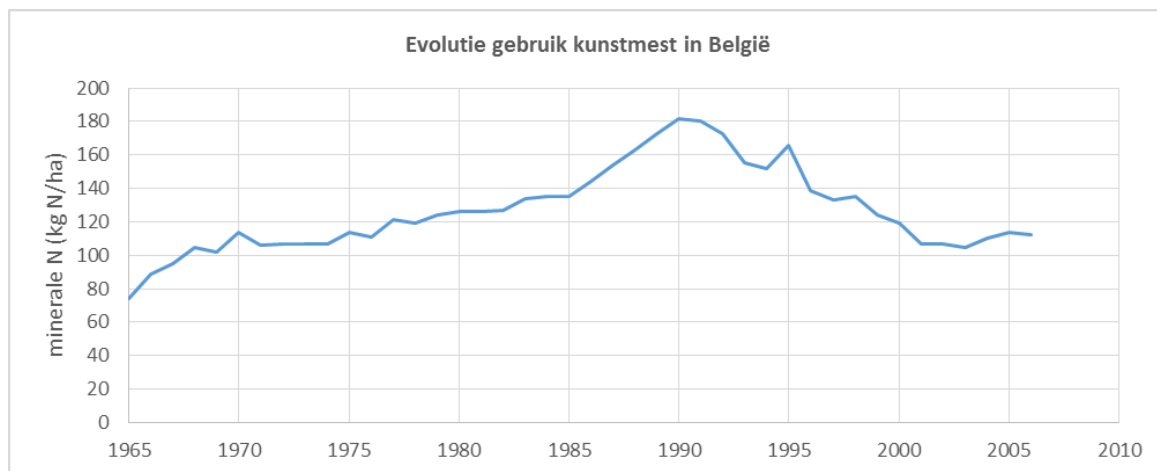


Fig 4.10 Gesimuleerde teelt en nateelt in 2012 en 2013 en waterpercolatie, stikstofuitspoeling en nitraatconcentratie in 2013. De cijfers die hier weergegeven worden zijn gegenereerd op basis van simulaties en kunnen niet eenduidig worden toegewezen aan landbouwpercelen omwille van de berekeningswijze.

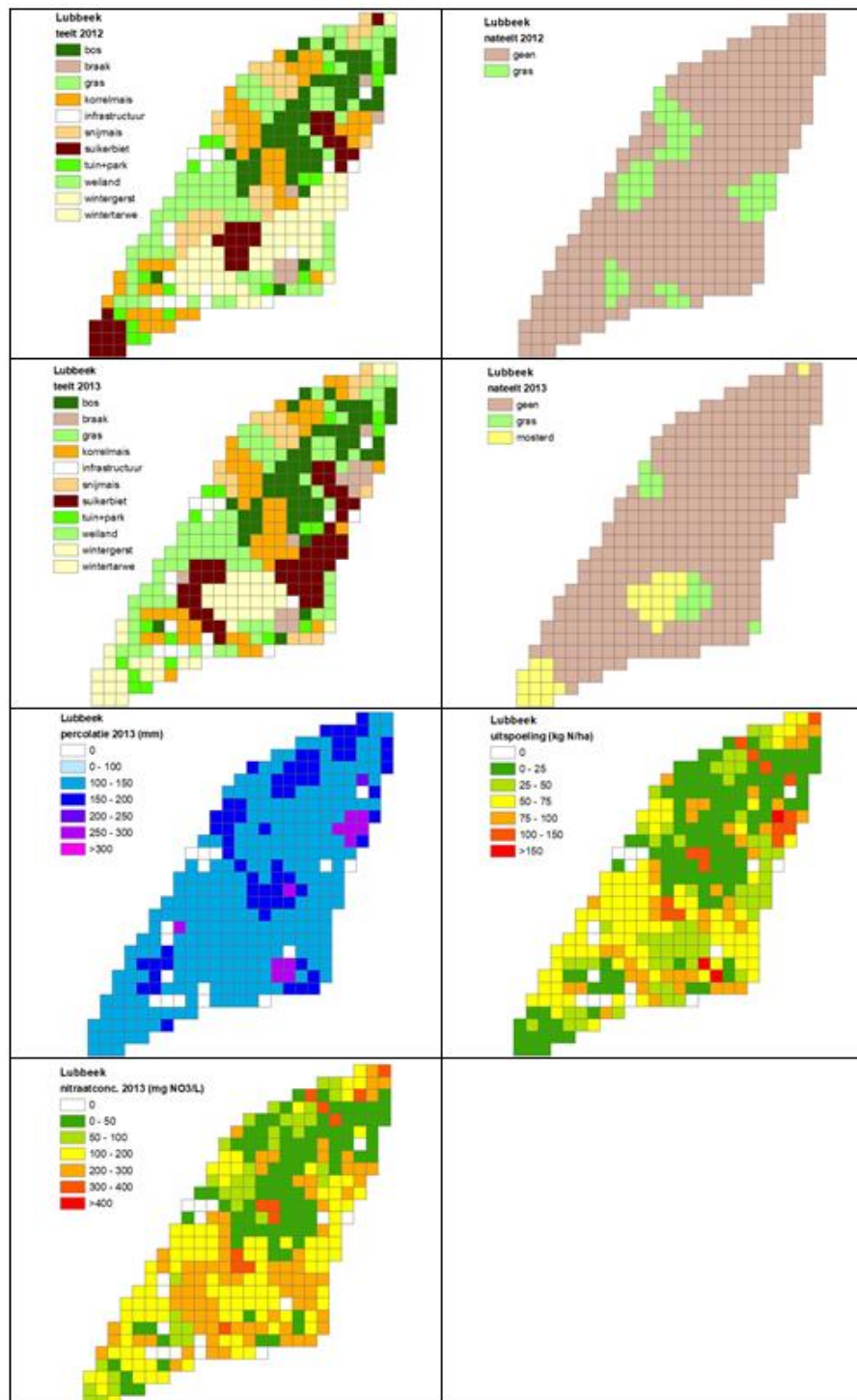


Fig 4.11: Gesimuleerde jaarlijkse stikstofuitspoeling, waterpercolatie en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor het hele stroomgebied

