



Vlaamse Landmaatschappij
SAMEN INVESTEREN IN DE OPEN RUIMTE

Authority:
Flemish Land Agency
Gulden-Vlieslaan 72, 1060 Brussels

**Establishment and follow-up of a monitoring network of farms to
assess the impact of derogation on the water quality**

Summary (Dutch and English)

October 2011

Consortium:

**Soil Service of Belgium, and
Katholieke Universiteit Leuven, Department of Earth and Environmental
Sciences**

Consortium

Soil Service of Belgium

W. de Croylaan 48, 3001 Leuven-Heverlee



K.U.Leuven

Department of Earth and Environmental Sciences

Celestijnenlaan 200E , 3001 Leuven



Consortium members:

Soil Service of Belgium

Davy Vandervelpen, Mia Tits, Annemie Elsen, Jan Bries and Hilde Vandendriessche

K.U.Leuven

Koen Van Overtveld, Luk Peeters, Philippe Van de Vreken, Okke Batelaan, Jos Van Orshoven, Jan Vanderborcht and Jan Diels

Steering Group members:

Sofie Ducheyne (VLM), Koen Desimpelaere (VLM), Els Lesage (VLM), Karl Cordemans (VLM), Dirk Struyf (VLM), Ralf Eppinger (VMM), Kor Van Hoof (VMM), Tom D'Heygere (VMM), Andy Oeyen (LV-AMS), Dirk Van Gijsegem (LV-AMS), Guy Depraetere (ABS), Albert Bohnen (BB), Guy Vandepoel (BB), VAC, Joost Salomez (LNE) and Peter Van Bossuyt (kabinet Minister van Leefmilieu).

1	Samenvatting.....	4
1.1	Doel van het onderzoek	4
1.2	Opzet van het monitoringnetwerk.....	4
1.2.1	Selectie vanuit het MAP meetnet grondwater.....	5
1.2.2	Selectie van percelen bij kandidaat deelnemers.....	6
1.2.3	Overzicht deelnemende bedrijven en geselecteerde percelen.....	8
1.3	Metingen en resultaten.....	9
1.3.1	Standaardgrondanalyse	9
1.3.2	N bemestingsadvies.....	11
1.3.3	Uitgevoerde bemesting.....	11
1.3.4	Opbrengstgegevens.....	12
1.3.5	Nitraat in het bodemprofiel.....	13
1.3.6	Nitraat in oppervlakte en grondwater	15
1.3.7	Fosfor in de bodemstalen	16
1.3.8	Fosfor in waterstalen	17
1.3.9	Burns model.....	18
1.3.10	Nutriëntenbalansen	19
1.4	Besluit.....	20
2	Summary.....	22
2.1	Purpose of the investigation	22
2.2	Selection of farms and 225 parcels.....	22
2.2.1	Selection based on the MAP sampling points for groundwater.....	22
2.2.2	Selection with candidate farmers	24
2.2.3	Overview of farms and parcels in the monitoring network.....	25
2.3	Measurements and results	27
2.3.1	SSB standard soil sample.....	27
2.3.2	N-fertilization advice	28
2.3.3	Fertilization practices.....	28
2.3.4	Yield	30
2.3.5	Nitrate in the soil profile	30
2.3.6	Nitrate in the surface and groundwater	32
2.3.7	Phosphorous in soil samples	34
2.3.8	Phosphorous in water samples.....	34
2.3.9	Burns model.....	35
2.3.10	Nutrient balance	37
2.4	Conclusions	38

1 Samenvatting

1.1 Doel van het onderzoek

In de derogatiebeschikking van 21 december 2007 keurde de Europese Commissie het Vlaamse verzoek goed om in welbepaalde gevallen een afwijking te bekomen van de algemene bemestingsnorm van 170 kg N per ha uit dierlijke mest (derogatieverzoek). Deze afwijking werd toegestaan voor de teelten gras, maïs voorafgegaan aan een snede gemaaid en afgevoerd gras, suikerbieten, voederbieten en wintertarwe gevolgd door een niet vlinderbloemige groenbemester. Dit zijn allemaal gewassen of gewas combinaties met een lang groeiseizoen en een hoge nutriëntenopname.

De derogatiebeschikking van 2007 bevat een aantal strikte voorwaarden voor de landbouwers die derogatie op hun percelen toepassen alsook voor de overheid. De voorwaarden voor de overheid hebben betrekking op monitoring, controle en rapportering. Het huidige onderzoek kadert volledig binnen het aspect monitoring. Hiervoor diende er een monitoringnetwerk opgezet te worden van minstens 150 landbouwbedrijven waarbij ongeveer de helft derogatie aanvraagt (afwijking van de algemene bemestingsnorm voor dierlijke mest) en de andere helft geen derogatie aanvraagt. Zo kunnen er gegevens verzameld worden van situaties zonder en met derogatie. De monitoringlocaties dienden zodanig geselecteerd te worden dat het derogatiemonitoringnetwerk representatief is voor minstens de verschillende bodemtypes (zand, zandleem, leem en klei), gewassen (gras, maïs, wintertarwe en bieten) en bemestingspraktijken. Een intensievere monitoring op zandbodems dient uitgevoerd te worden.

Het derogatiemonitoringnetwerk moet informatie opleveren omtrent de bemestingspraktijken van de verschillende landbouwbedrijven, stikstof en fosforconcentraties in het bodemwater, minerale stikstof in het bodemprofiel, stikstof en fosforverliezen naar het grondwater, afspoeling naar het oppervlaktewater en uitspoeling via de ondergrond. Naast verschillende metingen worden hiervoor ook rekenkundige modellen gebruikt om de verliezen te begroten.

1.2 Opzet van het monitoringnetwerk

Het monitoringnetwerk in het kader van de derogatie werd opgezet in 2009. Het doel van het monitoringnetwerk is om tenminste 150 landbouwbedrijven te selecteren voor situaties met en zonder derogatie. Bij deze 150 landbouwbedrijven wordt er 1 of meerdere percelen opgevolgd om een meetnet van minstens 225 landbouwpercelen te bekomen. Derogatie in Vlaanderen wordt voornamelijk aangevraagd door intensieve melkveebedrijven op de zandgronden. Het

monitoringnetwerk moet representatief zijn voor de uitgevoerde landbouwpraktijken in Vlaanderen. Hierdoor zal er een intensievere monitoring gebeuren op de zandgronden, wat de beschikking daarenboven ook voorschrijft. De selectie van de percelen zal voornamelijk bestaan uit zand en zandleem gronden met de teelt van gras en maïs. Er werd getracht om voor iedere bodem-gewas combinatie evenveel derogatiepercelen als niet derogatiepercelen te selecteren zodat een vergelijking tussen situaties met en zonder derogatie telkens uitgevoerd kan worden.

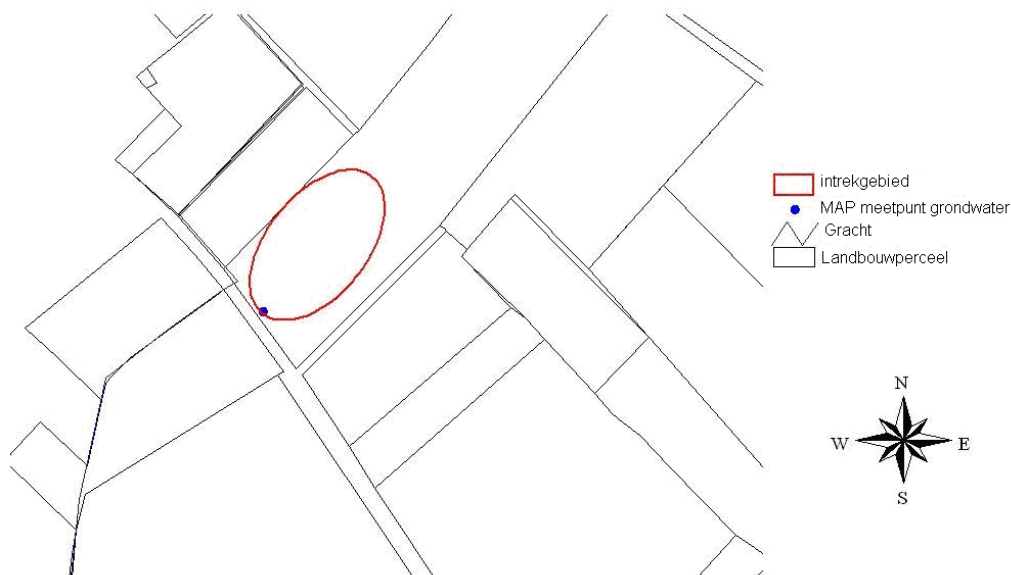
1.2.1 Selectie vanuit het MAP meetnet grondwater

Het doel van de studie is de evaluatie van het effect van derogatie op de waterkwaliteit in Vlaanderen. Daarom wordt er bij de selectie van percelen gestart vanuit het MAP meetnet grondwater. In heel Vlaanderen is er een netwerk van meer dan 2100 meetpunten ter evaluatie van de grondwaterkwaliteit (MAP meetpunten grondwater). Deze putten bestaan per locatie meestal uit 3 peilbuizen die op een verschillende diepte zitten. De bovenste filter bevindt zich in de bodemlaag waar er nog zuurstof aanwezig is. In deze bodemlaag wordt er nog geen nitraat afgebroken. Nitraatconcentraties gemeten in waterstalen afkomstig van de bovenste peilbuis kunnen gekoppeld worden aan de hoeveelheid nitraat dat uit de wortelzone naar de diepere bodemlagen percoleert. De nitraatconcentraties gemeten in de diepere filters waar geen zuurstof meer aanwezig is kan al gedeeltelijk zijn afgebrokenen zijn dus niet relevant in het kader van het monitoringnetwerk derogatie.

Voor de koppeling tussen nitraatconcentraties gemeten in een peilbuis met de uitgevoerde bemestingspraktijk op perceelsniveau zijn 2 parameters zeer belangrijk: de reistijd en het intrekgebied. De reistijd is de tijd dat het water nodig heeft om vanuit de wortelzone naar de filter van de peilbuis te reizen. Het intrekgebied geeft aan vanwaar (welke oppervlakte) het water in de peilbuis afkomstig is. In eerste instantie werden voor alle 2100 MAP meetpunten grondwater de reistijd en het intrekgebied van de bovenste peilbuis bepaald. Iedere peilbuis bestaat onderaan uit een filter. Water dat in het midden van de filter toekomt is afkomstig van een infiltratiepunt bovenaan het oppervlak. Omdat een filter meestal 0.5 m lang is, is het water in een peilbuis niet afkomstig van 1 punt maar van een groter sigaarvormig oppervlak. Om rekening te houden met de grootte van de filter en enkele onzekerheden werd er voor iedere peilbuis een groter ellipsvormig oppervlak afgebakend waarvan het water afkomstig is. Deze ellips vormt het intrekgebied. Naast de oppervlakte vanwaar het water in de filter afkomstig is, is ook de tijd die het water nodig heeft om van het oppervlak tot de filter te reizen van belang. Deze reistijd is nodig om een meting van het nitraatresidu in het bodemprofiel op een bepaald moment te

kunnen koppelen aan een waterstaal gemeten in een welbepaald jaar. Enkel de peilbuizen met een reistijd van maximum 3 jaar werden geselecteerd.

Nadat de reistijd en het intrekgebied voor alle peilbuizen werd bepaald, werden deze peilbuizen geselecteerd waarvoor het intrekgebied gunstig was. Een gunstig intrekgebied moest aan enkele voorwaarden voldoen. Indien het volledige intrekgebied binnen één landbouwperceel gelegen is, is het bruikbaar op voorwaarde dat het een voldoende groot intrekgebied is (Figuur 1). Wanneer het intrekgebied binnen meerdere landbouwpercelen gelegen is, is dit enkel bruikbaar indien maximum 2 percelen het intrekgebied beïnvloeden. In dit geval moeten beide percelen dezelfde eigenschappen hebben wat betreft teelt en derogatievoorwaarde. Op basis van deze criteria werden bruikbare intrekgebieden geselecteerd en werden landbouwers gecontacteerd met de vraag om deel te nemen aan het onderzoek. Vooraleer een landbouwperceel definitief werd geselecteerd, werd er op basis van informatie verkregen van de landbouwer nagegaan door welke teelt en door welk bodemtype het perceel gekenmerkt was.



