

NOTA 1548

augustus 1984

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA

Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

STOFFENBELASTING VAN HET FREATISCH GRONDWATER

ir. J.H.A.M. Steenvoorden

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

Deze nota is geschreven ten behoeve van
de PAO-cursus 'Waterkwaliteit Landelijk
gebied; aspecten van waterkwaliteits-
beheer'

oktober/november 1984

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. MEETMETHODEN	1
3. BASISBELASTING VAN GRONDWATER	3
4. BELASTING VAN GRONDWATER DOOR LANDBOUW	6
4.1. Grasland	6
4.2. Bouwland	8
5. SAMENVATTING	11
LITERATUUR	12

ALTERRA

Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

1. INLEIDING

Ten behoeve van het waterkwaliteitsbeheer is het noodzakelijk om inzicht te hebben in de gevolgen van maatregelen voor het fysisch milieu en de effecten hiervan op de kwaliteit van het milieu voor mens, dier en plant. De gevolgen voor het fysisch milieu kunnen tot uiting komen onder andere in een wijziging van de chemische samenstelling van grond- en oppervlaktewater. In deze bijdrage zal aandacht worden besteed aan de chemische belasting van het grondwater onder natuurlijke terreinen en landbouwgrond die tezamen circa 90% van het bodemoppervlak van Nederland in beslag nemen.

De diepte waarop de stoffenbelasting zal worden bekeken is circa 1 m -mv. Als voedingsstoffen beneden deze diepte zijn uitgespoeld kunnen ze doorgaans als verloren worden beschouwd voor de gewassen. De verbindingen die in deze bijdrage zullen worden behandeld zijn de macro-ionen: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} en HCO_3^- en de analyses COD (= Chemical Oxygen Demand), EGV (= elektr. geleidingsvermogen) en Ortho- en totaal-P.

2. MEETMETHODEN

Voor het kwantificeren van de emissie naar het grondwater is in principe informatie nodig over de grootte van de grondwatervoeding en de chemische samenstelling ervan. Meerdere meetmethoden worden hiervoor gebruikt, waarbij de keuze wordt bepaald door onderzoeksdoel, de gewenste detaillering, de hydrologische situatie en de mogelijkheden in de specifieke situatie. Elke methode heeft vóór- en nadelen.

Methoden die worden gebruikt zijn onder andere:

- lysimeteropstelling
- effluenten van drains

- boring met filter
- boorgatenmethode,

Lysimeters zijn in feite geïsoleerde stukjes bodem waarvan de watertoevoer en -afvoer kan worden gemeten en bemonsterd. Veelal gaat dit gepaard met een verstoring van het bodemprofiel en de normale grondwaterstandsfluctuaties. Voor verbindingen die betrokken zijn bij processen waar de vochthuishouding een rol speelt kan dit consequenties hebben.

Het effluent van een drain bestaat uit een mengsel van water, afkomstig van verschillende stroombanen (zie fig. 1) met elk een eigen verblijftijd in het grondwater, die op kan lopen tot vele jaren.