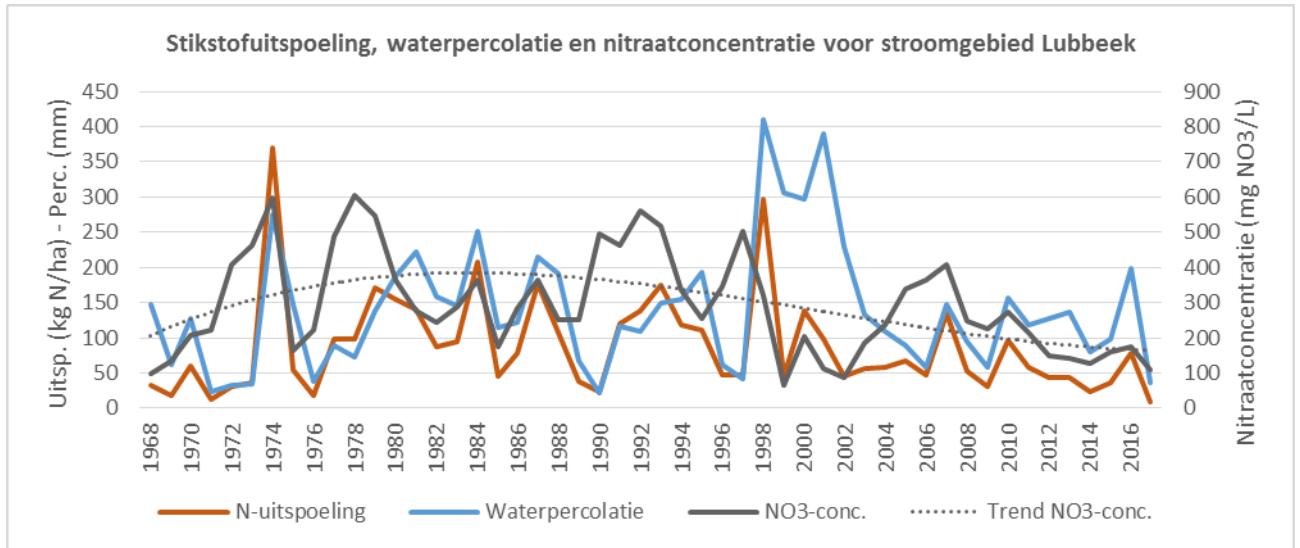


Fig 4.12: Langjarig gemiddelde grondwatervoeding voor Vlaanderen in functie van de bodemtextuur. Verticale balken geven de standaardafwijking weer.

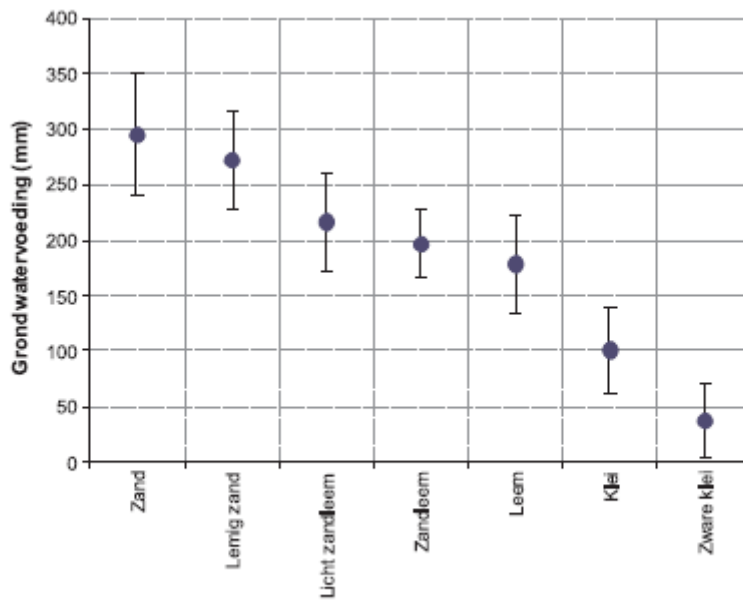


Fig 4.13 Gemiddelde, minimum en maximum voor de jaarlijkse gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie per bodembedekkingstype over de volledige periode (1968-2017). Ook het gemiddelde voor de periode 2007-2017, met 100% implementatie van de bemestingsnorm, is weergegeven.