Figuur 1: Een intrekgebied van een MAP meetpunt grondwater volledig binnen 1 landbouwperceel gelegen. Dit is een bruikbaar intrekgebied.

Bij deze eerste selectie werden er 117 landbouwpercelen geselecteerd. Voor ieder perceel is het mogelijk om naast bodemstalen telkens een waterstaal te nemen van een MAP meetpunt grondwater gekoppeld aan het geselecteerde perceel.

1.2.2 Selectie van percelen bij kandidaat deelnemers

De selectie vanuit het MAP meetnet grondwater resulteerde niet in een voldoende aantal bruikbare percelen (117 percelen, waarvan 31 derogatiepercelen en 86 niet-derogatie percelen).

Daarom werden er bijkomende percelen gezocht bij kandidaat deelnemers. Om landbouwers te motiveren deel te nemen aan het onderzoek werd de hulp van de landbouworganisaties ingeschakeld. De selectie van de verschillende percelen was gebaseerd op een aantal criteria waaronder: bodemtype, teelt, derogatievoorwaarde, oppervlakte en grondwaterstand. Deze gegevens werden bekomen aan de hand van de landbouwers en verschillende bodemlagen die GIS matig werden bestudeerd. Op die manier werd er bij iedere kandidaat deelnemer een voorlopige selectie van percelen gemaakt. Om ook op deze percelen een meting van het grondwater te kunnen uitvoeren werd er op 50 locaties een peilbuis geplaatst. De plaatsing van deze peilbuizen werd zo uitgevoerd dat het water in de peilbuis afkomstig is van het geselecteerde perceel. Hiervoor is niet alleen de plaats maar ook de diepte van de peilbuis zeer belangrijk. Op basis van dezelfde modellen en berekeningen als uitgevoerd voor de MAP meetpunten grondwater werd er vooraf bepaald waar (welke zijde van het perceel) de peilbuis moest geplaatst worden. De diepte van de peilbuis was vooral belangrijk voor de reistijd en de grootte van het intrekgebied. Hiervoor werden er telkens voor een verschillende diepte hypothetische peilbuizen geplaatst voor het midden van het geselecteerde perceel (Figuur 2).



Figuur 2: intrekgebieden voor een hypothetische peilbuis geplaatst in het midden van een perceel op een verschillende diepte. Voor iedere diepte (0,95m; 1,45m; 2,45m en 3,45m) is ook de reistijd weergegeven.

Na de selectie van 50 extra percelen waar een peilbuis werd geplaatst werd de groep van percelen verder uitgebreid met percelen gelegen bij kandidaat deelnemers. Voor de verdere selectie van deze percelen waren bodemtype, teelt en derogatievoorwaarden de belangrijkste criteria. Op basis

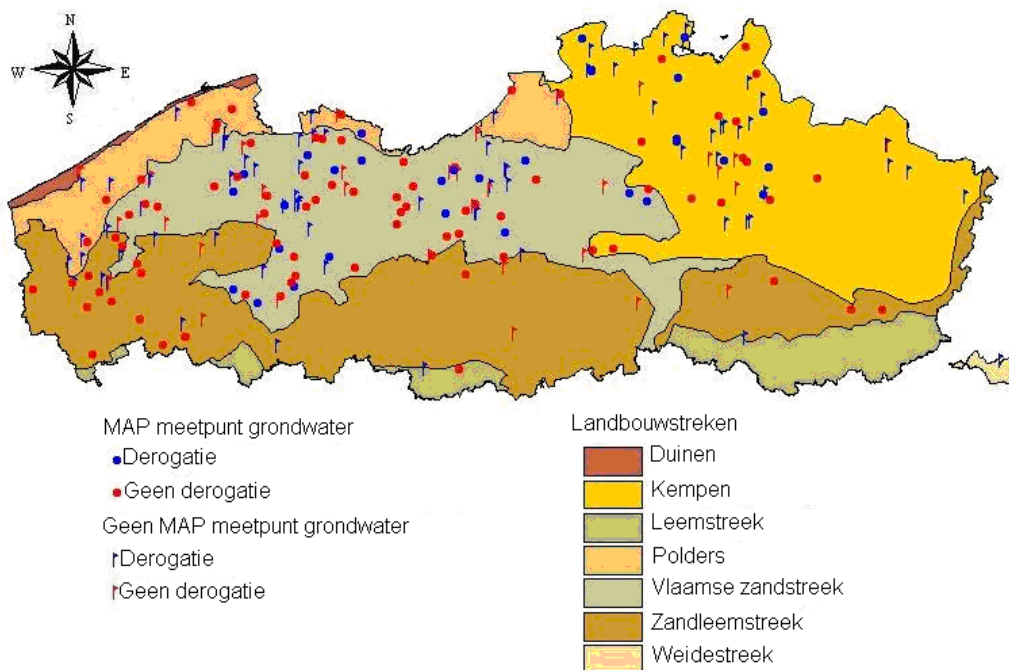
van deze selectie werd een meetnet van meer dan 225 percelen bekomen dat voldoet aan de verdeling zoals voorzien in Tabel 1.

Tabel 1: Vooropgestelde verdeling van de perceelskenmerken van het monitoringnetwerk.

criterium	Verdeling
Derogatie/niet derogatie	50/50
Zand/zandleem/leem/klei	50/30/10/10
Gras/maïs/wintertarwe/bieten	50/30/15/5

1.2.3 Overzicht deelnemende bedrijven en geselecteerde percelen

Na de selectie van percelen gelegen in het intrekgebied van een MAP meetpunt grondwater, percelen met een zelfgeplaatste peilbuis en een aantal extra percelen bij kandidaat deelnemers werd een meetnet bekomen van 227 percelen bij 188 verschillende landbouwbedrijven. Op basis van de perceelsgegevens 2009 waren dit 91 derogatiebedrijven en 97 niet-derogatiebedrijven. Van de 227 percelen waren er in 2009 107 derogatiepercelen en 120 niet-derogatiepercelen. Meer dan de helft van de percelen van het meetnet zijn gelegen in de zandgronden, vervolgens zijn nog een groot aantal gekenmerkt door het bodemtype zandleem. De ruimtelijke spreiding van de percelen wordt weergegeven in Figuur 3. Percelen geselecteerd voor het monitoringnetwerk liggen over heel Vlaanderen verspreid. Gedurende de onderzoeksperiode werden er geen wijzigingen aangebracht aan de selectie van percelen.



Figuur 3: Ruimtelijke spreiding van de 227 percelen in het derogatiemonitoringnetwerk. Derogatiepercelen (blauw) en niet-derogatiepercelen (rood) zijn afzonderlijk weergegeven samen met de ligging van een MAP meetpunt grondwater (bolletjes).

Er zijn 117 percelen gelegen in het intrekgebied van een MAP meetpunt grondwater en 50 percelen bevatten een zelfgeplaatste peilbuis. Voor deze 167 percelen kan er een waterstaal genomen worden afkomstig van het opgevolgde perceel. Dit waterstaal kan gekoppeld worden aan de perceelskenmerken (teelt, derogatie, uitgevoerde landbouwpraktijk) op basis van de berekende reistijd voor het betreffende meetpunt. Van deze 167 percelen zijn er in 2009, 73 derogatiepercelen en 94 niet-derogatiepercelen. Percelen met een diepere grondwaterstand (>1.5m) worden meestal ook gekenmerkt door een langere reistijd. Voor deze percelen werd een bodemstaal genomen van 90 tot 150 cm in 2 lagen. Op basis van dit bodemstaal wordt de concentratie van nitraat en fosfaat in het diepere bodemwater opgevolgd voor deze percelen. Voor een beperkt aantal percelen werd een waterstaal bekomen van een drainagebuis of een gracht waaraan het perceel gekoppeld kan worden.

Het opgestelde monitoringmeetnet laat toe om van een groot aantal percelen een waterstaal te bekomen gekoppeld aan het opgevolgde perceel. Op die manier kan voor deze percelen informatie verkregen worden over de uitspoeling van fosfor en nitraat naar het oppervlakte- en grondwater. Voor een reeks percelen wordt deze informatie bekomen door metingen in drainage en grachten of door het meten van nitraten en fosfaten in de diepere bodemlagen. De bemonstering van de bouwlaag en de opvolging van de hoeveelheid nitraat in het bodemprofiel van 0 tot 90 cm gebeurt voor alle percelen op dezelfde manier. Alle metingen werden telkens voor en na een winterperiode uitgevoerd.

1.3 Metingen en resultaten

Na de selectie van de verschillende bedrijven en bijhorende percelen werden eind 2009 de eerste metingen van bodem en water uitgevoerd. Deze metingen werden in het voor- en najaar van 2010 en in het voorjaar 2011 herhaald. Gedurende het groeiseizoen werden ook mestanalyses van de organische meststoffen en extra bodemstalen genomen voor de opmaak van perceelspecifieke bemestingsadviezen.

1.3.1 Standaardgrondanalyse

Eind 2009 werd ieder perceel in het monitoringnetwerk bemonsterd aan de hand van een standaardgrondanalyse. Deze standaardgrondanalyse is belangrijk om de actuele bodemvruchtbaarheid van het perceel te kennen. 2 zeer belangrijke parameters die gemeten worden aan de hand van de standaardgrondanalyse zijn de zuurtegraad (pH) en het koolstofgehalte (% C). De pH van het perceel is zeer belangrijk om een goede opname en

beschikbaarheid van de aanwezige nutriënten voor de plant te realiseren. Het koolstofgehalte van een perceel is een maat voor het organische stofgehalte. Indien het organische stofgehalte van een perceel hoger is kan dit perceel meer nutriënten beschikbaar stellen (door mineralisatie) voor het groeiende gewas. Door het bepalen van het koolstofgehalte kan hiermee rekening worden gehouden in de bemesting van het perceel. Dit is belangrijk voor een optimale gewasgroei en het trachten te beheersen van het nitraatresidu in het najaar. Naast het leveren van nutriënten is een goed organisch stofgehalte van de bodem ook belangrijk voor een goede vochtvoorziening, structuur en bewerkbaarheid van het perceel. Naast pH en koolstofgehalte worden ook de meest belangrijke elementen voor een goede plantengroei gemeten met de standaardgrondanalyse, dit zijn P, K, Mg, Na en Ca.

Samen met de meting van de verschillende parameters worden deze ook beoordeeld. Voor elke gemeten parameter werden verschillende bodemvruchtbaarheidsklasse opgesteld. Deze bodemvruchtbaarheidsklasse zijn ontwikkeld door de Bodemkundige Dienst van België en zijn gebaseerd op proefveldonderzoek en afhankelijk van het bodemtype en organisch stofgehalte van het perceel. Voor iedere parameter wordt er een streefzone opgesteld, dit is de zone waarin door een normale bemesting een optimale gewasgroei en opbrengst kan bekomen worden. Indien de waarde van een parameter beneden zijn streefzone gelegen is, zal het bemestingsadvies op een hoger niveau liggen. Indien een parameter boven de streefzone gelegen is zal er bespaard kunnen worden op bemesting. Omdat de verschillende bodemvruchtbaarheidsklassen afhankelijke zijn van bodemtype en organische stofgehalte, is ook de streefzone voor een parameter perceelsspecifiek.

