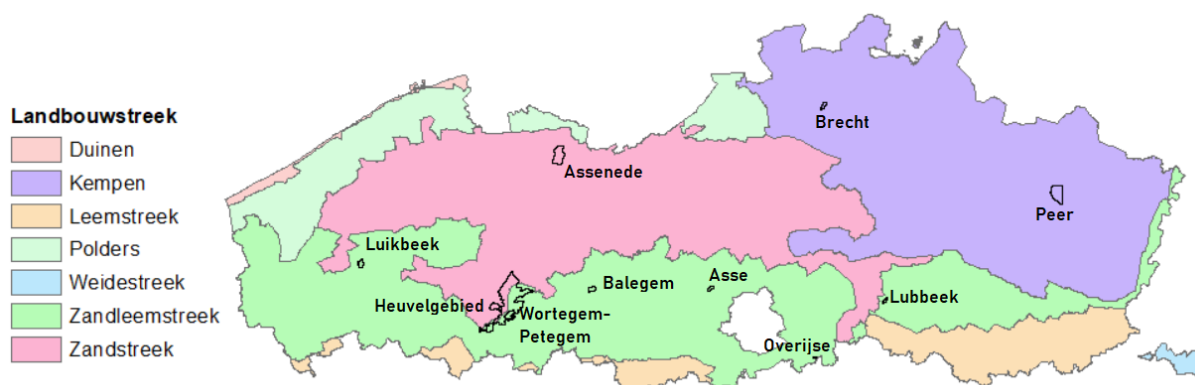


Impact van nitratrijke bronnen op oppervlaktewater

Inleiding

Dit onderzoek heeft als doel om wetenschappelijk gefundeerde inzichten te verwerven in de wijze waarop de kwaliteit en kwantiteit van het freatisch (bovenste) grondwater, de kwaliteit van het oppervlaktewater kunnen beïnvloeden, zowel op niveau van specifieke gebieden, de afstroomzones van MAP meetpunten oppervlaktewater, als op een groter meer regionaal schaalniveau. Dit onderzoek focust zich zowel op het gedetailleerd in kaart brengen van de problematiek van nitratrijk grondwater, waarbij in een aantal cases de voeding van het oppervlaktewater door nitratrijk of nitraatarm grondwater in detail worden bestudeerd, als op de inzichten die hieruit volgen voor grotere gebieden. Hierdoor kan een betere beoordeling van nutriëntenverliezen gebeuren en na evaluatie mogelijke bijsturing van beleidsmaatregelen uitgewerkt worden.

Er werden 10 cases onderzocht gelegen in de Zandstreek, de Zandleemstreek en de Kempen (zie Figuur 1). Enkele van de stroomgebieden in de Zandleemstreek hadden bovendien overwegend leem als bodemtextuur. De meeste cases waren afstroomzones van MAP-meetpunten oppervlaktewater met overschrijdingen van de 50 mg nitraat/l-norm. Tevens lagen de meeste cases in heuvelgebied.

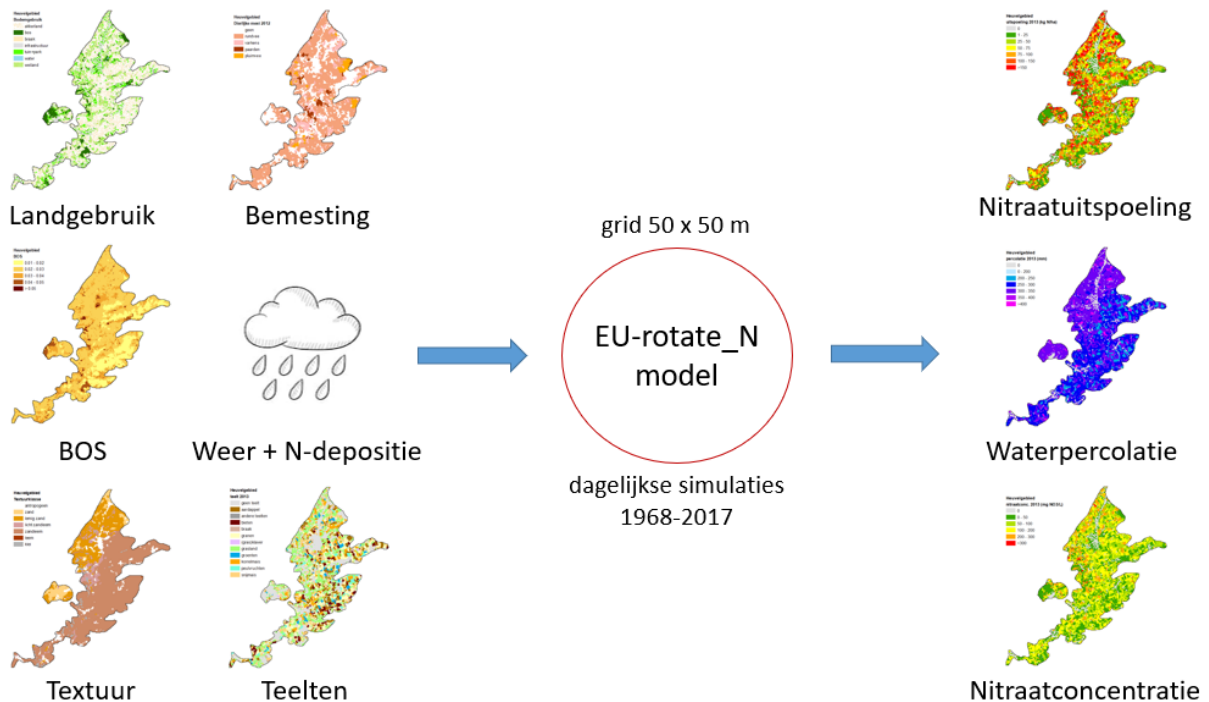


Figuur 1 : Situering van de 10 stroomgebieden die dienden als testcases.

Tijdens het onderzoek werden data op het terrein verzameld en er werden modellen gebruikt en ontwikkeld die kunnen gebruikt worden voor verdere berekeningen.