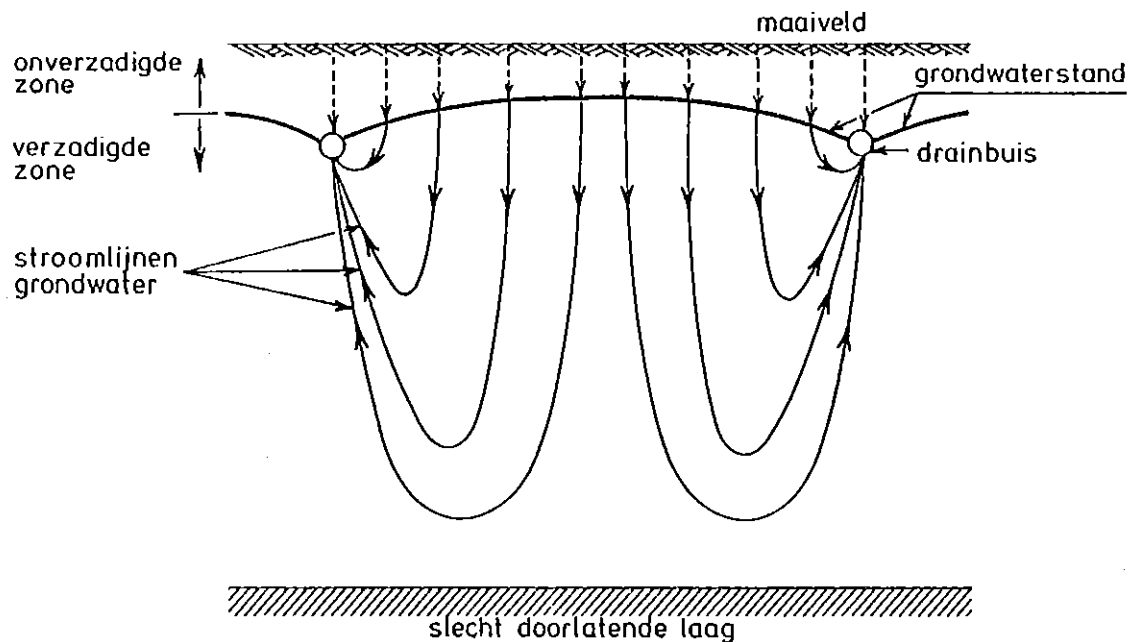


Fig. 1. Schematische weergave van de stroombanen van het water bij een gedraineerd perceel

De chemische samenstelling van het effluent is dus mede afhankelijk van de processen die plaatsvinden gedurende het verblijf in het grondwater en geeft dus niet voor elke verbinding een juist beeld over de emissie. Een voordeel van gedraineerde percelen is dat het effluent afkomstig is van een relatief groot bodemoppervlak vergeleken met lysimeters, waardoor de betrouwbaarheid toeneemt.

Soms wordt een boring gemaakt tot de gewenste diepte, waarna een kunststofbuis voorzien van filter wordt geplaatst voor de bemonstering van het grondwater. Naarmate het filter dieper wordt geplaatst, ontstaat dezelfde onzekerheid als bij drainagewater ten aanzien van de invloed van processen. Bovendien ontstaat meer onzekerheid over de plaats waar het grondwater is geïnfiltréerd en dus over het corresponderend bodemgebruik.

De boorgatenmethode ondervangt veel van de hiervoor vermelde problemen. Op een perceel met een bepaald bodemgebruik worden meerdere ondiepe boringen gemaakt (veelal circa 20) medio april, tot een zodanige diepte dat de grondwaterlaag bemonsterd kan worden die qua dikte overeenkomt met de grondwatervoeding van de daaraan voorafgegane winterperiode. Dit betekent veelal dat de bovenste 0,5 à 1,0 meter van het grondwater wordt bemonsterd. De betrouwbaarheid wordt mede bepaald door informatie over de grootte van de grondwatervoeding en het poriënvolume in de ondergrond (STEENVOORDEN, 1981).

3. BASISBELASTING VAN GRONDWATER

In de meest eenvoudige situatie vindt de toevoer van nutriënten bij natuurlijke terreinen alleen plaats via atmosferische depositie. Indien tijdens de passage van de neerslag door de bodem geen stoffen in de neerslag zouden oplossen of uit de neerslag in de bodem zouden achterblijven is 'indikking' door verdamping het enige proces dat de chemische samenstelling van het bodemvocht beïnvloedt. In het verleden heeft deze situatie voor een aantal verbindingen op de Veluwe blijkbaar bestaan. Met een indampfactor van 2 à 2,5 kan de chemische samenstelling van het diepe grondwater van de Veluwe worden verklaard uit die van de neerslag voor Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- en SO_4^{2-} (MEINARDI, 1974; APPELO e.a., 1982). De andere macro-ionen Ca^{2+} , NH_4^+ , K^+ , NO_3^- en HCO_3^- zijn in veel sterkere mate betrokken bij chemische en biochemische processen in de bodem (tab.1). Naarmate de bodem chemisch rijker is kan de chemische samenstelling van het grondwater in natuurlijke situaties minder gelijkens hebben met die van de neerslag. Mariene afzettingen worden veelal gekenmerkt door een grote voedselrijkdom, hetgeen niet alleen tot uiting komt in hogere gehalten aan macro-ionen maar eveneens in hogere N- en P-gehalten. De gegevens van Menkenborg (Gr.), gelegen op zeeklei, zijn daar

een illustratie van (tabel 2). Natuurlijke terreinen op venige gronden worden gekenmerkt door relatief hoge COD-waarden en gehalten aan Kjeldahl-N, NH_4^+ en SO_4^{2-} . De kalkrijkdom van de grond is van grote invloed op de pH-waarde, Ca^{2+} - en HCO_3^- -gehalte. Naarmate de pH hoger is ligt het gehalte aan HCO_3^- op een hoger niveau.