Op basis van de standaardgrondontleding wordt er een bekalking en bemestingsadvies geformuleerd aan de landbouwer voor 3 opeenvolgende groeiseizoenen. Het advies wordt berekend aan de hand van het BEMEX (BEMEstingsExpertsysteem) expertsysteem, ontwikkeld door de Bodemkundige Dienst van België. Dit advies is afhankelijk van de analyses van de gemeten parameters maar ook van de opgegeven teeltrotatie. Zo zal er rekening gehouden worden met de verschillende gewassen die geteeld worden om een optimale productie en kwaliteit te behalen. De geadviseerde bemesting is ook nodig om de bodem in een optimale toestand te houden en deze niet uit te putten.

Voor de vergelijking van de verschillende percelen wordt er onderscheid gemaakt tussen grasland en akkerland. Grasland wordt gemiddeld gezien gekarakteriseerd door een lager fosforgehalte en een iets lagere pH. Voor akkerland ligt een groter aandeel van de percelen binnen de streefzone voor de parameters pH en koolstof. Voor fosfor ligt een groot deel van de percelen boven de streefzone, zeker voor akkerland. Bij de vergelijking van derogatie met niet-derogatiepercelen worden er geen statische verschillen vastgesteld op basis van de standaardgrondanalyse.

1.3.2 N bemestingsadvies

Voor ieder perceel in het monitoringnetwerk werd aan het begin van het groeiseizoen een gedetailleerd N bemestingsadvies geformuleerd. Dit advies werd berekend met behulp van het N-index expertsysteem van de BDB. De N-index is een maat voor de hoeveelheid N die in de bodem aanwezig is en die gedurende het groeiseizoen nog voor het groeiende gewas beschikbaar komt. De bodemvoorraad wordt bepaald aan de hand van een meting van de hoeveelheid minerale stikstof na de winter, vlak voor het nieuwe groeiseizoen. De hoeveelheid stikstof die gedurende het groeiseizoen nog gaat vrijkomen (mineralisatie) wordt berekend aan de hand van allerlei informatie zoals percentage koolstof, bodemtype, oogstresten vorige teelt, organische bemesting, ... Factoren die een negatief effect hebben op de N-index zijn een te lage pH en eventueel uitspoelingverliezen. Het uiteindelijke advies neemt dan allerlei factoren in rekening zoals teelt, zaaitijdstip, oogstdatum, Aan de hand van het N bemestingsadvies kan een landbouwer een economisch optimale productie realiseren en wordt er getracht het nitraatresidu na de teelt zo goed mogelijk te beheersen. Een N bemestingsadvies werd opgesteld voor het groeiseizoen 2010 en 2011.

1.3.3 Uitgevoerde bemesting

Op basis van het perceelsspecifieke bemestingsadvies kan de landbouwer zijn bemestingshoeveelheid afstellen om een optimale productie te behalen. Het advies geeft weer hoeveel kilogram werkzame N per hectare moet toegediend worden. Om dit advies in te vullen heeft de landbouwer de keuze uit organische en minerale meststoffen. Bij het gebruik van organische meststoffen is de variatie in samenstelling tussen verschillende bedrijven en zelfs binnen het bedrijf vrij groot zodat een gemiddelde samenstelling geen juiste weergave is van de exacte inhoud van de mestsoort. Daarom werd er van de gebruikte organische meststoffen op de percelen in het monitoringnetwerk een mestanalyse uitgevoerd om de werkelijke samenstelling te kennen. Deze bemonstering werd uitgevoerd tijdens het uitvoeren van de bemesting of in de opslagplaats (al dan niet gemixed) volgens het BAM. Aan de hand van deze analyse kent de landbouwer de inhoud van de gebruikte mest en de bemestingswaarde van deze meststof in functie van het toedieningstijdstip. Naast het afstellen van de bemesting voor de landbouwer werden deze analyses ook gebruikt om te kunnen weergeven hoeveel nutriënten (N en P_2O_3) er werkelijk op het perceel worden aangebracht.

Op derogatiebedrijven (meestal melkveebedrijven) is de meest gebruikte mestsoort runderdrijfmest. Op niet derogatiebedrijven wordt ook regelmatig varkensdrijfmest gebruikt. Op de meeste percelen (zowel derogatie als niet-derogatiepercelen) in het monitoringnetwerk wordt

een deel van de bemesting ingevuld met een organische meststof. Informatie over de bemesting (hoeveelheid, tijdstip, soort en toedieningswijze) werd bekomen via de landbouwers. Deze gegevens zijn beschikbaar voor het groeiseizoen 2009 en 2010. Voornamelijk voor het groeiseizoen 2010 zijn er van bijna alle percelen waar organische mest gebruikt werd, mestanalyses beschikbaar. Voor beide seizoenen liggen de bemestingsgegevens in dezelfde lijn en zijn er duidelijk verschillen tussen derogatie en niet-derogatiepercelen.

Voor 2010 worden de bemestingsgegevens voor grasland en maïs weergegeven in Tabel 2. Zowel bij maïs als bij grasland is de bemesting uit organische meststoffen duidelijk op een hoger niveau bij derogatiepercelen in vergelijking met niet-derogatiepercelen. Naast het aandeel aan organische bemesting is ook het aandeel aan minerale bemesting bij derogatiepercelen niet op een lager niveau. Hieruit volgt dat ook de totale bemesting en de hoeveelheid werkzame stikstof bij derogatiepercelen duidelijk groter is dan bij niet derogatiepercelen. Dit wil zeggen dat derogatie niet enkel wordt aangevraagd door derogatiebedrijven maar ook werkelijk wordt ingevuld. Dit is een belangrijk gegeven bij de interpretatie van de meetresultaten.

Tabel 2: input van nutriënten (N en P₂O₅) voor derogatie en niet-derogatiepercelen in 2010. Hoeveelheden zijn afzonderlijk weergegeven voor minerale, organische en totale bemesting voor gras en maïs percelen.

Nutriënten input (kg/ha)	Mineraal		Organisch		Totaal	
	N	P ₂ O ₅	NTot	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
	derogatiepercelen					
Gras	141	2	255	86	396	88
Maïs + 1 snede gras	62	5	227	77	289	82
	niet-derogatiepercelen					
Gras	94	2	158	64	252	66
Korrelmaïs	36	7	159	74	195	81
Voedermaïs	57	1	175	75	232	76

Naast de hoeveelheid toegediende meststoffen werden er ook gegevens verzameld omtrent de wijze van toediening en het toedieningstijdstip. Deze gegevens zijn belangrijk om de verliezen (vervluchtiging) tijdens het toedienen te kunnen begroten. Zo zal er bij toediening door rechtstreekse begrazing een groter deel van de opgebrachte N vervluchtigen dan wanneer er drijfmest wordt geïnjecteerd.

1.3.4 Opbrengstgegevens

Om een goede interpretatie en verklaring van de meetgegevens te verkrijgen is het belangrijk om een idee te hebben van de opbrengstgegevens van de verschillende percelen in het

monitoringmeetnet. Gegevens met betrekking tot de opbrengst werden bekomen bij de landbouwers. Het was niet altijd evident om zeer exacte cijfers te bekomen, zeker niet voor graslandpercelen met grazend vee of voor maïs percelen waar de oogst niet gewogen werd. Voor deze percelen werd er gebruikt gemaakt van verschillende beoordelingsklasse samen met bemestingsgegevens en de opmerkingen van landbouwers (droogte, ...). Ook in de opbrengstgegevens waren er duidelijk verschillen tussen teelten en tussen derogatie en niet-derogatiepercelen. Voor grasland was de afvoer aan N en P duidelijk hoger bij derogatiepercelen in vergelijking met niet-derogatiepercelen. Grootste oorzaak hierbij is dat bij derogatiepercelen meer snedes per jaar gemaaid worden in vergelijking met niet-derogatiepercelen. Vooral percelen die enkel gemaaid worden, zijn gekenmerkt door hogere opbrengsten per hectare per jaar. Voor maïs was er bij derogatiepercelen gemiddeld een hogere afvoer aan nutriënten door de snede gras die voor de maïs geteeld en geoogst wordt.

1.3.5 Nitraat in het bodemprofiel

Een zeer belangrijke meting gedurende het onderzoek was het opvolgen van het nitraatgehalte in het bodemprofiel. Omdat het doel is om het effect van derogatie na te gaan op de waterkwaliteit en vooral te kunnen inschatten of er een grotere hoeveelheid aan nitraten uitspoelt naar het oppervlakte- en grondwater is het nitraatresidu op het einde van het groeiseizoen een zeer nuttige parameter. Het nitraatresidu is de hoeveelheid aan nitraatstikstof aanwezig in het bodemprofiel van 0 tot 90 cm in de periode 1 oktober – 15 november (vóór de winterperiode). Deze hoeveelheid aan nitraat is de potentiële hoeveelheid die kan uitspoelen gedurende de winterperiode. Dit werd gemeten op alle percelen in het monitoringnetwerk eind 2009 en eind 2010 (telkens in de periode 1 oktober-15 november).

Tabel 3: Gemiddeld nitraatgehalte (kg nitraat-N/ha) in het bodemprofiel eind 2010 (nitraatresidu). Hoeveelheden aan nitraat zijn per teelt afzonderlijk weergegeven voor derogatie en niet-derogatiepercelen.

2010	Gewas	n	Nitraat-N (kg/ha)			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Derogatie		106				
	Gras (maaïen en begrazen)	40	18	16	16	50
	Gras (enkel maaïen)	26	17	13	9	39
	Voedermaïs	36	26	30	20	76
	Bieten	2	12	10	7	29
	Wintertarwe	2	18	12	10	40
Geen derogatie		116				
	Gras (maaïen en begrazen)	37	17	14	12	43
	Voedermaïs	30	28	31	23	82
	Korrelmaïs	13	19	22	18	59
	Bieten	1	14	12	7	33
	Wintertarwe	10	15	15	19	49
	Andere	25	18	25	27	70

De resultaten van de nitraatresidumetingen voor 2010 staan weergegeven in Tabel 3. Enkele belangrijke conclusies kunnen op basis van deze tabel gemaakt worden. De hoeveelheden nitraat op het einde van het groeiseizoen lagen duidelijk op een lager niveau in 2010 in vergelijking met 2009. Dit was ook zo voor de andere nitraatresidumetingen in Vlaanderen die werden uitgevoerd in opdracht van de VLM. Zowel voor het jaar 2009 als 2010 konden er geen statistisch significante verschillen aangetoond worden in nitraatresidu tussen derogatie en niet-derogatiepercelen. De vergelijking tussen derogatie en niet-derogatiepercelen werd gemaakt voor alle percelen in het algemeen en voor afzonderlijke combinaties van bodemtype en teelt (bijvoorbeeld gras op zandbodem met derogatie vs gras op zandbodem zonder derogatie). Ook werden nitraat hoeveelheden vergeleken voor het volledige bodemprofiel (0 tot 90 cm) en voor de verschillende bodemlagen per 30 cm afzonderlijk. Uit Tabel 3 is duidelijk dat er verschillen zijn in nitraatresidumeting tussen verschillende teelten, de verschillen tussen teelten zijn groter dan eventuele verschillen tussen derogatie en niet-derogatiepercelen. Grasland haalt gemiddeld de laagste nitraatresidumetingen. Niet-derogatieteelten en in een aantal gevallen maïs behalen de minst goede resultaten en dus de hoogste nitraatresidumetingen. Deze conclusies zijn geldig voor 2009 en voor 2010.

Niet enkel in het najaar werd de hoeveelheid aan nitraat in het bodemprofiel gemeten, dit werd ook bepaald in het voorjaar (2010 en 2011). Deze meting in het voorjaar is belangrijk om op basis van de bodemvoorraad een perceelspecifiek bemestingsadvies te formuleren. Daarnaast kan een meting net na de winter een indicatie vormen van de hoeveelheid nitraat dat uit het bodemprofiel is weggespoeld. Wanneer na de winterperiode een vergelijking wordt gemaakt van de bodemvoorraad tussen derogatie en niet-derogatiepercelen worden geen statistische verschillen gevonden. Dit werd ook onderzocht voor specifieke combinaties van bodemtype en gewas.