Grondwater wordt gevoed door regenwater dat percoleert doorheen de bodem. Nitraten ontstaan door mineralisatie van organisch materiaal of zijn afkomstig uit meststoffen. Omwille van hun negatieve lading (NO_3^-) lossen ze op in het bodemwater en spoelen met name in de winter mee uit naar het grondwater. In een eerste onderdeel van deze studie werd daarom het ontstaan van de nitraatproblematiek in de onverzadigde zone (bodem boven het grondwater) gesimuleerd. Omwille van de soms lange reistijden van grondwater werden er simulaties uitgevoerd over een periode van 50 jaar (1968-2017). Elk stroomgebied werd ingedeeld in een grid met cellen van 50 x 50 m. Per gridcel werden a.d.h.v. het model EU-rotate_N de belangrijkste N-processen in de bodem en in het gewas op dagelijkse basis gesimuleerd. Dagelijkse weersgegevens werden verkregen van het KMI. Cijfers voor de N-depositie werden bekomen van de VMM. De bodem werd gekarakteriseerd op basis van de bodemtextuur en het BOS-gehalte en andere parameters werden afgeleid m.b.v. pedotransferfuncties.

Er werden jaarlijkse gegevens verzameld over de bemesting en de teelten. De teeltgeschiedenis van elk perceel is gekend vanaf 1997. Voor de periode voor 1997 worden de teelten willekeurig verdeeld over het grid, rekening houdend met de statistische gegevens op niveau van de gemeente (vanaf 1980) en de landbouwstreek (voor 1980). Voor de bemesting werd er vanaf 2007 van uitgegaan dat de textuur- en teeltspecifieke bemestingsnormen volledig ingevuld werden. In de periode voor 1996 werd uitgegaan van de mestproductie op basis van de dieren aantallen op niveau van de gemeente (vanaf 1980) en de landbouwstreek (voor 1980). Daarbij werd de mest verdeeld over de teelten volgens een aan de N-opname gerelateerde teeltfactor. Er werd een overgangperiode voorzien (1996-2006) waarin een lineaire afname (export van mest) of toename (import van mest) werd verondersteld van het verschil tussen de mestproductie en de bemestingsnorm.



Figuur 2 : Overzicht van de belangrijkste input en output voor de simulaties in de onverzadigde zone.

Op basis van het landgebruik werd vervolgens met het model EU-rotate_N per gridcel een simulatie uitgevoerd voor akkerland (rotatie), weiland (blijvend grasland), permanent braakliggende terreinen, bos en tuinen of parken. Voor verharde oppervlakken of wateroppervlakken werd geen uitspoeling verondersteld. De dagelijkse nitraatuitspoeling en de waterpercolatie op een diepte van 90 cm werden herleid tot jaarlijkse waarden om te dienen als input voor het grondwatermodel. Voor stroomgebieden met diepere grondwatertafels werd de reistijd van de nitraatflux tot aan de grondwatertafel berekend met het model Hydrus-1D. Validaties aan de hand van nitraatresidumetingen wezen uit dat het model over het algemeen betrouwbare resultaten genereert op stroomgebiedsniveau.

Uit de nitraatconcentraties in het bodempercolaat van alle percelen binnen het afstroomgebied van een MAP meetpunt wordt het areaal gemiddelde berekend dat evolueert in functie van de tijd, jaar per jaar. Deze tijdsreeks dient als invoer voor een model van de verzadigde zone dat het mogelijk nitraattransport via het grondwater naar de waterlopen berekent. Het water dat aan een MAP meetpunt wordt gemeten is immers een mix van alle grondwater dat stroomopwaarts van het MAP meetpunt in de beek instroomt. Het model van de verzadigde zone deelt de toestroom van grondwater in volgens drie verschillende aanvoerroutes :

Ondiep grondwater dat door drains wordt afgevoerd : dit grondwater wordt net onder de watertafel gecapteerd en wordt snel naar de waterloop wordt getransporteerd. Dit bovenste grondwater komt qua samenstelling het best overeen met het bodempercolaat.

Ondiep grondwater dat niet door drains wordt opgevangen kan in het bovenste deel van het grondwaterreservoir naar de beek toe stromen. In dit deel van de ondergrond komt geen reactief materiaal voor zoals organisch materiaal en/of pyriet en nitraat kan zich ongehinderd verspreiden. Deze laag vormt de oxidatiezone. De reistijden van het grondwater kunnen oplopen afhankelijk van de dikte van de oxidatiezone en de afstand naar de waterloop die moet overbrugd worden. Deze reistijden kunnen meerdere jaren tot zelfs decennia bedragen. Het grondwater in deze laag bestaat uit een mengsel van verschillende ouderdommen, van jong tot oud, maar waarbij het aandeel afneemt naarmate de ouderdom toeneemt. Het model houdt daarmee rekening door een exponentieel distributiemodel voor de grondwater ouderdommen toe te passen.

Dieper grondwater dat door de reductiezone stroomt : in het dieper deel van het grondwaterreservoir kan nitraatreductie optreden omdat er in de sedimenten reactief materiaal voorkomt zoals organisch materiaal en/of pyriet (ijzersulfide). Door dit reductieproces zal quasi al het nitraat uit dit deel van het grondwater verwijderd worden. De reistijd en ouderdom van dit dieper grondwater kan groot zijn maar speelt totaal geen rol omdat er geen nitraat meer in zit.

De opsplitsing in de drie toestromen gebeurt m.b.v. partitioneringscoëfficiënten. Seizoensvariëaties worden gesimuleerd door het gebruik van maandelijks te definiëren verdelingscoëfficiënten. De jaarlijkse hoeveelheid bodempercolaat en de nitraatconcentratie worden bekomen uit het model van de onverzadigde zone. Het model geeft dan de nitraatconcentratie aan het MAP meetpunt in functie van de tijd.

Voornaamste resultaten en vaststellingen per testsite

De 10 testsites werden gedetailleerd onderzocht en per gebied werd een rapport opgesteld waarin de methodiek en de resultaten uitgebreid worden besproken.

Belangrijke parameters in de analyse van de testsites zijn o.a.: de gesimuleerde jaarlijkse nitraat- en waterflux uit de onverzadigde zone, de afbakening van het stroomgebied, de seizoenale dynamiek van de nitraatconcentraties in het MAP-meetpunt, de fractie van het water in het MAP-meetpunt dat komt van drainage, de fractie in het MAP-meetpunt van het grondwater dat komt uit de geoxideerde zone, de mediane reistijd van het grondwater en het belang van runoff.