Tabel 1. Samenstelling van de neerslag volgens LEEFLANG (1938), van het geïnfiltreerde water na 'indikking' door verdamping en gemeten concentraties in het diepe grondwater van de Veluwe (MEINARDI, 1974)

	Neerslag	Na verdamping	Diep grondwater
NH_4^+ (g.m ⁻³ N)	0,4	0,8	
NO_3^- (g.m ⁻³ N)	< 0,1	< 0,1	
HCO_3^- (g.m ⁻³)	3	6	30-100
SO_4^{2-} (")	4,5	10	10
Cl^- (")	4	9	10
Ca^{2+} (")	1,5	3,5	10-30
Mg^{2+} (")	1	2,5	2,5
Na^+ (")	3	7	7

De gegevens van tabel 2 geven vooral een indicatie van de richting waarin de basisbelasting verschuift onder invloed grondsoort en begroeiing. De gehalten dienen niet in absolute zin te worden gebruikt. Het verdient de voorkeur dat diensten die belast zijn met het waterkwaliteitsbeheer in het eigen beheersgebied gegevens verzamelen over de basiskwaliteit. Hierbij moet men erop bedacht zijn dat de chemische samenstelling van het grondwater binnen een natuurterrein belangrijk kan variëren onder invloed van variaties in grondsoort en begroeiing. Naarmate de bemonstering op grotere diepte plaatsvindt wordt de variatie op korte afstand minder.

In sommige boscomplexen zijn de laatste jaren hoge NO_3^- -gehalten aangetroffen in het freatisch grondwater (OOSTEROM en VAN SCHIJNDEL, 1979; HAUWERT, 1983). Aangezien de SO_4^{2-} -gehalten eveneens hoog zijn duidt dit zeer sterk op de invloed van 'zure' neerslag. Tabel 3 geeft de resultaten van een bemonstering in 1978 in de omgeving van Asten (N.Br.).

Tabel 2. Samenstelling van de bovenste meter van het verzadigde grondwater onder natuurlijke terreinen op verschillende grondsoorten (BOTS e.a., 1978). Bemonsterd via kunststofbuis met filter

		Zandgrond		Afge- graven hoog- veen	Hoog- veen	Laag- veen	Zee- klei
		kale duinen	bos (4 ge- bieden)	(3 ge- bieden)	(Eng- berts- dijks- venen)	(3 ge- bieden)	(Menken- borg)
COD	(g.m ⁻³ O ₂)	7,5	13	343	138	176	50
zuurgraad	(pH)	5,3	4,5	4,6	5,3	6	7,5
EGV	(mS.m ⁻¹)	11	18	24	16	51	90
Kjeldahl-N	(g.m ⁻³ N)	0,6	0,8	5,9	5,8	5,5	8,6
NH ₄ ⁺ -N	"	0,3	0,3	3,0	4,3	2,5	4,7
NO ₃ ⁻ -N	"	0,0	1,2	0,3	0,5	0,5	0,07
Totaal-P (mg/l)	(g.m ⁻³ P)	<0,01	<0,01	0,08	0,06	0,21	3,4
Ortho-P (mg/l)	"	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	2,5
HCO ₃ ⁻	(g.m ⁻³)	12	3	0	12	113	456
SO ₄ ²⁻	"	16	27	94	31	115	30
Cl ⁻	"	18	23	25	14	40	59
Ca ²⁺	"	4	5	11	2	11	114
Mg ²⁺	"	3	2,5	10	2	14	16
Na ⁺	"	9	11,5	21	14	77	46
K ⁺	"	2	1,5	8	2	4	18