Op een beperkt aantal percelen werd ook het nitraatgehalte bepaald in de diepere bodemlagen. Dit was telkens de bodemlaag van 90 tot 120 cm en van 120 tot 150 cm. Voor deze diepere bodemlagen was er een goede correlatie met het nitraatgehalte in de bovenste lagen, hogere waarden van het nitraatresidu (0 tot 90 cm) vertalen zich ook naar hogere waarden van nitraat in de diepere bodemlagen. Dit geeft aan dat hogere nitraatresiduwaarden wel degelijk aanleiding geven tot meer uitspoeling naar oppervlakte en grondwater. Bij de vergelijking van het nitraatgehalte in de diepere bodemlagen tussen derogatie en niet-derogatiepercelen werden er geen statistische verschillen gevonden. Deze vergelijking werd telkens uitgevoerd tussen alle derogatie en niet-derogatiepercelen in het algemeen en voor specifieke combinaties van bodemtype en teelt in het bijzonder.

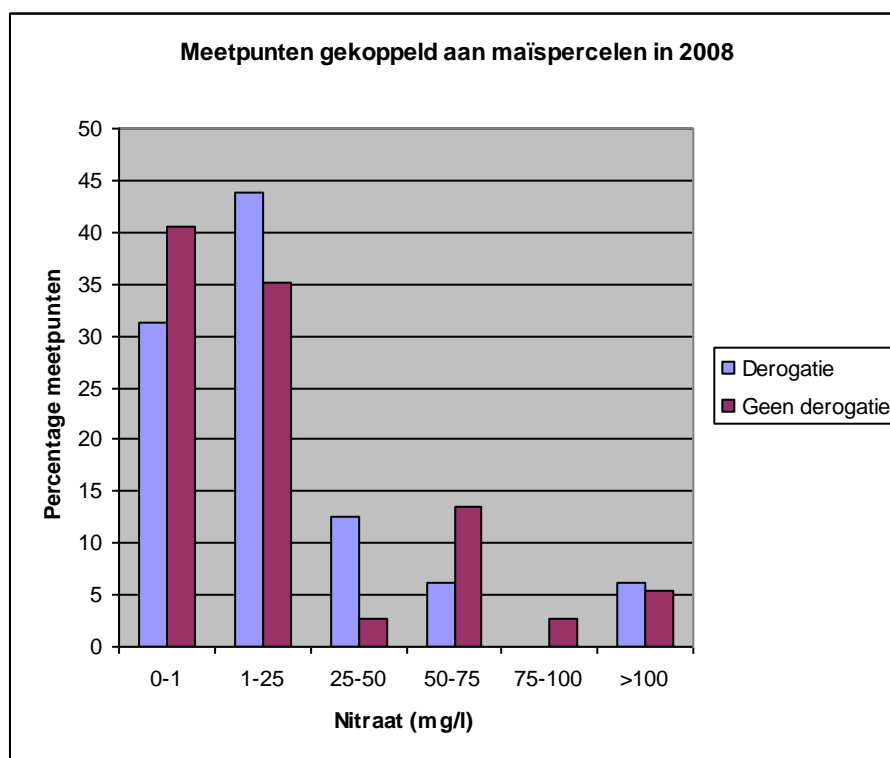
1.3.6 Nitraat in oppervlakte en grondwater

Voor oppervlaktewater werd er ieder jaar voor en na de winterperiode op vaste meetplaatsen bemonsterd en de nitraatconcentratie bepaald. Voor oppervlaktewater zijn er bemonsteringen uitgevoerd aan drainage en grachten, die gekoppeld worden aan een perceel in het monitoringnetwerk. Voor een drainage is deze koppeling vrij eenvoudig, bij grachten is de koppeling aan één enkel perceel moeilijker. Vlaanderen wordt niet gekenmerkt door zeer kleine grachten zodat de link tussen een individueel perceel en een gracht moeilijk is. De metingen in grachten en drainage zijn vooral een indicatie van de hoeveelheid uitgespoeld nitraat. Gedurende het onderzoek kon wel een dalende trend geobserveerd worden in nitraatconcentratie, toch waren er iedere meetcampagne grachten en drainages terug te vinden met te hoge concentraties.

Een zeer belangrijk gegeven gedurende het onderzoek was de aanwezigheid van de MAP meetpunten grondwater en zelfgeplaatste peilbuizen. Door de afbakening van intrekgebieden en bepaling van de reistijd kon er een directe link gelegd worden tussen metingen in de grondwatermeetpunten en individuele percelen. Wanneer naar de gemiddelde concentratie in de meetpunten over de jaren heen wordt gekeken, is een dalende trend waarneembaar. Deze dalende trend is niet enkel aanwezig bij de meetpunten die opgevolgd worden in het monitoringmeetnet maar ook over het ganse MAP meetnet grondwater in Vlaanderen. Bij de 117 MAP meetpunten grondwater van het derogatiemetnet daalt de concentratie van 39 mg/l NO₃-N in 2007 naar 27 mg/l NO₃-N in 2010. Concentraties gemeten in de zelfgeplaatste peilbuizen liggen op een zelfde niveau als de MAP meetpunten grondwater. Naast de dalende trend zijn er iedere meetcampagne steeds meetpunten die gekenmerkt worden door zeer hoge concentraties aan nitraat. Toch vertoont ook het aantal meetpunten grondwater met een zeer hoge nitraatconcentratie een dalend verloop. Alle meetpunten worden 2 maal per jaar bemonsterd.

Een vergelijking van nitraatconcentraties tussen de meetpunten is het meest interessant voor meetpunten gekoppeld aan grasland en maïspancelen op zand en zandleemgronden. Voor deze combinaties zijn er telkens voldoende percelen om een vergelijking tussen derogatie en niet-derogatiepercelen uit te voeren. In de eerste plaats werd de vergelijking gemaakt tussen percelen die zowel in 2007, 2008 en 2009 dezelfde teelt (gras of maïs) hadden en dezelfde derogatievoorwaarde kende gedurende deze 3 jaren. Deze perceelsgegevens werden bekomen aan de hand van de percelenlaag van Vlaanderen van de verschillende jaren. Graslandpercelen kenden hierbij gemiddeld lagere nitraatconcentraties dan maïspancelen. Bij de vergelijking van derogatie met niet-derogatiepercelen werden er geen statistische verschillen vastgesteld.

Omdat ook de reistijd voor ieder meetpunt gekend is konden de bemesting- en landbouwpraktijken (teelt) van een welbepaald jaar gekoppeld worden aan de juiste meting (juiste jaar) in het meetpunt. Op deze manier werden opnieuw derogatiepercelen vergeleken met niet-derogatiepercelen voor de teelt van maïs en gras. Deze vergelijking werd uitgevoerd voor de perceelsgegevens van 2008 en 2009. Er werden voor beide jaren geen statistische verschillen gevonden tussen derogatie en niet-derogatiepercelen. Bij de vergelijking op basis van de reistijd is een verdere observatie, gedurende de volgende jaren, zeer nuttig omdat het gaat om de vergelijking van perceelsgegevens van een welbepaald jaar met de overeenkomende meting in het meetpunt in de toekomst. De resultaten van percelen grasland in 2008 staan weergegeven in Figuur 4. Hieruit komen de relatief goede resultaten duidelijk tot uiting door het grote percentage aan meetpunten met zeer lage nitraatconcentraties. Toch zijn er steeds enkele meetpunten met zeer hoge nitraatconcentraties.



Figuur 4: Percentage meetpunten binnen een bepaalde range van nitraat (mg/l) gekoppeld aan de perceelseigenschappen van 2008 (grasland) gebaseerd op de reistijd.

1.3.7 Fosfor in de bodemstalen

Een eerste indicatie van de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfor werd bekomen aan de hand van de standaardgrondanalyse die op ieder perceel in het monitoringnetwerk werd uitgevoerd. Daarnaast werd ook een meting van P-AL uitgevoerd op de bodemstalen van de diepere

bodemlagen (90 tot 120 cm en 120 tot 150 cm). Deze staalname's werden enkel uitgevoerd op een selectie van percelen maar er werd wel een positieve correlatie gevonden tussen P-AL in de diepere bodemlagen en P-AL in de bouwlaag voor percelen met zeer hoge waarde voor fosfor. De P-AL meting in de diepere bodemlagen lag bij iedere meetcampagne voor meer dan de helft van de percelen beneden de detectielimiet.

Voor 30 percelen werd eind 2010 de fosfaatverzadigingsgraad bepaald. Dit waren alle 30 zandbodems met de teelt maïs of gras. De helft van de percelen waren derogatiepercelen en de andere helft niet-derogatiepercelen. 16 van de bemonsterde percelen zijn fosfaatverzadigd, dit zijn zowel derogatie als niet-derogatiepercelen. Van de steekproef van 30 percelen waren er 5 derogatiepercelen fosfaatverzadigd en 11 niet-derogatiepercelen. Er werd een positieve correlatie gevonden tussen de fosfaatverzadigingsgraad van een perceel en het P-AL gemeten via de standaardgrondontleding. Hierdoor komen percelen met een hoge waarde voor P-AL sneller in aanmerking tot fosfaatverzadiging in vergelijking met percelen die gekenmerkt worden door lage P-AL waarden.

1.3.8 Fosfor in waterstalen

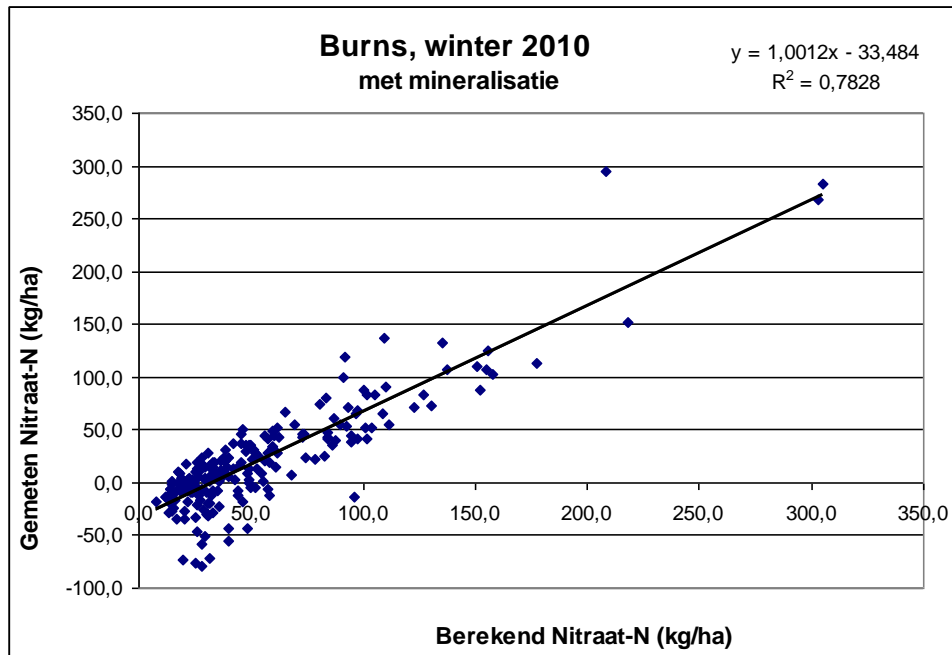
Gedurende het monitoringnetwerk werden er op regelmatige tijdstippen waterstalen genomen in verschillende meetpunten. Dit zowel in drains, grachten, MAP meetpunten grondwater en de zelfgeplaatste peilbuizen. Voor al deze waterstalen werd er naast nitraat ook fosfaat gemeten via een continuous flow systeem (meting van orthofosfaat). De hoogste concentraties aan fosfaten werden telkens gemeten in grachten en drainagesystemen. De MAP meetpunten en peilbuizen, die eerder grondwater bevatten, werden telkens gekenmerkt door lagere concentraties aan fosfaat. Startend vanaf 2009 tot het voorjaar 2011 is er net zoals bij de nitraatconcentraties een dalende trend waarneembaar voor de fosfaatconcentraties. Tussen derogatie en niet-derogatiepercelen onderling werden er geen statistisch significante verschillen vastgesteld.