Hieronder volgt een olijsting van de voornaamste resultaten en vaststellingen per testsite:

1. Luikbeek (Staden)

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 786 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017 en is erg hoog omwille van de extreem grote historische bemestingsdruk. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen werd voor de periode 2007-2017 nog steeds een hoge gemiddelde concentratie van 282 mg nitraat/l gesimuleerd, voornamelijk toe te schrijven aan het grote aandeel landbouwgebruik binnen het

stroomgebied, met twee derden van het landbouwareaal bestaande uit nitraatgevoelige teelten (aardappelen en groenten).

In de Luikbeek site wordt een belangrijke fractie van infiltrerend water afgevoerd door drains. Het water dat niet door drains wordt gecapteerd komt vooral in de reductiezone terecht waardoor het dieper grondwater weinig nitraat bevat. De belangrijkste aanvoer van nitraat naar het MAP meetpunt is afkomstig van de drains, wat dan ook resulteert in een zeer sterke seizoensaliteit met piekwaarden in de winter en plotse stijgingen en dalingen wanneer de drains beginnen werken of stilvallen.

2. Wortegem-Petegem

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 310 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De historische bemestingsdruk is in Wortegem-Petegem eerder gemiddeld. Na volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 174 mg nitraat/l gesimuleerd. Door het kleine aandeel bos, tuinen en parken in dit stroomgebied is er slechts een beperkte verdunning van de nitraten die uitspoelen op akkerland en weiland.

De toestroom van grondwater naar het MAP meetpunt vindt vooral plaats vanuit de omringende heuvels. Deze bestaan uit tertiair zand (zgn Ieperiaanzand, Formatie van Tielt) op een dieper compact kleisubstraat en het zand in de heuvels is tot op grote diepte geoxideerd. Het grondwater in deze heuvels bevat dan ook hoge nitraatgehalten, meestal rond de 100 mg nitraat/l. Reistijden van het grondwater vanuit de heuvels zijn groot en kunnen oplopen tot 20 a 30 jaar. Wel werd vastgesteld dat in de riparische zone, dat is dicht bij de beek zelf, denitrificatie optreedt door de aanwezigheid van organisch materiaal in de alluviale beekafzettingen. Dat reduceert toch nog de nitraataanvoer met ongeveer de helft. In de winterperiode zorgt afstromend regenwater voor een verdunning waardoor de hoogste nitraatconcentraties in de zomer voorkomen.

3. Balegem

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 310 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De historische bemestingsdruk is in Balegem eerder gemiddeld. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 130 mg nitraat/l gesimuleerd. Er is een zekere verdunning van de nitraten die uitspoelen op akkerland en weiland door het aanzienlijk aandeel bos en tuinen en parken in Balegem.

Het grondwater dat in Balegem naar het MAP meetpunt toestroomt wordt aangevoerd vanuit een heuvelkam in het zuiden. Deze heuvels bestaan uit geoxideerd zand het uit de Formatie van Lede maar liggen op meer dan een km van het meetpunt. In deze zanden kan nitraat zich verspreiden maar door de afstand zijn de reistijden lang, het kan tot enkele tientallen jaren onderweg zijn. Dit nitraatrijk grondwater kwelt op in een moerassig bosperceel in poeltjes die afwateren in de beek. Deze nitraatinvloei zorgt voor hoge waarden aan het meetpunt.

4. Brecht

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 389 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De historische bemestingsdruk is in Brecht extreem hoog, maar door het grote aandeel bos en de hogere netto-neerslag in dit stroomgebied wordt de gemiddelde concentratie nog enigszins gereduceerd. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 143 mg nitraat/l gesimuleerd.

De grondwaterstroming in Brecht is heel speciaal omdat de freatische laag hier elke zomer droog valt en er dus geen stroming meer plaatsvindt. Hierdoor kan uitgespoeld nitraat ook niet afgevoerd worden en blijft ter plaatse achter tot in het najaar. Door de stijging van de watertafel komt de stroming terug op gang en dan wordt alle aanwezig nitraat op korte tijd afgevoerd. De freatische laag wordt als het ware doorgespoeld. Deze speciale situatie wordt veroorzaakt door het onderliggende Complex van de Kempen en komt wellicht wel meer voor in de Noorderkempen.

5. Overijse

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 107 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De gemiddelde bemestingsdruk over de hele periode 1968-2017 was de laagste van alle stroomgebieden en er is veel verdunning door het grote aandeel bos en tuinen en parken. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 96 mg nitraat/l gesimuleerd. Ondanks de recent lagere netto-neerslag stijgt de concentratie niet in dit stroomgebied omdat omwille van de lemige bodemtextuur ook de nitraatflux afneemt.

De grondwateraanvoer naar het MAP meetpunt komt vooral van water dat uit een enkele drainagebuis komt gestroomd. Dit water loopt in een vijver die dan overloopt naar het MAP meetpunt. Het water uit de drainbuis komt uit de Brusseliaan afzettingen in de heuvelflank. Omdat de Brusseliaanzanden geoxideerd zijn bevat dit water hoge nitraatgehalten, meestal iets meer dan 50 mg nitraat/l. Hierdoor toont het meetpunt vaak overschrijdingen van de 50 mg nitraat/l. Het Brusseliaanwater moet lang geleden geïnfiltreerd zijn, het dateert zeker niet van de laatste jaren.

6. Peer

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 366 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De historische bemestingsdruk is in Peer erg hoog, maar door het relatief grote aandeel bos is er een zekere verdunning van de nitraten die uitspoelen op akkerland en weiland. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 182 mg nitraat/l gesimuleerd.

Op het Kempisch plateau komen goed doorlatende hoogterras afzettingen voor. Deze zanden zijn geoxideerd, evenals de eronder liggende Formatie van Kasterlee. Hierdoor is de oxidatiezone hier aanzienlijk en komen hoge nitraatgehalten voor tot minstens 10 a 20 m

diepte. Doordat de zanden goed doorlatend zijn is er het hele jaar door een belangrijke grondwaterinstroming in de beek die nitraatrijk is. Enkel kwelwater dat vanuit de diepere Neogene pakketten opwaarts stroomt is nitraatvrij en bevat meer ijzer. Dit kan voor enige verdunning zorgen. Het MAP meetpunt hier toont constant hoge waarden. Enkel stevige regendagen kunnen voor verlaagde pieken zorgen.

7. Lubbeek

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 293 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De historische bemestingsdruk is in Lubbeek eerder laag, maar de lagere netto-neerslag in dit stroomgebied leidt tot een beperktere verdunning van de nitraten, die wel grotendeels uitspoelen op de zandleembodems. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een relatief hoge gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 203 mg nitraat/l gesimuleerd.