Tabel 3. Gehalten in de bovenste meter van het verzadigde grondwater van natuurlijke terreinen op een kalkarme zandondergrond, bemonsterd via de boorgatenmethode, 24 boorgaten per circa 0,5 ha (OOSTEROM en VAN SCHLJNDEL, 1979)

	Voorj.gr.w.st. (m -mv)	Cl ⁻ (g.m ⁻³)	NO ₃ ⁻ -N (g.m ⁻³ N)	SO ₄ ²⁻ (g.m ⁻³)
Oud naaldhout	2,25	25	22	144
Oud naaldhout	1,00	69	13	417
Jong naaldhout	1,50	9	0,2	63
Pijpestrootje	0,65	9	0,7	45
Loofhout	0,85	26	1,1	166

De geringere begroeiing bij het complex met jong naaldhout en pijpestrootje leidt blijkbaar tot een geringere 'invang' van atmosferische verontreiniging.

4. BELASTING VAN GRONDWATER DOOR LANDBOUW

4.1. G r a s l a n d

De invloed van bemesting op grasland is nagegaan bij een groot aantal zuivere rundveehouderijbedrijven (STEENVOORDEN en OOSTEROM, 1977). Behalve stikstof zijn bij het onderzoek onder andere betrokken geweest: chloride, kalium, hardheid ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) en e.g.v. (tabel 4).

Tabel 4. Chemische samenstelling van de bovenste halve meter van het grondwater onder grasland op zandgrond onder invloed van kunstmestgift en veebezetting (STEENVOORDEN en OOSTEROM, 1977). Bemonstering via boorgatenmethode

Kunstmest ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jr}^{-1} \text{N}$)	Vee- bezetting ($\text{GVE}^*, \text{ha}^{-1}$)	NO_3^- ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \text{N}$)	Cl^- ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	K^+ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	Hardheid ($^\circ\text{D}$)	e.g.v. bij 25°C ($\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$)
180	2,8	10	33	10	11,9	48
265	2,6	18	60	9	16,0	68
350	3,4	29	54	13	17,4	72
460	3,4	24	54	15	20,4	82

*GVE = 1 grootvee-eenheid = 1 melkkoe

Uit de hardheid kan de hoeveelheid $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ worden afgeleid, aangezien: $1 \text{ meq}(\text{Ca} + \text{Mg}) = 2,8^\circ\text{D}$. De kaliumconcentratie kan worden verklaard uit de veebezetting ($r^2 = 0,90$). De toevoer van kalium vindt dan ook voornamelijk plaats via de dierlijke meststoffen. De hardheid van het water neemt sterk toe met de bemesting en de veebezetting. Ongeveer éénderde tot de helft van de Ca en Mg spoelt uit als nitraat, de rest als sulfaat en bicarbonaat. De stijging van het e.g.v. bij toenemende bemesting wordt bij de kationen vrijwel geheel veroorzaakt door Ca en Mg.

In gebieden met intensieve veehouderij komt het steeds vaker voor dat er op een rundveehouderijbedrijf tevens mestvarkens worden gehouden, waarvan de mest eveneens op het grasland wordt afgezet. Jaarlijks wordt dan een deel van het grasland gescheurd, waarbij een deel van de drijfmest wordt ondergewerkt. In tabel 5 zijn de resultaten weergegeven van een onderzoek (OOSTEROM, 1982) in de omgeving van Deurne (N.Br.).

Tabel 5. Chemische samenstelling van de bovenste meter van het verzadigde grondwater onder grasland op zandgrond met verschillende bemesting. Bemonstering in 1982 volgens de boorgatenmethode, 20 boorgaten per perceel. Bemesting zoals aangegeven plus de toevoer via beweiding. Gebied: omgeving Deurne (N.Br.)