Op de helft van alle waterstalen werd er naast metingen van orthofosfaat ook metingen uitgevoerd van het totale fosforgehalte en werd er nagegaan uit welke fractie deze totale hoeveelheid fosfaat bestaat: organisch fosfor of anorganisch fosfor. De metingen van organisch en anorganische fosfor werden ook uitgevoerd op de helft van de diepere bodemstalen (90 tot 150 cm). Daarvoor werd er van deze bodemstalen eerst een hoeveelheid water gecentrifugeerd. De hoogste concentraties aan totaal fosfaat werden gemeten in drainagesystemen en grachten. Bij de hogere concentraties aan fosfaat was een groter deel van de fosfor anorganisch gebonden. Bij lagere concentraties aan totaal fosfaat, vooral bij de MAP meetpunten en peilbuizen is een groter deel van de gemeten fosforconcentratie organisch fosfaat. Net zoals bij de

orthofosfaatconcentraties wordt er ook bij de bepaling van totaal fosfaat een dalende trend waargenomen van 2009 tot het voorjaar 2011. Voor de staalname in het voorjaar 2011 was de analyse van totaal fosfaat voor 90 % van de metingen beneden de detectielimiet.

1.3.9 Burns model

Gedurende de winterperiode kan nitraat in het bodemprofiel uitspoelen naar de diepere bodemlagen en verder naar het oppervlakte -en grondwater. Het nitraat aanwezig in het bodemprofiel voor een winterperiode is een maat voor de hoeveelheid dat potentieel kan uitspoelen gedurende de winter. Door metingen uit te voeren in het voorjaar kan er een idee gevormd worden van de hoeveelheid aan nitraat dat uitgespoeld is gedurende de winter. Naast uitspoeling zijn er ook andere belangrijke processen zoals mineralisatie en denitrificatie. Met behulp van het Burns model kan het transport van nitraat doorheen het bodemprofiel modelmatig worden benaderd. Mits nitraat opgelost is in het bodemwater zal het transport van nitraat hetzelfde zijn als dit van het aanwezige water. De belangrijkste input parameters voor het model zijn het nitraatresidu, de neerslag gedurende de gemodelleerde periode en enkele bodemkarakteristieken. De weersgegevens zijn voor ieder perceel gekoppeld aan het gewogen gemiddelde van de 3 dichtstbijzijnde weerstations. Hiervoor werden er een 20-tal weerstations in of in de buurt van Vlaanderen geselecteerd. De bodemkarakteristieken en het nitraatresidu zijn afkomstig van de uitgevoerde metingen. De berekeningen met het Burns model werden uitgevoerd voor de winterperiode van 2009 en 2010. Om tot goede resultaten te komen was een correctie voor de mineralisatie noodzakelijk. Denitrificatie is enkel van belang voor de zwaardere bodems zoals leem en klei. Met het Burns model wordt er een voorspelling gemaakt van de hoeveelheid nitraat dat na een welbepaalde periode nog overblijft in het bodemprofiel.



Figuur 5: gemeten (hoeveelheid nitraat voor winter (0 tot 90 cm) – hoeveelheid nitraat na winter (0 tot 90 cm) hoeveelheid nitraat uitgespoeld gedurende de winter vs berekend (Burns) hoeveelheid nitraat uitgespoeld tijdens de winter. Met correcties voor mineralisatie.

De nitraatgehalten in het bodemprofiel in het voorjaar berekend met behulp van het Burns model vormen gemiddeld per bodemtype een goede benadering met de nitraatgehalten effectief gemeten in het voorjaar. Er wordt een R^2 waarde van 0.78 bekomen tussen de gemeten hoeveelheid nitraat en het berekende hoeveelheid nitraat dat uitspoelt gedurende de winterperiode van 2010. Voor individuele percelen kunnen er wel grotere afwijkingen zijn. Belangrijkste conclusie is dat vooral op de zandgronden er een grote uitspoeling is. De vergelijking van derogatie met niet-derogatiepercelen levert geen significante verschillen op in hoeveelheid uitgespoeld nitraat. Dit was ook te verwachten omdat er geen verschillen in nitraatresidu of nitraatvoorraad aanwezig waren.

1.3.10 Nutriëntenbalansen

Om op perceelsniveau de metingen in het bodemprofiel en in oppervlakte en grondwater te kunnen verklaren en om een uitspraak te kunnen doen over de verliezen op perceelsniveau bij het al dan niet toepassen van derogatie, werden er nutriëntenbalansen opgesteld. Deze balansen werden op 2 verschillende manieren voorgesteld.

Een eerste methode is een input/output balans waar gekeken wordt naar de totale input en output van stikstof en fosfor op perceelsniveau. Als input is de minerale en organische bemesting de belangrijkste factor. De verschillen in bemesting tussen derogatie en niet-derogatiepercelen enerzijds en verschillende teelten anderzijds werden reeds in paragraaf 1.3.3 besproken. Voor de

input aan nitraat zijn ook de verliezen gedurende de toediening belangrijk. Hiervoor is de wijze van toediening van de organische meststof bepalend. Als export is er de afvoer door het geogste gewas of groenbemester. Bij deze eerste benadering wordt er enkel gekeken naar de hoeveelheid N en P dat geëxporteerd wordt van het perceel. De opbrengstgegevens werden zo goed mogelijk opgevraagd bij de landbouwers en deze werden omgezet naar exportgegevens per perceel. Ook in opbrengst was er duidelijk een verschil tussen teelten en tussen derogatie en niet-derogatiepercelen. Bij derogatiepercelen is er een extra afvoer van nutriënten door de snede gras voor de maïs en bij percelen grasland door extra maaibeurten.

Bij een tweede benadering van de nutriëntenbalansen werd de hoeveelheid nitraat in het bodemprofiel gedurende een volledig seizoen in detail opgevolgd. Hierbij was de nitraatvoorraad in het begin van het groeiseizoen de beginsituatie. Een hogere nitraatvoorraad had een lager bemestingsadvies als gevolg. Als input werd er gerekend met de werkzame stikstof in plaats van de totaal toegediende stikstof (organisch en mineraal). Derogatiepercelen kennen een hogere input aan werkzame stikstof in vergelijking met niet-derogatiepercelen. Een grote bron van stikstoflevering was mineralisatie, vooral vanuit de bodemorganische stof. Deze werd ingeschat op basis van bodemtype en percentage koolstof. Verder werd ook rekening gehouden met mineralisatie van groenbemester, oogstresten en organische meststoffen. De uitspoeling gedurende het groeiseizoen is meestal niet groot maar wel moeilijk in te schatten. Bij de opname van nitraat is niet enkel het geogste deel belangrijk maar werd er ook rekening gehouden met de opname door niet oogstbare fracties (bijvoorbeeld de wortels van maïs) en een eventuele groenbemester. De som van deze factoren resulteert dan in een berekend nitraatresidu. De vergelijking met het gemeten nitraatresidu is gemiddeld goed voor percelen grasland en maïs. Op perceelsniveau zijn er geregeld grote afwijkingen. Deze zijn te verklaren door de gemaakte inschattingen (opbrengst) of processen die in bepaalde situaties niet goed genoeg benaderd kunnen worden (mineralisatie).

1.4 Besluit

Gedurende het derogatiemonitoringnetwerk werden er op regelmatige tijdstippen bodem en waterstalen genomen op vaste meetplaatsen. Hierbij waren de metingen van nitraten en fosfaten de belangrijkste parameters. Zowel voor de bodem als waterstalen werden er geen significante verschillen gevonden tussen derogatie en niet-derogatiepercelen. Verschillen waren er wel terug te vinden tussen de verschillende teelten en bodemtypes. Ook voor de hoeveelheid aan uitgespoelde nutriënten werden er geen verschillen vastgesteld tussen derogatie en niet-derogatiepercelen. Om

de nutriëntenverliezen te kunnen inschatten, de uitgevoerde metingen beter te kunnen verklaren werden op basis van de metingen, opbrengst en bemestingsgegevens nutriëntenbalansen opgesteld. Hierdoor kon in sommige gevallen metingen op perceelsniveau verklaard worden maar werden in andere gevallen de metingen niet altijd verklaard door de onzekerheden van sommige factoren.

Algemeen kan gesteld worden dat derogatiepercelen gekenmerkt worden door een hogere organische en totale bemesting. Maar ook de opbrengst en afvoer van nutriënten ligt bij derogatiepercelen op een hoger niveau, voornamelijk door de afvoer van extra gras. Door deze hogere afvoer kan verklaard worden waarom de hogere bemesting niet resulteerde in een groter nitraatresidu of hogere concentraties aan nitraten en fosfaten in oppervlakte en grondwater. Daaruit kan besloten worden dat de toegekende derogatie voor Vlaanderen geen negatieve impact heeft op de waterkwaliteit.

2 Summary

2.1 Purpose of the investigation

In the commission decision of 21 December 2007, the Commission of the European Communities approved the Belgian request, with regard to the region of Flanders, to allow a higher amount of livestock manure in comparison with the general limitation of 170 kg N per hectare each year originating from livestock manure (derogation request). This request is only approved for some cultivated crops like: grassland, maize in combination with one cut of grass, beets and winter wheat in combination with a catch crop. These crops are characterized by a long growth season and nutrient uptake at the end of the season.

In the derogation decision a number of specific conditions were imposed on individual farms that apply derogation as well as on the competent authorities with regard to monitoring, controls and reporting. The objective of the presented research project is the establishment and the follow-up of a monitoring network of at least 150 farms. Half of these farms are derogation farms (derogation request). Based on this network, the water quality should be evaluated both under derogation and non derogation conditions.

The derogation monitoring network should provide data on fertilisation and farming practices, nitrogen and phosphorous concentration in soil water, mineral nitrogen in the soil profile, nitrogen and phosphorous losses through the root zone into the groundwater, nitrogen and phosphorous losses by surface and subsurface run-off. Also mathematical models should be used to evaluate these losses.

2.2 Selection of farms and 225 parcels

The objective of the presented research project is the establishment and the follow-up of a monitoring network of at least 150 farms and 225 parcels in situations with and without derogation. In Flanders, derogation is mostly requested by dairy cow farms on sandy soils. The monitoring network should be representative for the agricultural practices in Flanders. A reinforced monitoring shall be conducted in agricultural catchments on sandy soils. For all combinations of soil type and cultivated crop, derogation as well as no derogation parcels are selected. In this way comparison between derogation and no derogation conditions is possible.

2.2.1 Selection based on the MAP sampling points for groundwater

The purpose of the investigation is an evaluation of the derogation on the water quality in Flanders. For the selection of farms and parcels, the MAP groundwater monitoring network is

used. This network, operational in Flanders, of approximately 2100 locations is used for the evaluation of the groundwater quality. Each location of the MAP groundwater network consists mostly of 3 separate monitoring wells with filters at different depths. The first well is installed in the oxidized zone of the soil. In this soil layer oxygen is still present and no reduction of the nitrate will occur. The measured nitrate concentration in this zone can be easily linked to the amount of nitrate percolated out of the soil profile. In the deeper monitoring wells, nitrate will be reduced due to the absence of oxygen. In this study only the shallow monitoring wells are used.

The link between a MAP sampling point and the agricultural parcel is based on two parameters: the travel time and the infiltration area. The travel time is the average time needed for the nitrate in solution to travel from the root zone to the filter of the monitoring well. Based on the travel time we know which nitrate residue measurement (of which year) corresponds with a certain water sample. The infiltration area is the area from which precipitation is transported to the monitoring well. The actual location of the infiltration area is not a single point, but more a ellips-shaped area along the vertical projection of the stream line. Around the infiltration point an elliptic area is delineated due to statistical uncertainty of the exact location of this infiltration point and called the infiltration area. For all 2100 sampling points, it was important to derive the travel time and infiltration area for the shallowest filter. Only those sampling points with a travel time of maximum 3 years are selected for the investigation.