Het MAP meetpunt in Lubbeek ligt in een valleitje tussen heuvels die uit zanden van de Formatie van Diest bestaan. In de vallei zelf komt een onderliggend kleisubstraat bestaande uit de klei van Boom ondiep voor. In de omringende heuvels komt nitraatrijk water voor dat in de zomer voor hoge nitraatgehalten aan het MAP meetpunt zorgt. Langsheen de beek komen bronnetjes voor die het nitraatrijk water vanuit de heuvels draineren naar de beek toe. In de winter komt meer oppervlakkig afstromend regenwater voor dat de concentraties verdunt waardoor de winterconcentraties lager liggen.

8. Asse

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 194 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De historische bemestingsdruk is in Asse eerder laag en er is een aanzienlijk aandeel bos. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 117 mg nitraat/l gesimuleerd.

Het MAP meetpunt in Asse ligt in een beekvalleitje. De opbouw van de ondergrond is afwisselend. In de bovenloop van de vallei komt grondwater toegestroomd vanuit de heuvels, in de middenloop ligt er een ondiep tertiair kleisubstraat bestaande uit de Bartoonklei (Formatie van Maldegem) en ter hoogte van het MAP meetpunt is het kleisubstraat afwezig en komt grondwater toegestroomd vanuit het zand van de Formatie van Lede. Dit is geoxideerd en bevat hoge nitraatgehalten. Hier komen verschillende bronnetjes voor langsheen de beek die nitraatrijk water aanvoeren, maar ter plaatse is vastgesteld dat dit vooral via uitgespoelde stroombanen gebeurt waarvan het tracé niet gekend is. De hoge nitraatgehalten aan het MAP meetpunt worden vooral door dit bronwater veroorzaakt.

9. Assenede

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 422 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De historische bemestingsdruk is in Assenede hoog en er is weinig verdunning door een beperkt aandeel bos, tuinen en parken. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een

gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 164 mg nitraat/l gesimuleerd. Door een recente stijging in de netto-neerslag in dit stroomgebied is er sprake van enige verdunning.

Het MAP meetpunt in Assenede toont geen overschrijdingen van de 50 mg nitraat/l limiet maar heeft wel seizoenschommelingen met hogere winter- en lagere zomerwaarden. Deze fluctuatie wordt veroorzaakt door een wijziging in de grondwaterstromingssituatie. De ondergrond hier bestaat uit overwegend zandig materiaal tot op minstens 20 m diepte. Maar vanaf enkele meter diepte komt in het zandpakket organisch materiaal voor dat aanwezig nitraat reduceert. Ondiep grondwater, afkomstig uit de bovenste meters is daardoor nitraathoudend, dieper grondwater is nitraatvrij. In de winter ontstaan door de grote grondwateraanvulling lokale ondiepe stromingssystemen die ondiep water naar de beek draineren en in hogere nitraatgehalten resulteren. In de zomer vallen door afwezige grondwateraanvulling deze ondiepe stromingssystemen weg en is het grondwater afkomstig van een stuifzandrug die meer naar het zuiden ligt. Dit grondwater heeft veel langere en vooral diepere stroomlijnen waardoor het door de reductiezone passeert en nitraatvrij is. Dit verklaart de lagere zomerconcentraties.

10. Heuvelgebied

De gemiddelde gesimuleerde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat bedraagt 347 mg nitraat/l voor de periode 1968-2017. De historische bemestingsdruk is in het Heuvelgebied eerder gemiddeld. Met volledige implementatie van de bemestingsnormen in de periode 2007-2017 werd een gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie van 173 mg nitraat/l gesimuleerd. Er is slecht een klein aandeel bos, tuinen en parken dus de verdunning is beperkt.

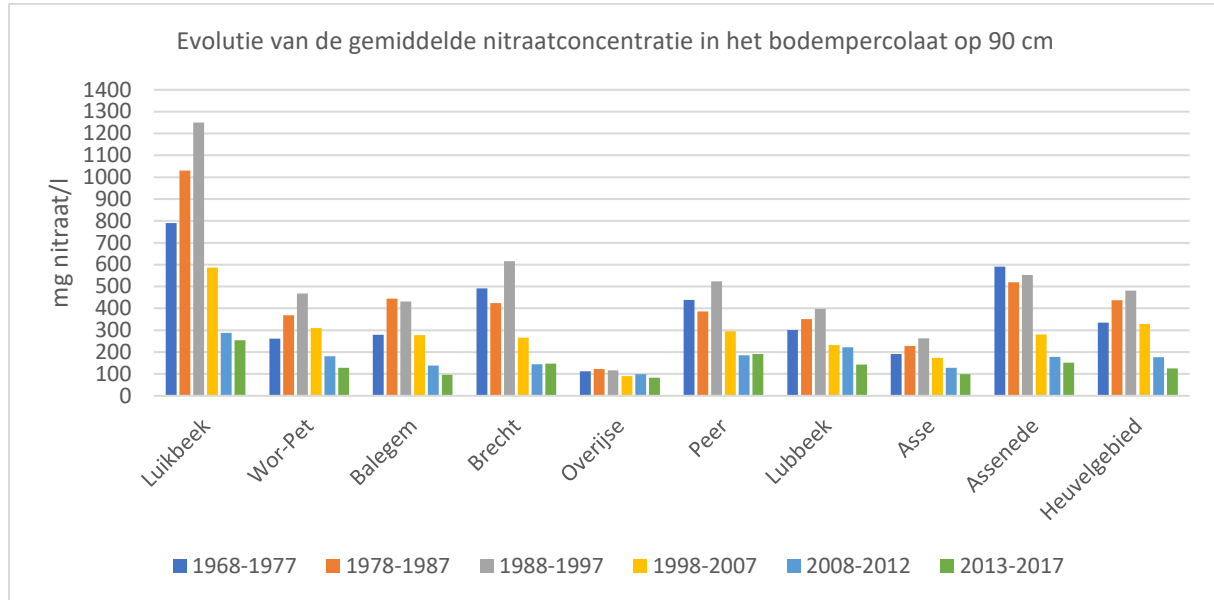
Deze testsite beslaat een volledige heuvelrug in de Vlaamse Ardennen en werd gekozen als voorbeeld van een groter testgebied. Metingen tonen dat de heuvels hier grotendeels bestaan uit geoxideerde sedimenten die daardoor grote hoeveelheden nitraatrijk water bevatten dat gedurende de laatste decennia is ingesijpeld. Berekeningen met een grondwaterstromingsmodel van de heuvelrug toont dat het water in deze heuvels vaak tientallen jaren onderweg is naar de beken die op de flanken ontspringen. Op deze flanken liggen vaak problematische MAP meetpunten. De nitraataanvoer naar deze MAP meetpunten gebeurt vanuit door grondwateraanvoer vanuit deze heuvels. In de winter kan door de helling van de valleitjes oppervlakkige afvoer voor verdunning zorgen. Ook drains spelen soms een grote rol, zoals in het geval van de Plankbeek in Kruishoutem dat met het model werd gesimuleerd.