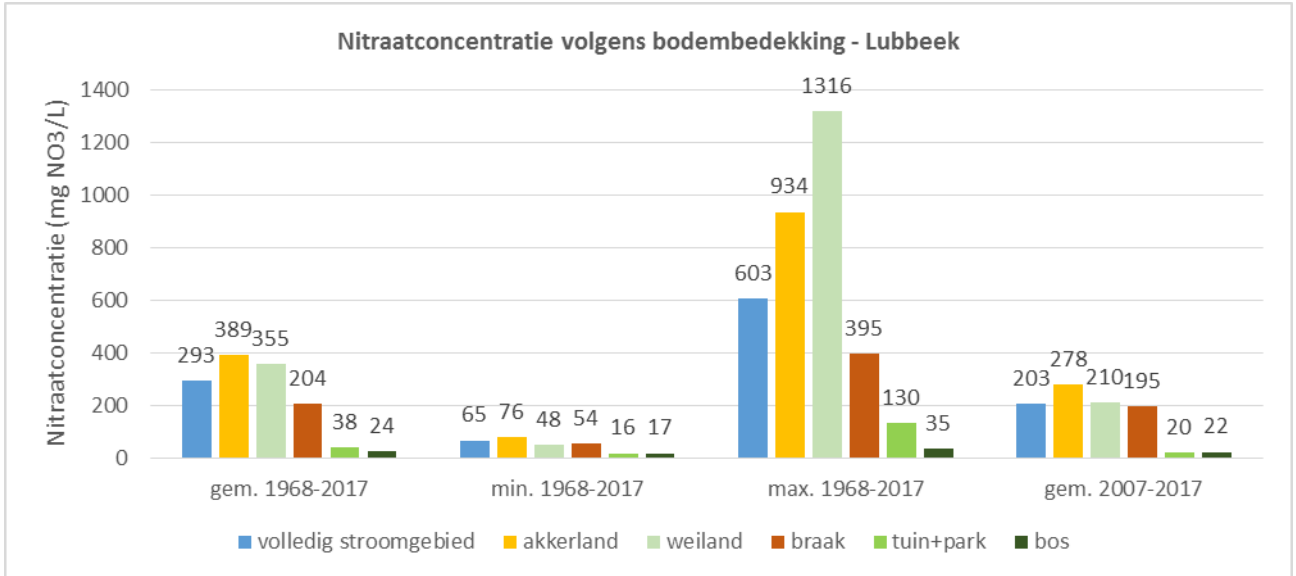


Fig 4.14: Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland

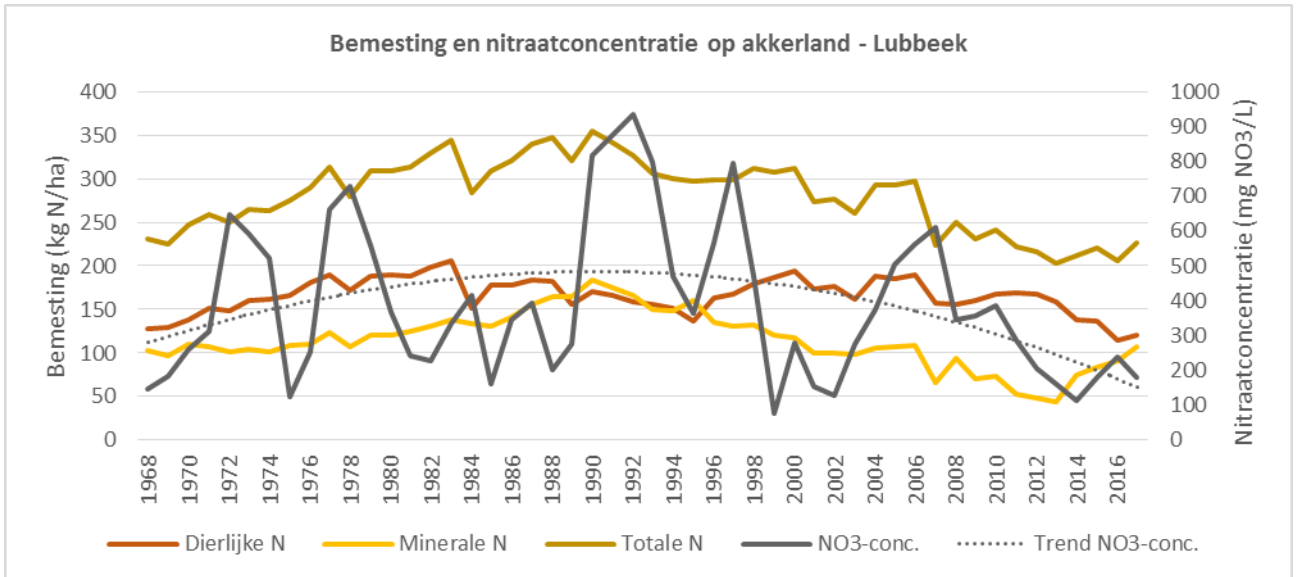


Fig 4.15 Gesimuleerde bemesting en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland

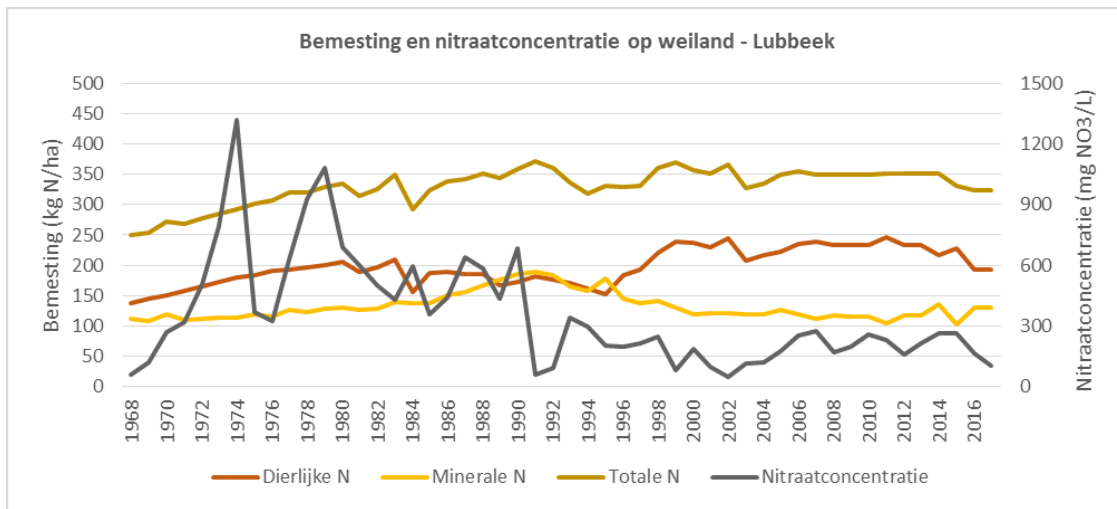


Fig 4.16: Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor akkerland

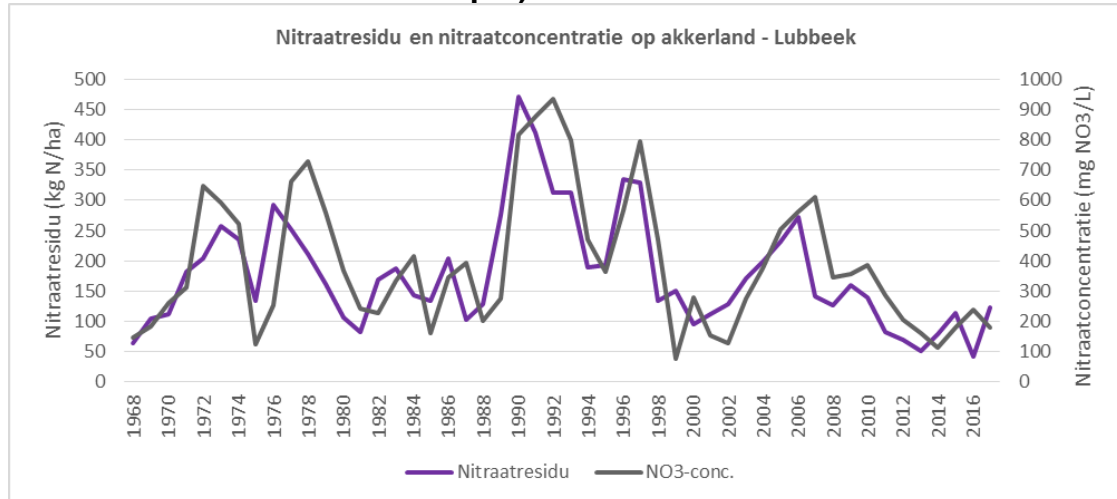


Fig 4.17: Gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober en nitraatconcentratie (op 90 cm diepte) voor weiland