After the calculation of the travel time and the infiltration area, each sampling point was evaluated. To have a good infiltration area, some conditions have to be present. When an infiltration area is covered with only one agricultural parcel, it is a good infiltration area if a sufficient part of the parcel is covered (Figure 1). When the infiltration area is covered by more parcels, it was only selected when 2 parcels with the same cultivated crop and derogation condition were dominant for the infiltration area. Based on these conditions infiltration areas were selected. In the next step farmers with parcels lying in an infiltration area of a MAP sampling point were contacted to participate in the investigation. Before the definitive selection occurred, the cultivated crop and soil type of the parcels were controlled. After the selection of parcels laying in the infiltration area of a MAP sampling point for groundwater, 117 agricultural parcels were selected. For each of these parcels, a water sample can be taken linked to the specific parcel characteristics.

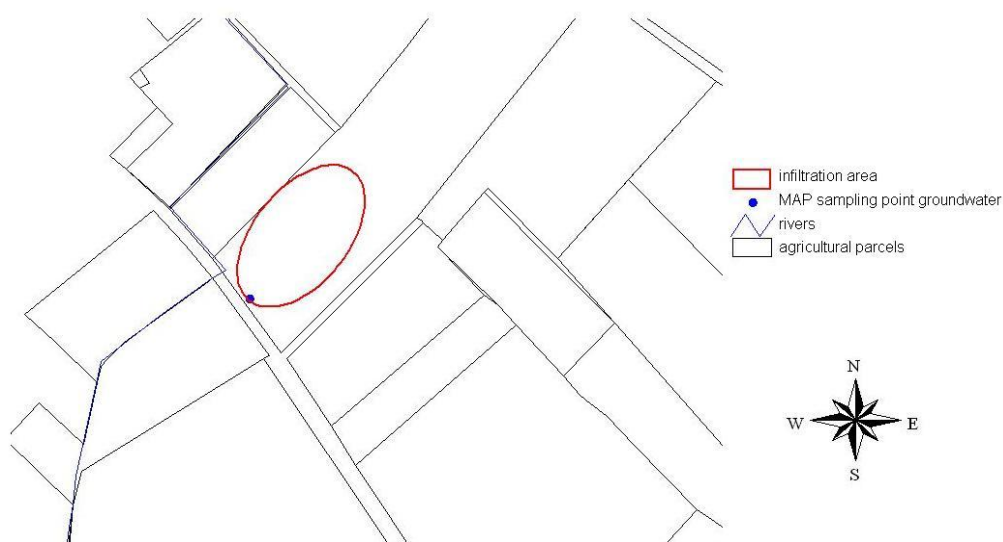


Figure 1: An infiltration area of an MAP sampling point groundwater completely covered by one agricultural parcel. This is a very good infiltration area.

2.2.2 Selection with candidate farmers

The selection procedure starting from the MAP sampling points for groundwater did not result in a sufficient number of parcels (117 parcels, composed of 31 derogation parcels and 86 no-derogation parcels). Therefore additional parcels are selected with candidate farmers. To find and motivate farmers to participate the investigation, the aid of the Flemish agricultural organizations was asked. Again the selection of parcels with candidate farmers was based on some conditions: soil type, cultivated crop, derogation condition, area and water level. This information was gathered with the different farmers and by making overlays between the parcel maps and soil characteristics. Based on these conditions several parcels were selected with every candidate farmer. To take groundwater samples on these parcels, on 50 locations a monitoring well was installed. These wells are installed on such a way that the water sample was originating from the parcel. For this not only the place (which side of the parcel) but also the depth of the monitoring well is very important. Based on the same models and calculations as in the first selection from the MAP sampling points for groundwater, hypothetical monitoring wells were placed in the middle of a parcel for different depths. The depth of the monitoring well is important for the travel time and the infiltration area. This is shown in Figure 2. Based on this model the depth and best place of the monitoring well was chosen. In this way 50 extra parcels were chosen.



Figure 2: Infiltration areas for hypothetical monitoring wells in the middle of the parcel for different depths. For each depth (0.95m, 1.45m, 2.45m and 3.45m) the travel time is listed.

To complete the monitoring network of 225 parcels, some additional parcels are chosen with candidate farmers. For this selection the soil type, cultivated crop and derogation condition are the most important parameters. After this third selection procedure a monitoring network of 225 parcels was made and the combinations of Table 1 are respected.

Table 1: Proposed distribution for the different criterions (derogation, soil type and cultivated crop) of parcels in the monitoring network.

Parameter	Proportion
Derogation/no derogation	50/50
Sand/Sandy loam/loam/clay	50/30/10/10
Grass/maize/winter wheat/beets	50/30/15/5

2.2.3 Overview of farms and parcels in the monitoring network

After the selection of parcels laying in the infiltration area of a MAP sampling point for groundwater, parcels with self placed monitoring wells and some additional parcels with candidate farmers a monitoring network of 227 parcels and 188 different farmers was created. Based on the parcel characteristics of 2009 this network consists of 91 derogation farms and 97 no derogation farms. The network of 227 parcels consists of 107 derogation parcels and 120 no derogation parcels. More than half of the parcels in the network are characterized by the soil type sand and more than 30 percentage of sandy loam. The location of the parcels participating in the

monitoring network in Flanders is shown in Figure 3. A good distribution is realised and this is not changed during the investigation.

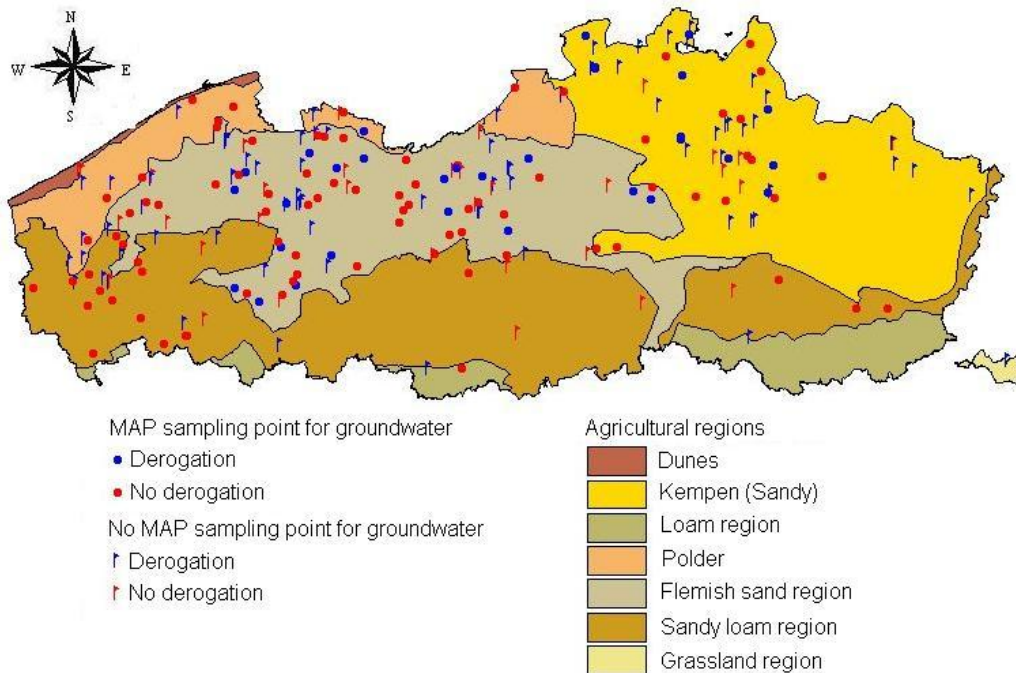


Figure 3: Location of the 227 parcels in the monitoring network on the Agricultural regions of Flanders. Derogation parcels (blue) and no derogation parcels (red) are given separately.

117 parcels are laying in the infiltration area of a MAP sampling point for groundwater and 50 parcels are characterized by a self placed monitoring well. So for 167 parcels in the monitoring network a water sample is taken linked to one specific parcel. Based on travel time and infiltration area the measurements in the water samples can be linked to the parcel characteristics (cultivated crop, derogation and agricultural practices) of a specific year. For the 167 parcels linked to a sampling point, there are 73 derogation parcels and 94 no derogation parcels. Parcels characterized by a deep groundwater level are mostly also characterized by a higher travel time (mostly more than 3 years). For those parcels, a deep soil sample (90 to 150 cm) is taken and the concentrations of nitrate and phosphorous are measured. For a limited number of parcels a water sample is taken from drains or canals and ditches linked to this specific parcel.

Based on the created monitoring network, a water sample linked to a specific parcel is taken for a large number of parcels and information is gathered about the leaching of nitrate and phosphorous to surface and groundwater. Soil samples taken from the upper soil layer and the monitoring of nutrients in the soil profile (0 to 90 cm) are identical for all parcels in the monitoring network. Measurements are mostly carried out before and after winter.

2.3 Measurements and results

After the selection of farms and parcels for the monitoring network, sampling the soil and water was the next step. The first samples are carried out at the end of 2009. All measurements were repeated at the beginning of 2010 and 2011 and also at the end of 2010. Samples of the organic fertilizers are taken all year round. The nitrate in the soil profile (0 to 90 cm) is also measured during the growing season to formulate parcel specific fertilization advices.

2.3.1 SSB standard soil sample

At the end of 2009 a standard soil sample is taken on every parcel in the monitoring network. This standard soil sample is very useful in order to characterize the different parcels and to measure the soil fertility of each individual parcel. Two very important parameters are pH and percentage of carbon. An optimal pH is crucial for the availability of the different nutrients necessary for crop growth. The percentage of carbon is directly linked to the amount of humus and organic matter in the soil. Parcels characterized by higher amounts of organic matter are also characterized by higher levels of mineralization. In this way higher levels of nutrients are available for the growing crops. By measuring the percentage of carbon and making calculations of the mineralization a parcel specific fertilization advice can be made. Besides the fertilization, information of percentage carbon and soil fertility can be used in order to control the nitrate residue at the end of the growing season. Organic matter is not only important for mineralization but also has an important influence on soil structure, water supply and machinability. Besides pH and percentage carbon the most important parameters for optimal crop growth (P, K, Mg, Na and Ca) are also measured in the standard soil sample.

In order to interpret the standard soil analyses and to give an optimal soil fertility advice, SSB relies on the soil fertility classes. Based on extensive field trial research combined with many years of experience in the agricultural as well as the horticultural sector, SSB developed the soil fertility classes for the different soil fertility parameters (Boon *et al.*, 2009). These soil fertility classes differ depending on soil texture, organic matter content and are different for both grassland and arable land. For each parameter, soil fertility classes are distinguished. The middle class is the optimal zone, which means that it is the zone of optimal occurrence of that specific parameter. Within this zone most plants will show an optimal growth provided that rational fertilization and liming is applied. When the measured values of a parameter are above the optimal zone, the fertilization can be reduced and farmers can save on the fertilization. When the measured value of a parameter is below the optimal zone, the fertilization has to be increased in order to have an economically optimal yield and to keep the soil fertility at a sufficient high level.

After the analysis of the different parameters a parcel specific fertilization and liming advice is formulated. This advice is formulated for a rotation of 3 cultivated crops or for 3 growing-seasons for multi-annual crops. For the fertilization and liming advice a decision supporting expert system is developed by SSB, called BEMEX (BEMEstingsEXpertsysteem) (Geypens *et al.*, 1989; Vandendriessche *et al.*, 1996). This fertilization advice is based on the analysis and different other factors like: relation between different nutrients, soil texture, crop needs, crop rotation, parcels information (farmer), sowing date and the needs of the cultivated crop. Optimal fertilization is necessary to reach economical optimal yields but also to prevent soils from exhaustion and to keep them in an optimal fertilization condition.