Conclusies uit de vergelijking van de case-studies

Een vergelijking van de systeemanalyse en de modellering van de verschillende testsites (in bijlage) toont de vier belangrijkste invloedsfactoren die de hoge nitraatconcentraties aan de bestudeerde MAP meetpunten verklaren. In volgorde van belangrijkheid zijn deze factoren:

Factor 1 gemiddelde nitraatconcentratie in bodempercolaat

De gewogen gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie in het bodempercolaat op een diepte van 90 cm werd berekend voor alle testgebieden (Figuur 2). De evolutie is per periode van 10 tot 5 jaar weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 : Evolutie van de gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie in het bodempercolaat op stroomgebiedsniveau, weergegeven per tijdsperiode van 10 tot 5 jaar.

In de meeste gebieden neemt de concentratie initieel toe als gevolg van de groeiende veestapel, om vervolgens terug te dalen, als gevolg van de graduele implementatie van de bemestingsnormen in de simulaties. **In alle gebieden ligt de nitraatconcentratie in het uitgespoelde water uit de bodem ook recent, na implementatie van de maatregelen, hoger dan 50 mg nitraat/l.** De range gedurende de laatste 5 jaar (2013-2017) bedraagt 86 tot 235 mg nitraat/l en de laatste 10 jaar (2008-2017) van 92 tot 260 mg nitraat/l (tabel 1).

Nr testsite	testsite	Laatste 5 jaar 2013-2017	Laatste 10 jaar 2008-2017
1	Luikbeek(Staden)	235	260
2	Wortegem-Petegem	129	155
3	Balegem	96	117
4	Brecht	148	146
5	Overijse	86	92
6	Peer	192	189
7	Lubbeek	145	183
8	Asse	99	114
9	Assenede	151	165
10	Plankbeek (heuvelgebied)	143	169

Tabel 1 : Evolutie van de gemiddelde gesimuleerde nitraatconcentratie in het bodempercolaat op stroomgebiedsniveau, weergegeven per tijdsperiode van 10 tot 5 jaar

De nitraatconcentratie in het bodempercolaat wordt sterk beïnvloed door volgende parameters: het landgebruik, de intensiteit van de bemesting, het aandeel van de verschillende teelten in het landbouwareaal, de weersomstandigheden en in mindere mate de bodemtextuur en het gehalte organische stof:

- **De mestdruk bepaalt historisch de hoogte van de nitraatresidu's, de nitraatuitspoeling en de nitraatconcentraties op akkerland en weiland (blijvend grasland). Bij een correcte toepassing van de bemestingsnormen zijn vooral de teelten binnen het stroomgebied de doorslaggevende factor.** Zo zijn de nitraatconcentraties in het afstroomgebied van de Luikbeek, waar veel aardappelen en groenten worden geteeld, veel hoger dan in Wortegem-Petegem, waar veel wintergranen (al dan niet gevolgd door vanggewassen) worden geteeld.
- **Nut van bemestingsnormen:** Voor de volledige periode 1968-2017 lag de langjarige gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat tussen 107 (Case in Overijse) en 786 mg nitraat/l (Case van de Luikbeek). Voor de periode 2007-2017, waar de maximale bemestingsnormen in het model werden toegepast op perceelniveau, en waarin de bemestingsnormen meer en meer afgestemd werden op de gewasbehoeften, tussen 96 (Case in Overijse) en 282 mg nitraat/l (Case van de Luikbeek). De afname in de loop van de tijd door implementatie van de bemestingsnormen is sterker in gebieden waar de initiële concentraties hoger lagen.
- **De lokale weersomstandigheden bepalen mee de nitraatconcentratie en de snelheid van uitspoelen:** in een aantal stroomgebieden in het noorden van Vlaanderen is de verdunning groter door een grotere netto-neerslag (neerslag min potentiële evapotranspiratie), terwijl drogere weersomstandigheden in het zuidoosten van Vlaanderen kunnen leiden tot hogere nitraatconcentraties, met name op bodems met een lichtere textuur. Ook het gesimuleerd nitraatresidu op 15 oktober kan enigszins worden beïnvloed door elkaar versterkende verschillen in textuur en neerslag: de uitspoeling kan vroeger starten bij een nattere nazomer op lichtere bodems.
- **Verdunning op niveau van het stroomgebied door een groter aandeel bos en tuinen en parken** is aangetoond. Met name in het stroomgebied Overijse draagt dit sterk bij tot de gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat, die de laagste is van alle onderzochte stroomgebieden.
- Het effect van de overheersende bodemtextuur van het stroomgebied op de nitraatconcentratie in het bodempercolaat is minder uitgesproken, mede ook door de interactie met de verschillende weersomstandigheden (zandige bodems liggen meer in het noorden van Vlaanderen). Er spoelt algemeen meer nitraat uit in stroomgebieden met een lichtere bodemtextuur maar er is ook meer verdunning door een grotere waterpercolatie. Het effect van veranderingen in de weersomstandigheden is minder groot in stroomgebieden met een lemige bodemtextuur, omdat de grootte van de nitraatflux meer proportioneel mee verandert.