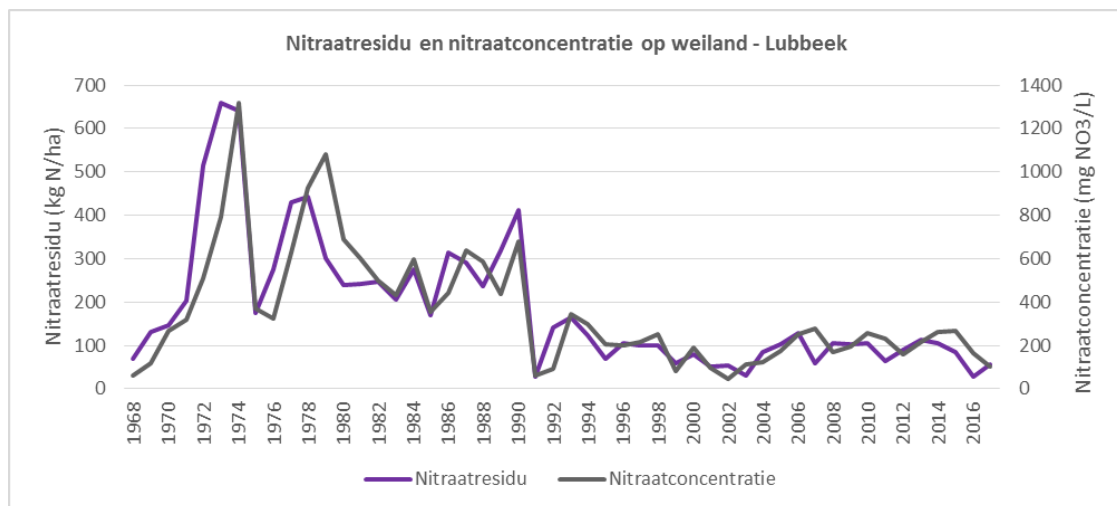


Fig 4.18 Gemeten versus gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)

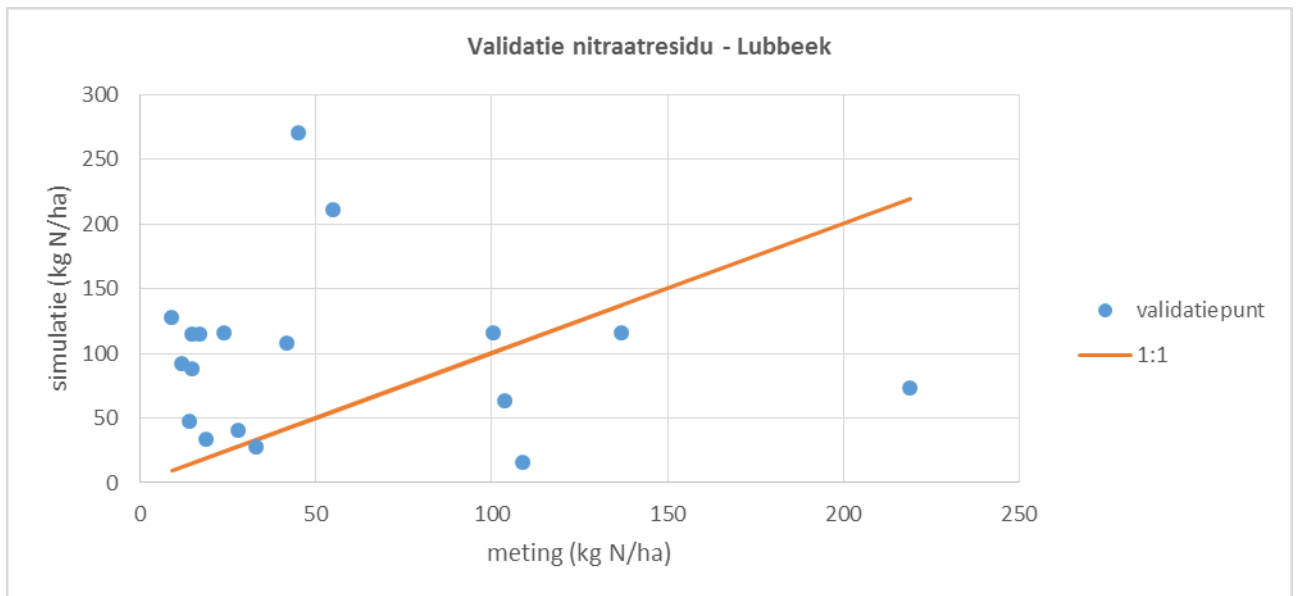
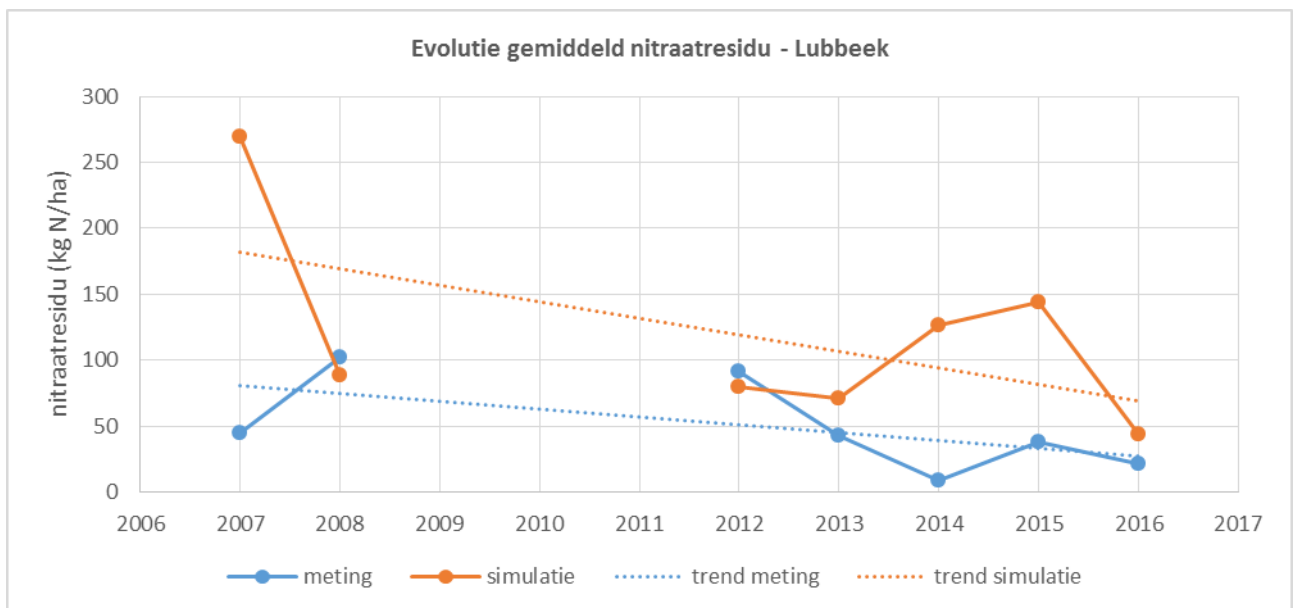