When comparing different parcels, distinction is made between grassland and arable land. Grassland is characterized by lower levels of phosphorous and a lower percentage of parcels in the optimal zone of pH. For arable land a large percentage of parcels are in the optimal zone for pH and percentage carbon. For the parameter phosphorous a large percentage of the parcels are above the optimal zone, certainly parcels arable land. Between derogation and no-derogation parcels no statistical significant differences were observed.

2.3.2 N-fertilization advice

An N-fertilization advice is formulated for every parcel in the monitoring network at the beginning of the growing season. This advice is calculated based on the N-index. The N-index is an expert system developed by SSB to formulated mineral nitrate-N advices. The N-index calculates the amount of mineral N that is or will become available to the cultivated crop during the next growing season. The amount of mineral N present in the soil profile is measured after winter, just before the new growing season. The amount of nitrogen that will become available during the growing season is important, therefore some parcels characteristics are necessary (percentage carbon, pH, history of the parcel, organic fertilization in the past, liming, ...). The resulting nitrate-N fertilization advice is function of the N-index and the nitrate required by the cultivated crop. So additional information about the coming growing season is necessary (crop, variety of the crop, agricultural practice, ...). Based on the N-fertilization advice farmers can reach economic optimal productions and try to control the nitrate residue. An N-fertilization advice is formulated for the growing season 2010 and 2011.

2.3.3 Fertilization practices

Based on the parcel specific fertilization advice, farmers try to reach economical optimal productions. Advices are formulated as efficient amounts of nitrogen (kg N/ha). To fill up the

advice, farmers can use organic and mineral fertilizers. When using organic fertilizers, variation in composition is very important. This variation is present between different farms and even at different moments within the same farm. As a consequence the mean composition for Flanders for one specific type of organic fertilizer is not accurate enough. For all organic fertilizers used on parcels in the monitoring network an analysis is carried out to determine the exact composition of nutrients. These analyses are used to calculate the correct input of nutrients (N en P_2O_5) on the level of individual parcels, necessary to calculate nutrient balances. Also for each sample the farmer obtains the results for the most important nutrients and in addition an advice concerning the fertilization value of the manure.

On derogation farms the applied manure is mostly originating from cattle (cattle slurry). On no-derogation farms pig's slurry is often used. On most parcels in the monitoring network a part of the fertilization is applied by organic fertilizers. Information about the agricultural practices (dose, moment and type of fertilization, agricultural practice, ...) during fertilization is obtained by the farmers. Information about the fertilization practices is collected for the growing season 2010 and 2011. Especially for the growing season 2010 analysis are present for almost all used organic fertilizers. For both years (2009 and 2010) the amount of applied nutrients are on the same level and differences are present between derogation and no-derogation parcels.

Table 2: input of nutrients (kg N/ha and kg P_2O_5 /ha) for derogation and no-derogation parcels for 2010. Levels are separately given for mineral, organic and total fertilization for parcels grassland and maize.

Nutrient input	Mineral		Organic		Total	
	N	P_2O_5	NTot	P_2O_5	N	P_2O_5
	Derogation parcels					
Grassland	141	2	255	86	396	88
Maize + 1 cut of grass	62	5	227	77	289	82
	No-derogation parcels					
Grassland	94	2	158	64	252	66
Corn maize	36	7	159	74	195	81
Fodder maize	57	1	175	75	232	76

Table 2 shows the average amounts of different (organic or mineral) fertilizers used on the parcels in the year 2010. A difference is made between derogation and no derogation parcels, separately given for grassland and maize. The amount of organic fertilization for nitrogen is higher on derogation parcels. Not only the organic fertilisation reaches a higher level but also the mineral fertilisation, resulting in a higher total input of nitrogen on derogation parcels.

Derogation is not only requested on derogation parcels but is also effectively applied. This is very important for the interpretation of the measurements of soil and water.

Not only the amount of applied nutrients is important, also information about the agricultural practices during application is necessary. Based on this information the emission losses during application are calculated. Application of manure by grazing cattle results in higher emission losses in comparison with application by injection, resulting in different input levels of nutrients for the individual parcels.

2.3.4 Yield

For a good interpretation and explanation of analysis of water and soil based on parcel characteristics, not only the input levels of nutrients are important but also the export of nutrients. Therefore information about the yield on every parcel of the network is necessary. This information is obtained by the farmers. It was not easy to obtain exact numbers of yield for every parcel in the monitoring network. Especially for parcels grassland with grazing cattle or parcels cultivated with maize, the exact weight of the harvest is not measured. For these cases different yield classes are used to estimate the yield on the parcels. To categorize yields in different classes, information from the farmer, fertilization levels and observations of the samplers are used. Like differences in fertilization, also differences in yield are present between derogation and no derogation parcels and between different cultivated crops. For parcels cultivated with grassland, export of N and P was on a higher level in comparison with no-derogation parcels. Especially on grassland characterized with only mowing high levels of yield are observed. Also for maize, derogation parcels are characterized by higher levels of yield. These higher levels were mostly created by the harvest of an extra cut of grass before the maize is sown.

2.3.5 Nitrate in the soil profile

A very important analysis during the investigation was the monitoring of the nitrate levels in the soil profile. The purpose of the investigation is to study the effect of derogation on the quality of surface and groundwater. To investigate the transport of nutrients from the soil profile towards surface and groundwater, measurements of the amount of nitrate in the soil profile before a winter period are very useful. The amount of nitrate in the soil profile (0 to 90 cm) at the end of the growing season is called the nitrate residue. This nitrate residue is the amount of nitrate-N that potentially can leach out the soil profile during winter. For all parcels in the monitoring network the nitrate residue is measured at the end of 2009 and 2010 (between 1 October and 15 November).

Table 3: Average concentrations of nitrate-N (kg/ha) measured in the soil profile at the end of 2010 (nitrate-N residues). Levels of nitrate are given separately for derogation and no derogation parcels for the different cultivated crops.

2010	Crop	n	Nitrate-N (kg/ha)			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Derogation		106				
	Grass (mowing and grazing)	40	18	16	16	50
	Grass (mowing)	26	17	13	9	39
	Fodder maize	36	26	30	20	76
	Beets	2	12	10	7	29
	Winter wheat	2	18	12	10	40
No derogation		116				
	Grass (mowing and grazing)	37	17	14	12	43
	Fodder maize	30	28	31	23	82
	Corn maize	13	19	22	18	59
	Beets	1	14	12	7	33
	Winter wheat	10	15	15	19	49
	Other	25	18	25	27	70

Results for the nitrate-N residue for 2010 are shown in Table 3. Some important conclusions can be made based on this table. Amounts of nitrate-N at the end of the growing season are on a lower level in 2010 in comparison with 2009. This was not only for the parcels in the monitoring network but also for all other measurements in Flanders in order of the VLM. No statistical differences were present between derogation and no-derogation parcels in nitrate residue for 2009 and 2010. Comparison between derogation and no derogation parcels was made in general and for specific combinations of soil type and cultivated crop (for example grassland on sandy soils with derogation against grassland on sandy soils without derogation). The comparison of the nitrate residue is carried out for the total soil profile (0 to 90 cm) and for each soil layer of 30 cm separately. Table 3 shows that there are differences between the cultivated crops and that these differences between cultivated crops are larger than the differences between derogation and no derogation parcels. Lowest levels of nitrate-N are present on grassland. No-derogation crops and in some cases maize resulted in the highest nitrate residues. These conclusions valid for both 2009 and 2010.

Nitrate in the soil profile is not only analysed at the end of the growing season but also at the beginning of the season, just after a winter period (beginning of 2010 and 2011). This analysis at the beginning of the growing season is important to formulate fertilisation advices based on the amount of nitrate present in the soil profile. Measurements of nitrate in the soil profile after winter can also be important to indicate the amount of nitrate leached out during winter. When comparing amounts of nitrate-N leached out the soil profile during winter no statistical

differences were observed between derogation and no derogation parcels in general and for specific combinations of soil type and cultivated crop.

For a selection of parcels (mainly parcels characterized with deep water levels) the amount of nitrate is also analysed in the soil layers from 90 to 120 cm and from 120 to 150 cm. For nitrate levels in these deep soil layers a strong correlation was found with the nitrate level in the soil profile from 0 to 90 cm. Higher levels of nitrate-N in the upper soil layers (0 to 90cm) results in higher levels of nitrate in the deeper soil layers. This indicates that higher levels of nitrate residue can result in higher amounts of leaching to surface and groundwater. Also for the deeper soil layers no statistical significant differences were found between derogation and no derogation parcels in general and for specific combinations of soil type and cultivated crop.

2.3.6 Nitrate in the surface and groundwater

For all water measurements some sampling points are analysed each year after and before the winter period on the same locations. For surface water samples are taken on drains, canals and ditches. This drains, canals and ditches are linked to single parcels in the monitoring network. For drains the link with the parcel is easy to make. For canals and ditches it is difficult to make a link to one individual parcel. In Flanders canals and ditches are mostly linked to great areas and not to one individual parcel. Therefore measurements of canals and ditches are not compared between derogation and no derogation parcels. Still, these measurements are an indication of the amounts of N and P in the surface water. During the investigation a decreasing trend is observed in nitrate concentration in the surface water. Despite this decreasing trend, every year some samples with high concentrations in nitrogen are observed.

A very important measurement during the investigation was the analyses of the MAP sampling points for groundwater and self-placed monitoring wells. By the calculation of the travel time and the infiltration area, a direct link between the sampling point and an individual parcel is present. During the years a decreasing trend is observed in nitrate concentration in the MAP sampling points for groundwater. This decreasing trend is not only present for the sampling points in the monitoring network but for all MAP sampling points in Flanders. For the 117 MAP sampling points for groundwater in the monitoring network, the nitrate concentration decreases from 39 mg/l NO₃-N in 2007 to 27 mg/l NO₃-N in 2010. Concentrations measured in the self-placed monitoring wells are on the same level as measurements in the MAP sampling points. Besides the decreasing trend, some sampling points are characterized by very high concentrations of nitrate-N. Also the percentage of sampling points with high concentrations of nitrate tends to decrease over the years.

Comparisons between the analysis of sampling points on derogation and no derogation parcels are most interesting for sampling points linked to parcels cultivated with maize and grassland on sandy and sandy loam soils. For these combinations a sufficient number of parcels is present to make comparisons. First, comparison was made between parcels with the same derogation condition and same cultivated crop for the years 2007, 2008 and 2009. No statistical differences in nitrate concentrations were found between derogation and no derogation parcels for specific combinations of soil type and cultivated crop.

Besides the infiltration area also the travel time was calculated for every sampling point (MAP sampling point and monitoring well) in the monitoring network. Based on the calculated travel time a link can be made between parcel characteristics of one year and the measurement in the monitoring point (linked to the parcel) of a specific year.