Factor 2: De aanwezigheid van kunstmatige drainage en de mate waarin ze ondiep percolatiewater afvoeren

Drains capteren water dicht onder de watertafel wat voor gevolg heeft dat het bijna steeds water uit de oxidatielaag (waar nitraat niet afgebroken wordt) betreft met hoge nitraatgehalten. Waar de reductiezone (waar nitraat wordt afgebroken) ondiep voorkomt kan er via opwaartse kwel naar de drains wat bijmenging van dieper gereduceerd water optreden, wat voor een beperkte verdunning zorgt en de nitraatconcentraties iets verlaagt. Nitraatmetingen op drainwater geven vaak waarden van boven de 100 mg nitraat/l. De aanwezigheid van drains kan enkel uit veldverkenning afgeleid worden. Er bestaan immers geen kaarten of databases met de ligging van alle drains in Vlaanderen. In veel afstroomgebieden waar drains de belangrijkste nitraatinput leveren, tonen de MAP meetpunten

meestal een grote seizoenaliteit met hoge winterwaarden die vrij abrupt kunnen oplopen (bij het begin van de winterperiode) of afnemen (op het einde van de winterperiode). Voorbeelden zijn de testsites Luikbeek (Staden) en Assenede.

Er is nood aan extra gegevens over drainage: Drainagebuizen zijn vaak niet bekend, en er is nood aan metingen van nitraatconcentraties aan drainagebuizen om de impact van drainage op de oppervlaktewaterkwaliteit beter te kunnen nagaan in gebieden met veel kunstmatige drainage.

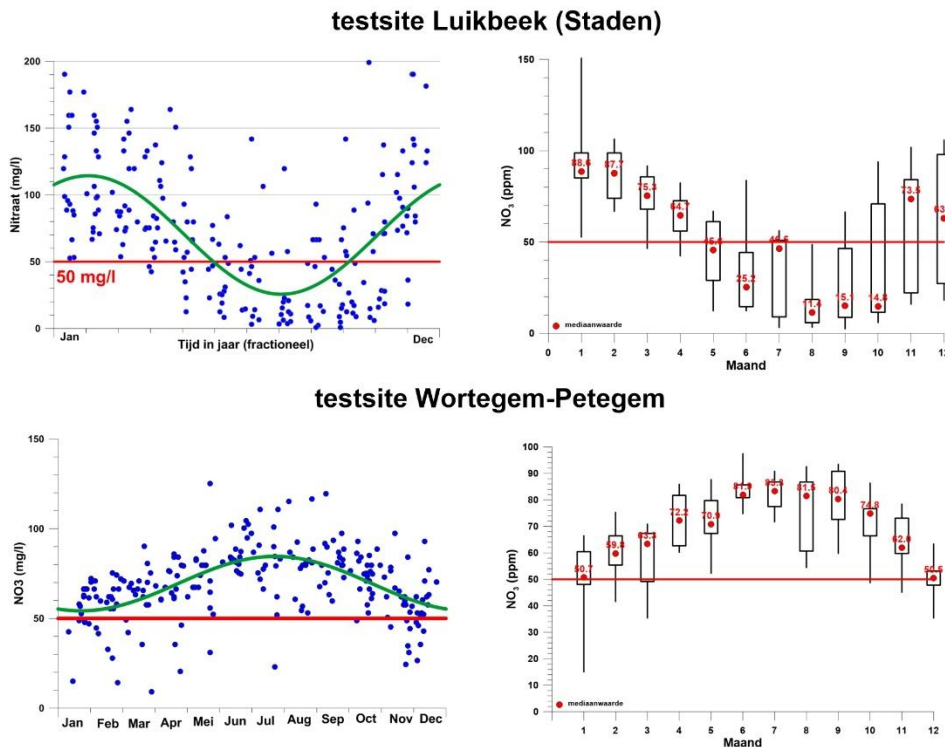
Factor 3: De dikte van de oxidatiezone en de relatieve bijdrage van grondwater vanuit de oxidatiezone

De dikte van de oxidatielaag, en de relatieve bijdragen van grondwater vanuit de oxidatiezone wordt bepaald door de hydrogeologische opbouw en de doorlatendheid van de afzettingen. De hydrogeologische zoneringskaart (HHZ) kan als leidinstrument gebruikt worden. In het kaartinstrument wordt het voorkomen van deze lagen op kaart voorgesteld. De bijdrage van het grondwater uit de oxidatielaag kan variëren van heel gering, niet meer dan enkele procenten zoals in de testsite Luikbeek, tot substantieel, meer dan de helft, zoals in de testsite Peer op het Kempisch plateau.

Om te bepalen wanneer er een belangrijke instroom is vanuit de oxidatiezone, kan er gekeken worden naar de seizoenfluctuaties van de MAP-meetpunten (zie fig 4)

Het is dus zinvol om de MAP-meetpunten te classificeren aan de hand van de seizoenfluctuatie.

- MAP-meetpunten met wintermaximum zijn meestal sterk beïnvloed door drains (voorbeeld: Luikbeek), of door droogte in de zomer (wegvallen baseflow)
- MAP-meetpunten met zomermaximum; aanvoer van nitraat via grondwater uit de oxidatiezone. In de winter wordt dit verdund met runoff water (voorbeeld: Wortegem-Petegem)
- MAP-meetpunten met een geringe seizoenaliteit. Constante instroom van grondwater zonder veel verdunning in de winter
- MAP-meetpunten met meer complexe stromingssituaties. In het MAP-meetnet in Brecht valt de freatische laag in de zomer compleet droog. In het najaar wordt heel de bodem uitgespoeld waardoor piekconcentraties optreden. Het MAP meetpunt in Overijse wordt sterk gevoed door een drainagebuis die grondwater direct naar het MAP-meetpunt laat stromen. Deze specifieke MAP-meetpunten dienen in de specifieke lokale context geïnterpreteerd te worden.



Figuur 4 : Vergelijking van de seizoensale variatie aan de MAP meetpunten van de testsites Luikbeek (Staden) en Wortegem-Petegem