	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3
Bodemtype	Veen- ontginning	Veen- ontginning	Heide- ontginning
Kunstmest (kg.ha ⁻¹ .jr ⁻¹ N)	250	500	500
Drijfmestgift (m ³ .ha ⁻¹ .jr ⁻¹)	45 RDM ¹⁾	{ 10 RDM ¹⁾ 18 VDM ²⁾	32 VDM ²⁾
Drijfmestgift bij scheuren (m ⁻³ .ha ⁻¹ per 3-5 jr)	-	-	175 RDM ¹⁾
Aantal percelen	2	3	4
<u>Verbinding</u>			
COD (g.m ⁻³ O ₂)	225	160	120
zuurgraad (pH)	5,2	5,5	4,4
EGV (mS.m ⁻¹)	50	80	89
NH ₄ ⁺ (g.m ⁻³ N)	1,6	1,5	1,0
NO ₃ ⁻ -N (g.m ⁻³ N)	9	61	70
HCO ₃ ⁻ (g.m ⁻³)	15	0	2
SO ₄ ²⁻ "	115	73	87
Cl ⁻ "	48	55	60
Ca ²⁺ "	45	52	67
Mg ²⁺ "	7,5	15	18
Na ⁺ "	24	30	38
K ⁺ "	50	26	70
Totaal-P (g.m ⁻³ P)	1,3	0,4	0,3

1) RDM = runderdrijfmest 2) VDM = varkensdrijfmest

Vergeleken met grondwater bij zuivere rundveebedrijven (tabel 4) ligt vooral het K^+ -gehalte op een beduidend hoger niveau. De invloed van intensieve bemesting op grasland komt vergeleken met de chemische samenstelling onder natuurlijke terreinen (tabel 2) vooral tot uiting in de gehalten van NO_3^- , Cl^- en K^+ en in de EGV-waarde.

4.2. B o u w l a n d

Bij bouwland kunnen, evenals bij grasland, zeer uiteenlopende situaties voorkomen ten aanzien van grondsoort en bemesting, zowel de hoogte van de mestgift als de soort meststof (type dierlijke mest en type kunstmest). Bovendien speelt bij bouwland het soort gewas een belangrijke rol. De opname kan van gewas tot gewas verschillen. De aanwezigheid van een gewas in de winterperiode heeft tot gevolg dat een deel van de mineralen, die anders zouden uitspoelen, wordt opgenomen. Stikstofbindende gewassen krijgen weliswaar een lage N-bemesting, maar de uitspoeling van NO_3^- ligt vaak een factor 2 à 3 hoger dan bij een gemiddeld bouwlandgebruik. De extra NO_3^- -uitspoeling is afkomstig van de door het gewas uit de atmosfeer gebonden stikstof.

Het is dus niet goed mogelijk om een representatief beeld te geven van de stoffenbelasting onder bouwland. In principe geldt ook bij bouwland, dat er een relatie is met de belasting van de bodem, rekening houdend met de gewasopname. Voor een deel van de verbindingen spelen chemische en biochemische processen in de bodem een belangrijke rol. Deze invloed kan vanuit het oogpunt van grondwaterkwaliteit zich sterk laten gelden gedurende enkele jaren (bijvoorbeeld K^+), vrij langdurig (bijvoorbeeld P) of vrijwel continu op een zeker niveau (bijvoorbeeld N). Voorbeelden daarvan zijn te vinden in een proef waarbij in de periode 1973-1982 het effect is nagegaan van hoge drijfmestdoseringen op opbrengst en kwaliteit van snijmais en de kwaliteit van bodem en grondwater.

Het onderzoek is uitgevoerd op Proefboerderij Cranendonck te Maarheeze (N.Br.) en is gelegen op zandgrond. De jaarlijkse dosering runderdrijfmest per ha op de objecten liep uiteen van 50 ton tot 300 ton (ca. 10% droge stof). Per 50 ton bedroeg de gift circa 250 kg N. Vanuit het oogpunt van gewasbehoefte kan een gift van 50 ton ongeveer

als een landbouwkundig te verantwoorden bemesting worden beschouwd. Vier jaar na het begin van de proef bedroeg het K-gehalte zowel bij het 100 m³- als 250 m³-object circa 50 g.m⁻³. Negen jaar na het begin was het gehalte van het 100 m³-object circa 70 g.m⁻³, terwijl bij het 250 m³-object het gehalte geleidelijk was gestegen tot circa 200 g.m⁻³ K⁺. Het adsorptievermogen van de grond was bij het 250 m³-object blijkbaar verzadigd geraakt. Het Ca²⁺-gehalte vertoonde een omgekeerde ontwikkeling. Dit daalde bij het 250 m³-object van aanvankelijk circa 220 g.m⁻³ tot circa 100 g.m⁻³ na 9 jaar. Er spoelde ook meer Ca²⁺ uit dan er via bemesting werd toegevoerd als gevolg van bodemontkalking. De kalkvoorraad in de bodem verminderde