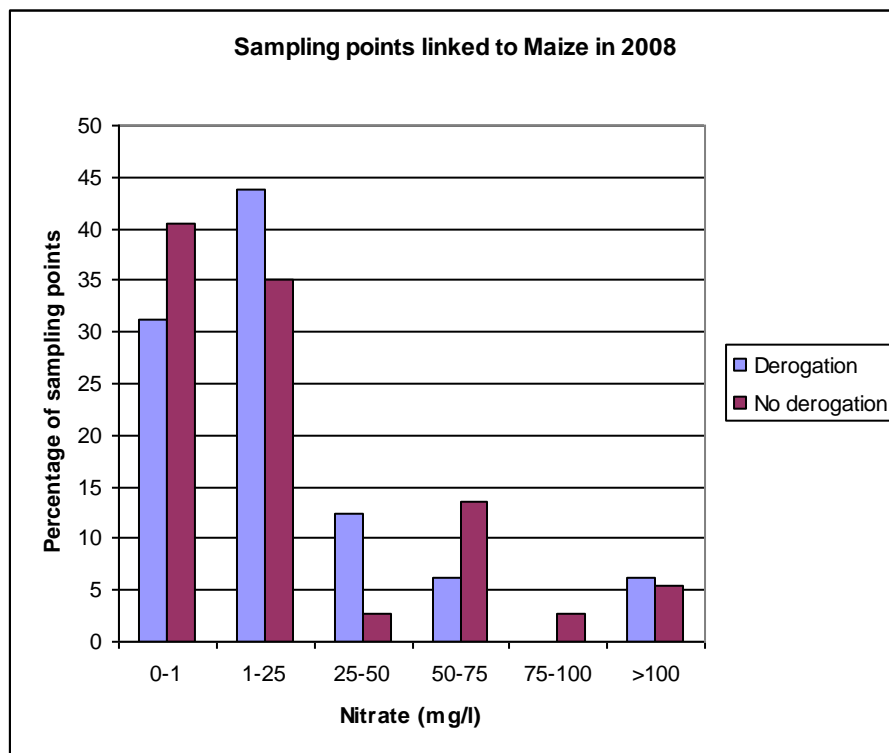


Figure 4: Percentage of sampling points in a specific range of nitrate (mg/l) linked to the parcels of 2008 cultivated with maize, based on the travel time.

Based on this travel time analyses from the sampling points linked to parcels cultivated with grassland and maize are separately compared for derogation and no-derogation parcels. This comparison was made for the parcel characteristics of 2008 and 2009. No statistical differences were found between derogation and no-derogation parcels for both years. Based on travel time it is of great interest to monitor the same parcels for the next years.

Results of the nitrate concentrations in sampling points linked to the parcel characteristics of 2008 for maize are shown in Figure 4. A large percentage of parcels is linked to sampling points with very low concentrations of nitrate. Still there are some sampling points with very high concentrations of nitrate (>100 mg/l), these high concentrations are present both on derogation and no derogation parcels.

2.3.7 Phosphorous in soil samples

A first indication of plant available phosphorous is present in the standard soil sample (P-AL) for every parcel in the monitoring network. Besides the standard soil sample, P-AL is also measured on all deep soil samples (90 to 120 and 120 to 150 cm). This sample was taken on a selection of parcels, a positive correlation was found between P-AL in the deep soil layers and P-AL in the standard soil sample for parcels with high levels of P-AL. Every year more than half of the deep soil samples are characterized by levels below detection limit.

For a selection of 30 parcels the phosphate saturation degree was calculated. All 30 parcels were characterized by soil type sand and cultivated crop grassland or maize. Half of the parcels were derogation parcels and half no derogation parcels. 16 of the 30 parcels are phosphate saturated. These are 5 derogation parcels and 11 no derogation parcels. Most important was the positive correlation between the phosphate saturation degree and the amount of P-AL measured in the standard soil sample. Parcels with higher levels of P-AL can give an indication for a higher risk of phosphate saturation.

2.3.8 Phosphorous in water samples

On the different water samples (drains, canals, ditches, self-placed monitoring wells and MAP sampling points) analysed during the monitoring network, not only nitrate concentrations are measured but also the amount of phosphorous. Highest concentrations of phosphorous are present in water samples originating from drains, canals and ditches. The analysis of the shallow groundwater in MAP sampling points and monitoring wells are characterized by the lowest concentrations of phosphorous. Besides the decreasing trend for the nitrate concentrations over the years, also for the phosphate concentration a decreasing trend is observed from 2009 to 2011. No statistical differences were found between derogation and no derogation parcels. The concentrations measured on the water samples are measurements of orthophosphate analysed by a continuous flow system.

Beside concentrations of orthophosphate, amounts of total phosphorous and the different fractions of organic and inorganic phosphorous are measured on half of all the water samples.

For half of the deep soil samples (90 to 120 cm and 120 to 150 cm) an amount of water was centrifugated and also the different fractions of phosphorous are analysed. Highest concentrations of total phosphorous were measured on water origination from drains, canals and ditches. For these high concentrations of phosphorous, the largest fraction was inorganic. When the concentration of total phosphorous was low, the fraction of organic phosphorous was high. These low concentrations of total phosphorous were present in the MAP sampling points and self-placed monitoring wells. Again a decreasing trend was observed for the amount of total phosphorous from 2009 to 2011. At the beginning of 2011 more than 90 % of the measurements of total phosphorous are below detection limit.

2.3.9 Burns model

During winter, nitrate leaches out the soil profile (0-90cm) to the deeper soil layers and to surface and groundwater. The amount of nitrate present in the soil profile before winter is an indication of the potential amount of nitrate leaching during winter. By measuring the nitrate in the soil profile before and after winter, an indication is present from the amount of nitrate leached out the soil profile during winter. Besides leaching, mineralization and denitrification are also important processes. The leaching of nitrate is modelled by the Burns model (Burns, 1974; Burns, 1980). This model is used to predict the movement of soluble unabsorbed anions, such as nitrate, in freely drained soils. Nitrate is dissolved in water and the transport through the soil is identically to the transport of water due to the specific characteristics of nitrate (no absorption).

Some important input parameters for the model are nitrate residue, precipitation and some soil characteristics. Soil characteristics and nitrate residue levels are present from measurements on the level of each individual parcel. Based on information of rainfall and evaporation a water balance is calculated for each parcel in the monitoring network. Therefore each parcel of the network is coupled to a combination of the 3 closest weather stations. The data are the result of a weighted average of the observations between the 3 stations. For these a number of approximately 20 weather stations are selected in or around Flanders. Calculations with the Burns model are carried out for winter 2009 and winter 2010.

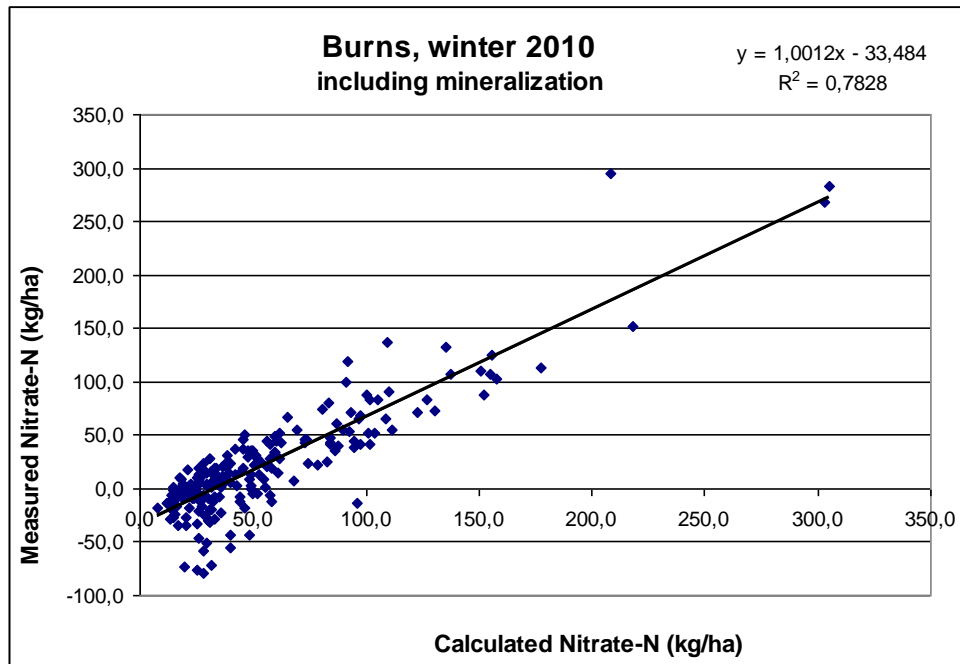


Figure 5: Measured (amount of nitrate before winter in the soil profile – amount of nitrate after winter) amount of nitrate-N (kg N/ha) leached out during winter 2010 versus calculated (Burns model) amount of nitrate-N (kg N/ha) leached out during winter 2010, including corrections for mineralisation.

To generate results of good quality, corrections for mineralisation are necessary. Denitrification is only important for parcels with soil type loam and clay. Calculations with the Burns model result in a prediction of the amount of nitrate in the soil profile after winter. When comparing the modelled results from the Burns model with measurements of nitrate after winter, a good correlation is present for mean values for each soil type. A R^2 value of 0.78 is present between the measured amount of nitrate leaving the soil profile during winter and the calculated (Burns model) amount of nitrate leaving the soil profile during winter 2010 (Figure 5).

For individual parcels, some abbreviations are present. An important conclusion based on the Burns model is the large amount of nitrate leaching out the soil profile on sandy soils. Also higher nitrate residue levels results in large amounts of nitrate leaching out the soil profile. When comparing the amount of nitrate leaching during winter between derogation and no-derogation parcels, no statistical significant differences are observed. This was accepted because no differences are present in amounts of nitrate in the soil profile before or after winter between derogation and no derogation parcels.

2.3.10 Nutrient balance

To find an explanation for the measurements in the soil profile and surface and groundwater, nutrient balances on the level of individual parcels are calculated. Two different approaches are used to calculate these balances.

The first approach is a balance where difference is made between the total input and output of nutrients on the level of a single parcel. Mineral and organic fertilization is the most important input factor. Differences in amount of fertilization between derogation and no derogation parcels and between different cultivated crops are discussed earlier (2.3.3). To calculate the total input of nitrogen, also emission losses during application are incorporated. Export is mainly caused by the harvested crop. In this approach only the amounts of nutrients imported or exported from the parcel are taken into account. To calculate yields on every parcel, information from farmers is asked. Besides differences in fertilisation, also differences in levels of export are present between derogation and no derogation parcels. Derogation parcels are characterized by higher export levels of nutrients on parcels maize by an extra cut of grass, harvested before the maize is sown and on grassland by extra cuttings during the season.

In the second approach nitrate levels during one year are monitored in detail in the soil profile. This second approach is not calculated for the parameter phosphorous. The amount of nitrate in the soil profile (0 to 90 cm) after winter, at the beginning of the growing season, is the start position of the nutrient balance. Higher levels of nitrate at the beginning of the season result in a lower fertilization advice. Fertilization is an important input factor. For the second approach only efficient levels of nitrate are calculated. This is important to calculate the nitrate originating from organic fertilization. For derogation parcels a higher input of efficient nitrogen is observed. A second important source of nitrogen is mineralisation of soil organic matter. This part of the mineralization was calculated based on soil texture and percentage of carbon. Also mineralization from catch crops, organic fertilization in the past and crop residues are taken into account. Leaching during the growing season is not very important and difficult to calculate based on the available data, so this factor is not taken into account. Export of nutrients from the soil profile is not only the harvested parts of the cultivated crop but also on harvested parts (uptake by the roots in the case of maize) or by the catch crop. The sum of all these parameters results in the calculated nitrate residue. When observing calculated average nitrate residue levels for grassland and maize, good results are present in comparison with measured levels.

2.4 Conclusions

During the derogation monitoring network project, soil and water samples are taken at different moments on the same parcels or sampling points. Most important parameters analysed on these samples are nitrogen and phosphorous. For both samples (soil and water) no statistically significant differences are present between derogation and no-derogation parcels. Differences are found between different cultivated crops and parcels with different soil types. No statistical differences are observed between leached amount of nutrients during winter between derogation and no derogation parcels. In order to explain the different measurements, nutrient balances are calculated based on measurements and information on yield and fertilisation.

In general, derogation parcels are characterized by higher levels of fertilization by organic and mineral fertilizers. So a higher total input of nitrogen is present on derogation parcels. Besides fertilization also export numbers for nitrogen and sometimes phosphorous are on higher levels for derogation parcels, mainly by the export of an extra cut of grassland. This higher yield is the reason that higher levels of fertilization do not result in higher nitrate residue levels or higher concentrations of phosphorous and nitrate-N in surface and groundwater for derogation parcels. Based on this the end conclusion of the monitoring network could be made: derogation in Flanders has no negative impact on the water quality.