Factor 4: Grondwater reistijden

Reistijden van het grondwater zijn enkel belangrijk wanneer er een belangrijke instroming vanuit de oxidatiezone optreedt. De ouderdom van nitraatvrij grondwater is immers totaal niet relevant. De reistijd van grondwater hangt af van de lengte van de stroombanen die het volgt en de snelheid waarmee het grondwater stroomt. Hoe meer doorlatend de sedimenten zijn, hoe sneller het grondwater zal stromen. Grondwater ouderdommen kunnen niet op een eenvoudige wijze rechtstreeks gemeten worden. Ze kunnen afgeleid worden uit berekeningen met een grondwaterstromingsmodel, maar dit is een omslachtige methode. In dit project zijn van drie testsites een grondwatermodel opgesteld en werd de ouderdom en de reistijd van het grondwater berekend. Het grondwater dat naar een beek toestroomt bestaat uit een mengsel van jonger water, dat dichtbij de beek is geïnfiltreerd, en ouder grondwater, dat van verder komt. Het aandeel grondwater met een bepaalde ouderdom daalt met toenemende leeftijd. Deze verdeling en de maximale ouderdommen hangen af van de testsite en de hydrogeologische situatie. Een simpele indicator is de mediaanleeftijd, dat is de ouderdom waarbij de helft van het grondwater jonger is en de andere helft ouder is. Dit geeft direct weer of er veel ouder grondwater naar het MAP meetpunt toestroomt en dat heeft gevolgen voor de responstijden van maatregelen. Is de mediaanouderdom laag, b.v. slechts enkele jaren, dan is een effect van de maatregelen binnen 5 tot 10 jaar te verwachten, maar bedraagt de mediaanleeftijd 20 jaar of meer dan kan zelfs de komende decennia nog geen grote verbetering verwacht worden. Enkel naar de leeftijd van het water uit de oxidatiezone moet gekeken worden. In de Luikbeek testsite is de oxidatielaag dun, niet meer dan enkele meters en werd de mediaanleeftijd begroot op 3 jaar. In de testsite Peer op het Kempisch plateau ligt de mediaanleeftijd tussen de 15 en 20 jaar en zou dus op korte tijd slechts een beperkt effect van maatregelen kunnen verwacht worden. De grootste reistijden komen voor bij MAP meetpunten in heuvelgebieden. Het toestromend grondwater komt daar vooral van in de heuvels en die zijn voor een groot deel opgebouwd uit geoxideerde tertiaire zandlagen (Formatie van Tielt, Formatie Lede, Formatie van Brussel, Formatie van Diest) die nitraatrijk water bevatten. Mediaan reistijden lopen hier op tot meer dan 20 jaar. Door de mengeling van grondwater

van verschillende ouderdom zal het effect van maatregelen zich ook niet plots manifesteren, maar zeer geleidelijk verlopen.

De studie geeft enkele methodes om deze reistijden te bepalen in verschillende types van gebieden. Dit wordt toegelicht in het deelrapport over het modelinstrument.

Mogelijke acties om impact van nitraatrijke bronnen te verminderen

FACTOR 1 Hoe de gemiddelde nitraatpercolatie in het stroomgebied verlagen?

Hierboven werd aangegeven dat de nitraatconcentratie in het uitgespoelde water uit de bodem in alle gebieden hoog ligt. Er rekening mee houdende dat grondwater van verschillende ouderdommen in de freatische (bovenste) grondwaterlaag gemengd worden, betekent dit dat de nitraatconcentratie in het bodempercolaat te hoog is om zonder natuurlijke afbraak (attenuatie) onder de 50 mg nitraat/l te komen.

De gemiddelde nitraatpercolatie in het stroomgebied kunnen we wel verlagen door de nitraatinput uit de landbouw te verlagen.

Er zijn heel wat manieren om de nitraatpercolatie uit de landbouw te beïnvloeden en te verminderen. Zo kan door oordeelkundige bemesting, volgens de 4J' (juiste dosis, juiste tijdstip, juiste mestsoort en juiste aanwendingstechniek) het nitraatresidu verminderd worden.

In het project werd er een doorrekening gedaan van de volgende maatregel: de inzaai van vanggewassen op alle percelen. Vanggewassen nemen in het najaar stikstof op die in de bodem is achtergebleven, en kunnen zo voorkomen dat deze stikstof in de winter met het percolatiewater mee zal uitspoelen. Het vanggewas zet in het voorjaar de opgenomen stikstof terug vrij en de volgteelt kan deze dan opnemen.

Uit een simulatie in het stroomgebied van de Luikbeek blijkt dat de toepassing van vanggewassen zonder aanpassing van bemesting van de volgteelt enkel een effect heeft op de nitraatvrucht die uitspoelt. Het zorgt niet voor de vermindering van de nitraatconcentratie in het bodempercolaat. Het vanggewas zorgt immers ook voor extra transpiratie waardoor er minder vocht zal percoleren, en door de extra vrijzetting van stikstof (mineralisatie) uit het vanggewas in het voorjaar neemt de uitspoeling niet voldoende af om een dalende gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat te verkrijgen.

Als de bemesting van de volgteelt wel wordt aangepast, waarbij de bemestingsdosis verminderd wordt met de vrijzetting van stikstof door het vanggewas, zal de nitraatconcentratie in het percolatiewater, wel verminderen. In de simulatie in het stroomgebied van de Luikbeek deed de inzaai van een vanggewas met aangepaste bemesting van de volgteelt de nitraatconcentratie in het bodempercolaat met 43 mg nitraat/l dalen, oftewel met 10 en 15% voor respectievelijk de periode 1998-2017 en 2007-2017. Dit toont aan dat in andere stroomgebieden, waar de concentraties reeds lager liggen, vergelijkbare maatregelen kunnen leiden tot relatief gezien sterkere dalingen. De resulterende gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat voor 2007-2017 blijft in het stroomgebied van de Luikbeek met 240 mg nitraat/l wel nog steeds hoog.

➔ **Het inzaaien van een vanggewas moet samengaan met een aangepaste bemesting van de volgteelt die rekening houdt met de stikstofvrijzetting van het vanggewas in het voorjaar.**

FACTOREN 2-4 Drainages, de dikte van de oxidatie zone en de reistijden van het grondwater

Factoren 2 tot 4 kunnen we in mindere mate (drainages) of niet (dikte oxidatiezone en reistijden) beïnvloeden, maar zeggen iets over de responstijden op maatregelen aan het oppervlak (factor 1).