Fig 4.19 Verloop en lineaire trend van het jaarlijks gemiddelde van de gemeten en gesimuleerde nitraatresiduen (0-90 cm)



5 Toepassing van het BFN model : deel verzadigde zone

5.1 Modelinvoer

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 bodemperkolaat 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 5.1) heeft over de hele periode een gemiddelde van 148 mm/jaar. Rond het jaar 2000 was er een periode van 5 jaar dat de jaarlijkse aanvulling merkbaar hoger was dan het gemiddelde. In 2 jaar lag het zelfs boven de 400 mm/jaar.

Het berekende nitraatgehalte in het bodemperkolaat is voorgesteld in fig 5.2. De gemiddelde concentratie in de laatste 10 jaar (2008-2017) lag op 183 mg/l, gedurende de laatste 5 jaar (2013-2017) nog op 145 mg/l. Tot ca 2007 kwamen nog jaren met hoge concentraties voor: regelmatig, maar niet elk jaar, werden concentraties tot ca 400 mg/l gesimuleerd. In de periode rond het jaar 2000 werden veel lagere concentraties berekend. Dit zijn de jaren waarvoor een hoge grondwateraanvulling berekend werd.

Reistijden en grondwater ouderdom

In de testsite Lubbeek speelt de toevoer van grondwater via bronnetjes een rol. Deze ontstaan waar grondwater vanuit de omringende heuvels dichtbij de vallei opwelt. De aanvoer van het water naar deze bronnetjes kan via uitgespoelde stroombanen gebeuren. Waar deze precies lopen en vanwaar ze komen is niet na te gaan. Eenmaal het water in een dergelijke uitgespoelde stroombaan is terecht gekomen, kan de stroming snel gebeuren. De ouderdom van het water dat uit deze bronnetjes komt is moeilijk te achterhalen. Hier werd een mediaan ouderdom van 10 jaar gebruikt.

Fractionerings coëfficiënten en maandelijkse tijdwegingsfactoren

De oppervlakte van het afstroomgebied bedraagt 72.9 ha.

Het seizoenaal concentratieverloop wordt vooral bepaald door verdunning in de winterperiode. Deze verdunning komt door een grotere bijdrage van gereduceerd water in de winter, maar ook door een bijdrage van runoff water. De testsite bestaat uit een vallei met toch sterke topografische gradiënt. Hoe groot de runoff bijdrage is, is zonder continue debietsmetingen aan het MAP meetpunt evenwel niet te begroten.

Mogelijk varieert ook de verhouding tussen geoxideerd (nitraathoudend) en gereduceerd (nitraatvrij) grondwater dat instroomt met het seizoen. Tijdens de twee meetronden van de grondwateranalyses waren de nitraatgehalten tijdens de eerste campagne, voor de zomer, merkkelijk lager dan in de campagne na de zomer. Het model gebruikt een enkele fractioneringsparameter FR_OX om deze verhouding vast te leggen : die kan dus niet seizoenaal variëren. Om een grotere instroming van gereduceerd water te bekomen werd deel van de waterstroom via het drain mechanisme toegevoegd met hoge wegingsfactoren in de wintermaanden en lage in de zomermaanden (tabel 5.1). Op deze wijze fluctueert de verhouding tussen de hoeveelheid geoxideerd en gereduceerd water dat in de beek instroomt. Er wordt 75% van de jaarlijkse aanvulling op deze wijze toegevoegd (FR_DRN is op 0.75 gesteld) : van de overige 25% passeert de helft door de oxidatie zone, de andere helft door de reductiezone (FR_OX is op 0.50 gesteld).

Tabel 5.1 Maandelijke wegingsfactoren in het model van de testsite Asse

maand	Grondwater Aanvulling (%)	Baseflow wegingsfactor	DRAIN inflow geoxideerd water wegingsfactor	DRAIN inflow gereduceerd water wegingsfactor
Jan	25.	2.50	0.00	1.1
Feb	11.	2.75	0.00	1.5
Mar	12.	3.00	0.00	1.2
Apr	10.	2.00	0.00	0.8
Mei	5.	1.50	0.00	0.6
Jun	0.	0.75	0.00	0.4
Jul	0.	0.50	0.00	0.2
Aug	0.	0.20	0.00	0.2
Sep	2.	0.25	0.00	0.3
Oct	9.	0.75	0.00	0.4
Nov	18.	1.50	0.00	0.6
Dec	21.	2.00	0.00	0.8

5.2 Modelresultaten

De berekende concentraties aan het MAP meetpunt voor de hele gesimuleerde periode (1968-2017) zijn voorgesteld in fig 5.3. Het toont dat de hoogste concentraties voorkwamen in de jaren 1990.