Het object 100 m³ was vrijwel constant op 70-80 g.m⁻³ Ca²⁺. daardoor. Ook daar overtrof de uitspoeling de mestgift. De NO₃⁻ en Cl-gehalten vertoonden alle jaren een vrij constant beeld. Adsorptie speelt bij deze verbindingen vrijwel geen rol. Een beeld van de toevoer van meststoffen, de onttrekking door snijmais en de uitspoeling na een constante bemesting gedurende circa 10 jaar geeft tabel 6 (OOSTEROM en STEENVOORDEN, 1984). Bij vele verbindingen blijkt de snijmais slechts een zeer klein deel van de toegevoerde meststoffen op te nemen. Bovendien zal bij hogere mestgiften de gewasopname procentueel lager zijn.

Tabel 6. Toevoer van mineralen (B) bij een gift van respectievelijk 100 m³ en 250 m³ runderdrijfmest per ha per jaar, de gewasopname (G) door snijmais en de uitspoeling (U) na een periode van circa 10 jaar continue bemesting (in: kg.ha⁻¹.jr⁻¹) op het proefveld te Maarheeze (N.Br.). Jaarlijks neerslagoverschot 350 mm.jaar⁻¹. Het uitspoelingspercentage is berekend ten opzichte van het saldo van bemesting min gewasonttrekking

Verbinding	100 m ³				250 m ³			
	B	G	U	(%)	B	G	U	(%)
Ca ²⁺	150	21	240	(186)	350	23	525	(160)
Mg ²⁺	75	15	63	(105)	190	19	115	(67)
Na ⁺	95	1	75	(80)	245	1	175	(72)
K ⁺	495	185	245	(79)	1250	255	700	(70)
N	520	170	175	(50)	1295	230	445	(42)
P	90	20	< 0,3	(0)	250	30	< 0,3	(0)
Cl ⁻	205	30	125	(71)	530	40	315	(64)
SO ₄ ²⁻	230	50	400	(222)	570	60	600	(117)

Dit heeft natuurlijk gevolgen voor de chemische samenstelling van de grondwatervoeding. De concentraties bij het 250 m³-object liggen dan ook, afhankelijk van de verbinding, een factor 1,5-3 hoger dan bij het 100 m³-object. Een uitzondering vormt fosfaat, omdat het teveel toegediende fosfaat nog steeds wordt vastgelegd in de bodem.

Een illustratie van de concentratieverschillen die voor kunnen komen bij een meer normale bemesting en een zeer zware bemesting levert het onderzoek bij praktijkbedrijven in de omgeving van Deurne (OOSTEROM, 1982). Bedrijf 1 (tabel 7) waar augurken, stokbonen enz. worden verbouwd is vooral grove tuinbouw met normale bemesting. Bedrijf 2 is meer akkerbouw en wordt eveneens niet te zwaar bemest. Op bedrijf 3 daarentegen wordt continu mais verbouwd die zeer zwaar wordt bemest. De overbemesting komt sterk tot uiting in de veel hogere gehalten aan NO₃⁻, Cl⁻, Ca²⁺, Na⁺ en K⁺ en als gevolg daarvan in de EGV-waarde. Het NH₄⁺-gehalte en de COD worden primair bepaald door de grondsoort. *+ grondwaterstand?*

Tabel 7. Chemische samenstelling van de bovenste meter van het verzadigde grondwater onder bouwlandpercelen op zandgrond met verschillende bemesting en gewassen. Bemonstering in voorjaar 1982 volgens de boorgatenmethode, 20 gaten per perceel (gebied:omgeving Deurne N.Br.)