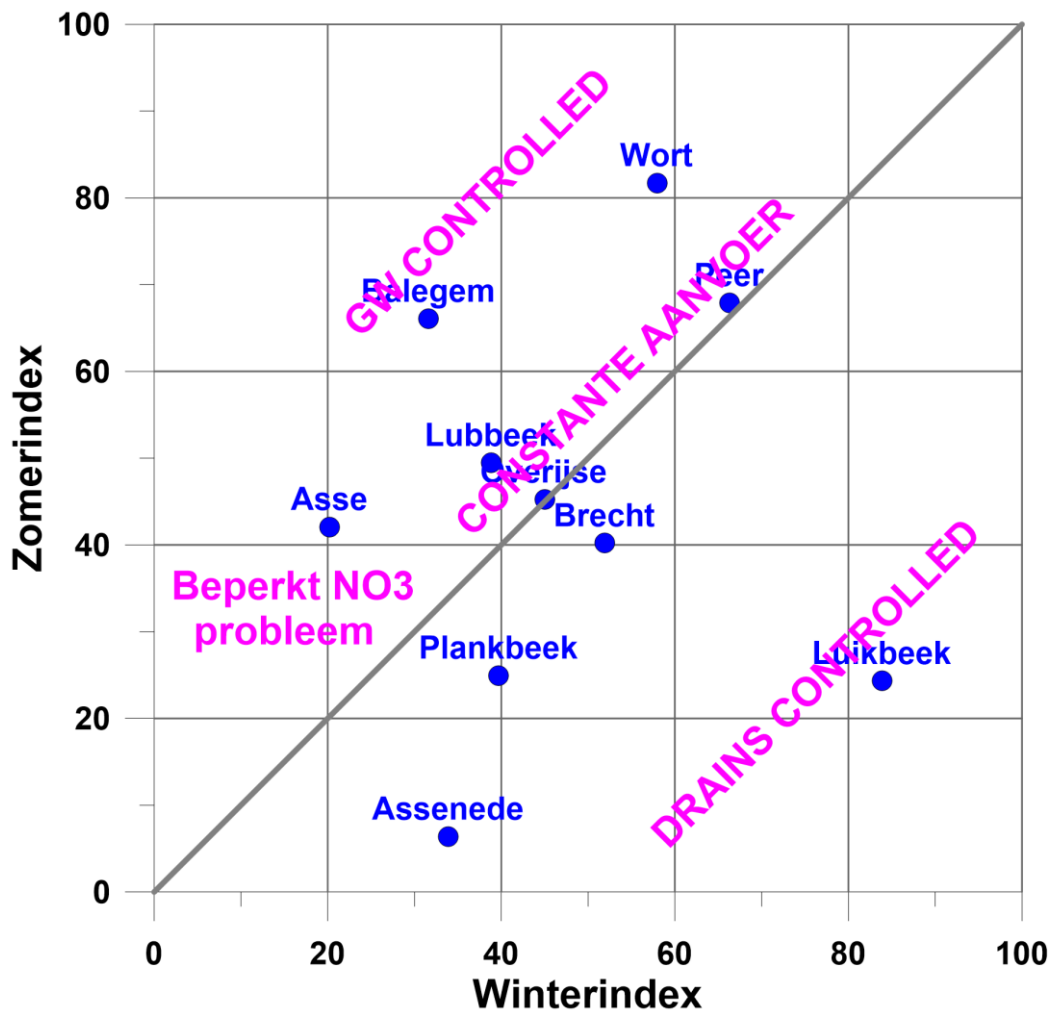
Responstijden zullen variëren van slechts enkele jaren voor MAP meetpunten die vooral door drains worden beïnvloed, tot decennia voor MAP meetpunten die in heuvelgebieden zoals b.v. de Vlaamse Ardennen liggen. Om 90% van het effect van een genomen maatregel te kunnen detecteren aan het MAP meetpunt, moet er ongeveer driemaal de mediaanleeftijd van het grondwater gewacht worden. Dus als de mediaanleeftijd 5 jaar bedraagt, zal pas na 15 jaar het effect grotendeels gerealiseerd zijn. Voor de testsite Peer b.v. werd een mediaanleeftijd van ruim 15 jaar bepaald, hier kan het 40 tot 50 jaar duren voor een maatregel ten volle het MAP meetpunt zal verbeteren. In de heuvelgebieden zal men eveneens nog decennia moeten wachten op een merkbare verbetering aan de MAP meetpunten. De nitraatgehalten in ondiepe peilbuizen, die net onder de watertafel zitten, zullen veel sneller het effect van maatregelen weerspiegelen. Deze zitten immers aan het begin van de stroomlijnen en hebben veel kleinere responstijden.

MAP-meetpunten die in valleien liggen waarvan de instroom afkomstig is uit heuvels met geoxideerde sedimenten hebben hoge reistijden en de ouderdom van het grondwater, ligt meestal in de orde van 20 tot 40 jaar (mediaanwaarde). **Door die langzame verandering zijn de responstijden hoog en zal het effect van beperkte maatregelen**, die bv het nitraatgehalte met slechts 10 of 20% verminderen, **weinig opvallen** tussen de interjaarlijkse variatie die optreedt door de wisselende meteorologische omstandigheden. Deze MAP meetpunten hebben vaak een sterk seizoenal patroon met hoge zomerwaarden of vertonen het jaar rond hoge nitraatconcentraties.

MAP meetpunten met alwaar de nitraatbron vooral water uit drains, vertonen vaak een seizoenal patroon met hoge winterwaarden en, **hebben veel kortere responstijden**, omdat het drainwater recent geïnfiltreerd water is. **Maatregelen zullen hier zeker binnen de paar jaar een merkbaar effect hebben**, maar vermits het drainwater vooral uit de oxidatiezone komt, liggen de nitraatgehalten dicht tegen die van het bodempercolaat. De berekeningen hebben getoond dat het gemiddeld nitraatgehalte in bodempercolaat nog een factor van 2 tot 5 boven de 50 mg nitraat/l ligt. De concentratie in het oppervlaktewater kan enkel onder de 50 mg nitraat/l zakken als

- er grote bijmenging optreedt van ander water (gereduceerd, nitraatvrij dieper grondwater of van runoff);
- **En als de nitraatconcentratie in het percolaat drastisch zakt door maatregelen te nemen op niveau van de nitraatinput door de landbouw. Alleen dit laatste hebben we in de hand.**

Om een idee te krijgen welke MAP-meetpunten vooral gevoed worden door geoxideerd grondwater (met lange responstijden) of door draingewater (met korte responstijden) kan men de MAP-meetpunten indelen a.h.v. de maandelijkse mediaanwaarden van de nitraatconcentraties en een daaruit berekende winter- en zomerindex. Met de gemeten nitraatgehalten aan het MAP meetpunt kunnen voor elke maand de mediaanconcentraties berekend worden, b.v. voor de laatste 5 of 10 jaar. Een winterindex is dan het gemiddelde van de wintermaanden, de zomerindex van de zomerwaarden.



Figuur 5 : Classificatie van de testsites op basis van de winter- en zomerindex van de mediaan nitraatconcentraties aan het MAP meetpunt