Vergelijking van de MAP meetreeks met de modelresultaten (fig 5.4) toont dat het model de seizoenale variaties reproduceert, maar de pieken vallen soms niet in de juiste maand. Dit komt omdat het model met een gemiddelde variatie over de maanden werkt, en die variatie is in elk jaar hetzelfde. In realiteit zal de stroming variëren van jaar tot jaar: zo zullen bv. de minimale en maximale baseflow zullen niet steeds in dezelfde maand vallen en zal ook de grondwateraanvulling niet elke jaar op dezelfde wijze over het jaar verdeeld worden. Ook speelt runoff in dit testgebied een rol, maar de invloed daarvan kan sterk variëren van dag tot dag, afhankelijk van de regenval. Zo kan het model de zeer lage concentraties die soms gemeten worden,

niet reproduceren. De zomerpieken zijn ook vaak hoger dan het model berekent. Stroomopwaarts komt in de beek ook een afwateringsbuis uit van enkele huizen die zich daar bevinden. De rol hiervan is ook niet kwantitatief duidelijk. Derhalve is het moeilijk om voor deze testsite een goede overeenkomst te bekomen tussen de MAP meetreeks en het modelresultaat.

Fig 5.1 Grondwateraanvulling (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone

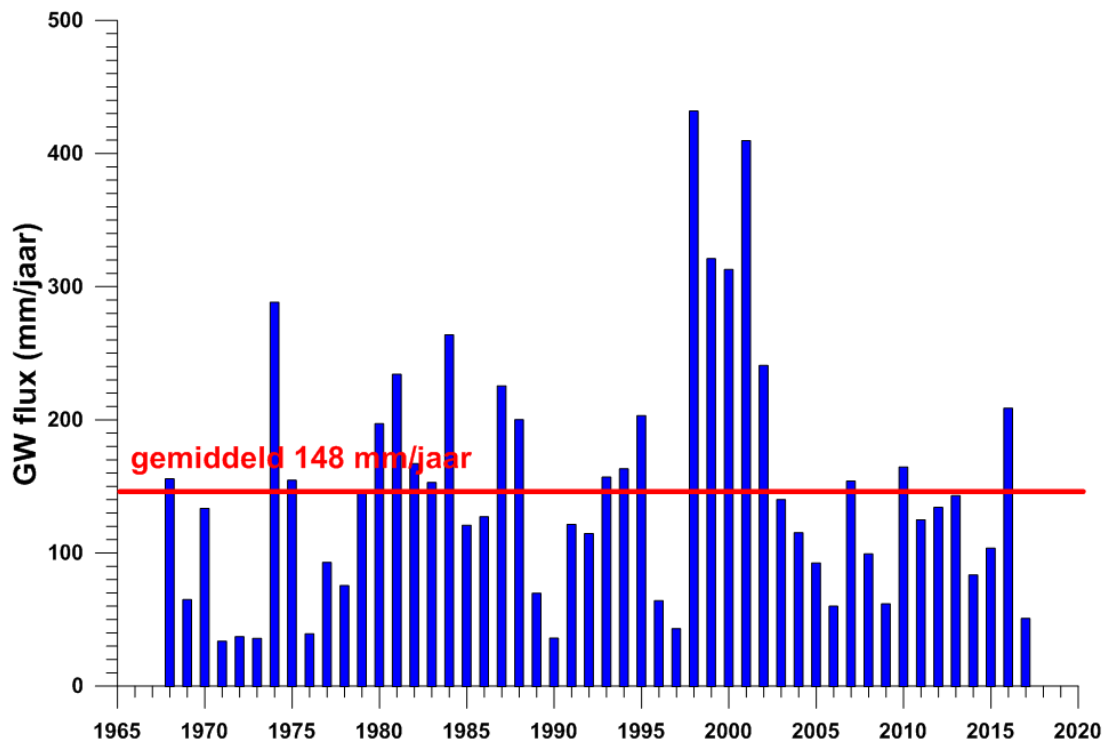


Fig 5.2 Nitraatconcentratie in het bodemperkolaat (1968-2017) berekend met het model van de onverzadigde zone