	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3	
Bodemtype	veenontg.	veenontg.	veenontg.	
Kunstmestgift (kg.ha ⁻¹ .jr ⁻¹ N)	-	50	65	
Drijfmestgift	30 m ³ RDM ¹⁾ 13 m ³ MKM ¹⁾	25 m ³ RDM ¹⁾ 25 m ³ VDM ¹⁾	80 m ³ RDM ¹⁾ 100 m ³ VDM ¹⁾	
Bouwplan	stokbonen spruitkool aug./snijm.	suikerbieten aard./bonen erwten/bloemb.	snijmais	
Aantal percelen	4	2	3	
<u>Verbindingen:</u>				
COD	(g.m ⁻³ O ₂)	148	41	84
zuurgraad	(pH)	4,6	4,3	5,7
EGV	(mS.m ⁻¹)	48	45	144
NH ₄ ⁺	(g.m ⁻³ N)	1,1	4,6	0,7
NO ₃ ⁻	"	44	4	112
HCO ₃ ⁻	(g.m ⁻³)	4	0	51
SO ₄ ²⁻	"	114	119	144
Cl ⁻	"	49	60	111
Ca ²⁺	"	55	27	120
Mg ²⁺	"	19	11	26
Na ⁺	"	30	33	55
K ⁺	"	48	8	140
Totaal-P	(g.m ⁻³ P)	0,4	0,25	0,3

1) RDM = runderdrijfmest, VDM = varkensdrijfmest, MKM = mestkuikenmest

5. SAMENVATTING

In deze bijdrage wordt ingegaan op de stoffenbelasting van het freatisch grondwater, ofwel de bodememissie naar het grondwater bij natuurlijke terreinen en percelen met een landbouwkundig bodemgebruik. De verbindingen die worden behandeld zijn de macro-ionen, de N- en P-verbindingen en de analyses EGV, pH en COD. Zowel voor natuurlijke terreinen als landbouwgronden geldt dat de toevoer van stoffen naar het bodemoppervlak voor de meeste verbindingen van grote invloed is voor de concentraties in het grondwater. Factoren die bepalen hoeveel uiteindelijk het grondwater bereikt en wanneer zijn: opname door begroeiing, verdamping en grondsoort in verband met chemische en bio-chemische omzettingen. Voor sommige verbindingen en analyses is de samenstelling van de bodem zelf het belangrijkste gegeven. Voor verschillende typen natuurlijke terreinen en voor grasland en bouwland met grote verschillen in bemesting wordt nagegaan in welke mate de verschillende factoren een rol spelen. Kennis van deze factoren is belangrijk ten behoeve van een goed waterkwaliteitsbeheer.

LITERATUUR

- APPELS, C.A.J., G.J.W. KRAJENBRINK e.a., 1982. Beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit in het infiltratiegebied van de Noordwestelijke Veluwe. 's-Gravenhage Staatstuitgeverij, 140 p (Bodembescherming, nr. 11)
- BOTS, W.C.P.M., P.E. JANSEN en G.J. NOORDEWIER, 1978. Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het Noorden des Lands. Regionale Studies 13, 90 p, ICW, Wageningen
- HAUWERT, P.C.M., 1984. Onderzoek naar de nitraatbelasting van het grondwater in het waterwingebied Montferland. Nota 1489, 57p, ICW, Wageningen
- MEINARDI, C.R., 1974. De chemische samenstelling van het grondwater van de Veluwe. Meded. 74-4. Rijks Instituut voor de Drinkwatervoorziening, Leidschendam, 48 p
- OOSTEROM, H.P., 1982. Samenstelling van het bovenste grondwater onder landbouwpercelen en enkele bospercelen. Projectgroep Zuidelijk Peelgebied no. 15. Nota 1385, 22p, ICW, Wageningen
- _____ en J.H.W.M. VAN SCHIJNDEL, 1979. De chemische samenstelling van het bovenste grondwater bij natuurlijke begroeiïngen op kalkarme zandgrond. Nota 1075, 27 p , ICW, Wageningen
- _____ en J.H.A.M. STEENVOORDEN, 1984. Drijfmestgiften op snijmaispercelen (zandgrond) en de uitspoelingsverliezen naar het grondwater. Nota 1549, 29p, ICW, Wageningen
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1981. De gevolgen van het landbouwkundig bodemgebruik voor de chemische samenstelling van het grond- en oppervlaktewater. Nota 1264, 58 p, ICW, Wageningen
- _____ en H.P. OOSTEROM, 1977. De chemische samenstelling van het ondiepe grondwater bij rundveehouderijbedrijven. Nota 964, 22p, ICW, Wageningen