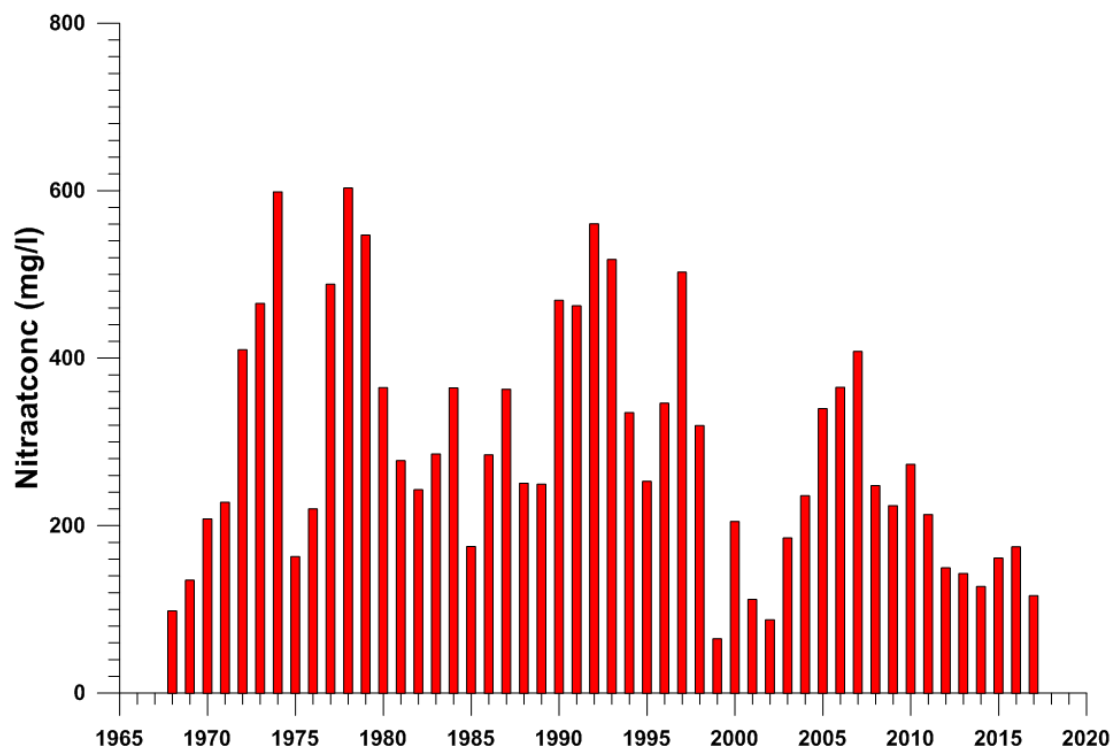


Fig 5.3 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Lubbeek (1968-2017)

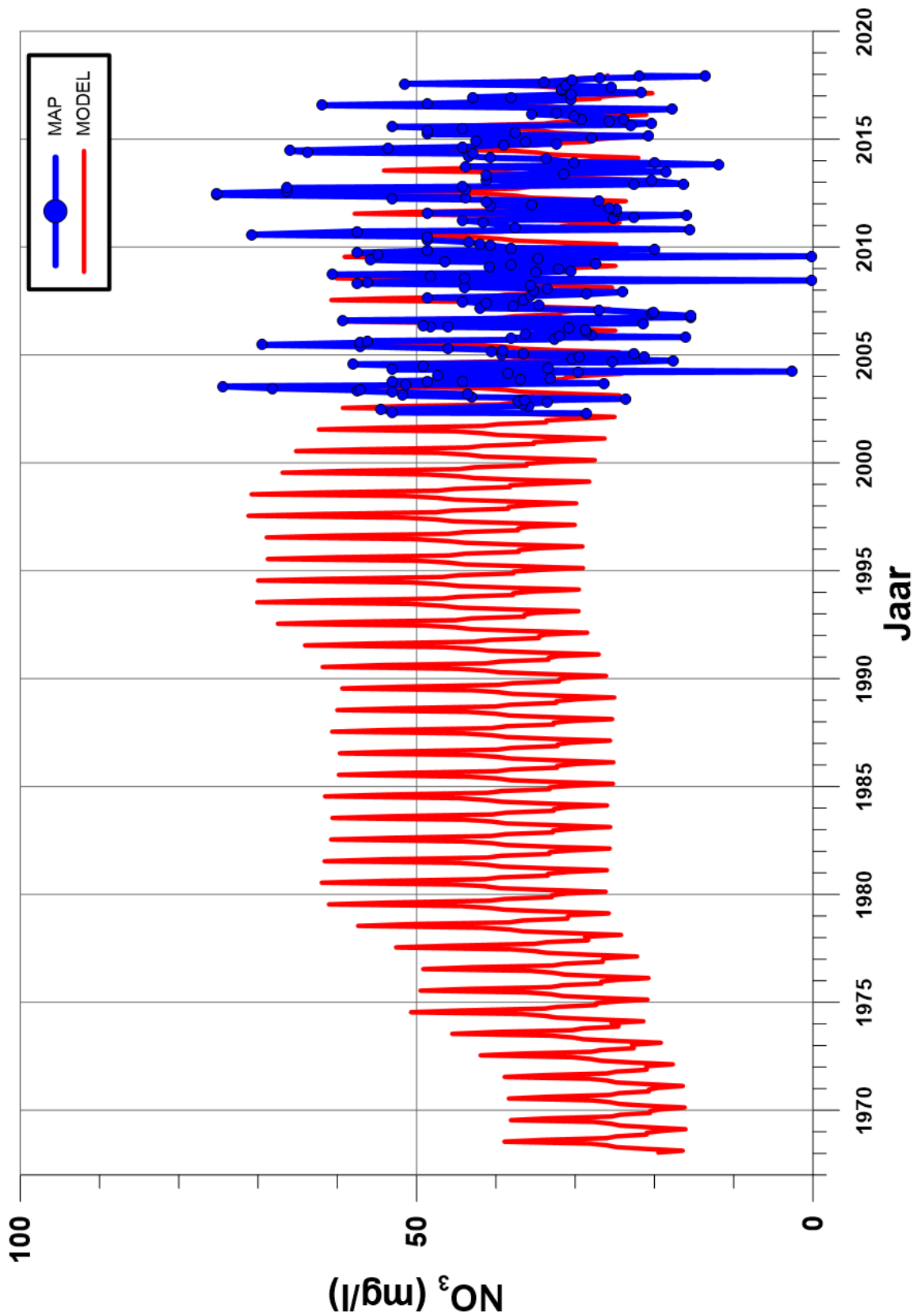
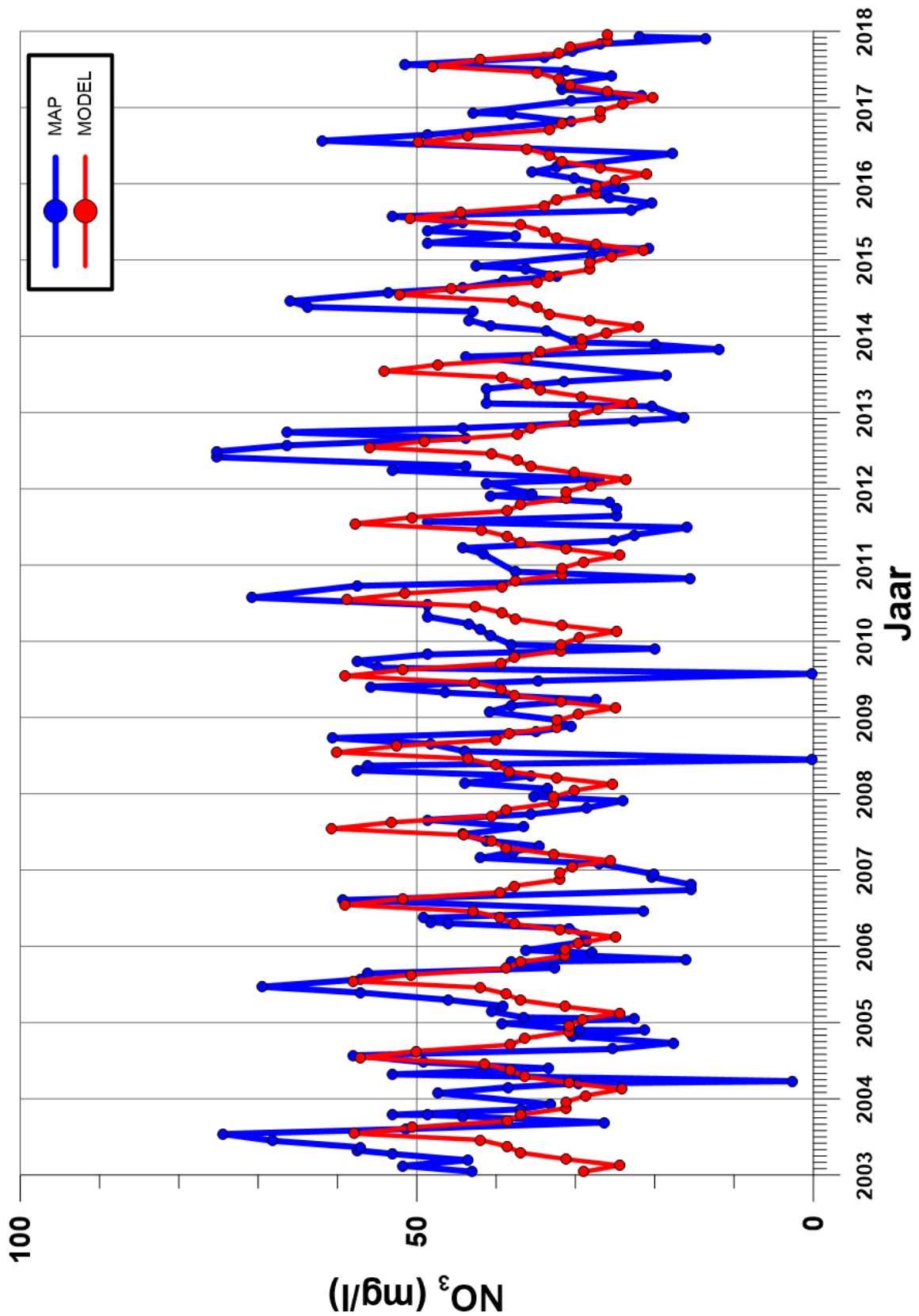


Fig 5.4 Resultaten van het model van de verzadigde zone voor de testsite Lubbeek (vanaf 2003)



6 Synthese en conclusies

De testsite Lubbeek betreft het afstroomgebied van MAP meetpunt 408725 op de Gellenbergbeek/Vloedgracht in de Kwadeschuurstraat in Lubbeek. Het bestaat uit een valleitje waarbij de bron van de beek ca 800 m stroomopwaarts ligt. Het wordt zijdelings omsloten door heuvels, waarbij vooral de oostelijke valleiflank steil is. Het valleitje rust op de Boomse Klei (Formatie van Rupel). De omringende heuvels en het bovenstrooms gedeelte bestaan uit de zanden van Diest (Formatie van Diest). Het quartair dek is dun, in de vallei meer leemhoudend.

Aan het MAP meetpunt wordt een sterk seizoenaal verloop van het nitraatgehalte vastgesteld, waarbij er in de zomerperiode overschrijdingen van de 50 mg/l norm voorkomen. Er treedt blijkbaar in de winterperiode een verdunning op. Dit kan te wijten zijn aan een grotere instroom van gereduceerd grondwater, in combinatie met een grotere runoff bijdrage vermits er in het testgebied een vrij groot topografisch verschil is.

Er werden 5 peilbuizen naast de beek geplaatst waarop twee monsternames werden uitgevoerd: één voor de zomer van 2018 en een tweede na de zomer. Tijdens de eerste campagne werden lage nitraatgehalten opgemeten in combinatie met hoge ijzergehalten. Het maximaal nitraatgehalte was slechts ca 3 mg/l. Tijdens de tweede meetronde waren de nitraatgehalten hoger maar nooit boven de 50 mg/l. Het ijzergehalte was ook lager : het grondwater na de zomer was dus duidelijk meer geoxideerd. Vermoed wordt dat de nitraattoevoer gebeurt via enkele preferentiële stroombanen (flowpaths) die niet door de peilbuizen aangeboord zijn omdat ze wellicht zeer lokaal zijn. Een peilbuis van VMM op de heuvel ten oosten van de testsite, waarvan de filters in de Formatie van Diest zitten, wijzen er op dat het Diestiaan hier zeker tot 14 m diepte geoxideerd is en hoge nitraatgehalten (> 50 mg/l) bevat, maar dieper is het Diestiaan wellicht wel reducerend. Het is mogelijk dat water vanuit de omringende heuvels, via zeer lokale preferentiële wegen naar de beek draineert, voor het nitraatprobleem zorgt.

Er komt ook afvalwater in de beek terecht, maar het belang en de invloed daarvan is niet bekend.

Het stroomgebied Lubbeek grotendeels uit zandleembodems met daarnaast enkele alluviale zand- en kleibodems. Het gebied wordt gekarakteriseerd door landbouw (zowel akkerbouw als voedergewassen) en ook een niet te verwaarlozen aandeel bos. De historische bemestingsdruk is er eerder laag t.o.v. de andere stroomgebieden. De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het percolerend water op een diepte van 90 cm bedraagt 293 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 203 mg NO₃ L⁻¹ gesimuleerd. De lage gesimuleerde waterpercolatie in dit stroomgebied leidt tot een beperktere verdunning van de nitraten die uitspoelen op akkerland en weiland.

Met het model van de verzadigde zone kon wel de seizoenale fluctuaties van het nitraatgehalte benaderend gesimuleerd worden, maar mits aannamen over de seizoenale variatie tussen de verhouding instromend geoxideerd en gereduceerd water. In het model zou ook de runoff bijdrage moeten kunnen opgenomen worden.