

NOTA 964

april 1977

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

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

DE CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN HET ONDIEPE GRONDWATER
BIJ RUNDVEEHOUDERIJBEDRIJVEN

ir. J.H.A.M. Steenvoorden en ing. H.P. Oosterom

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.

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING	1
2. OPZET EN UITVOERING VAN HET ONDERZOEK	2
3. RESULTATEN EN DISKUSSIE	4
3.1. Algemeen	4
3.2. Veebezetting en stikstofbemesting	4
3.3. Stikstofgehalte	7
3.4. Chloridegehalte	10
3.5. Fosfaatgehalte	11
3.6. Kaliumgehalte	12
3.7. Zoutgehalte	13
3.8. Organisch stofgehalte	18
3.9. Zuurgraad (pH)	19
3.10. Afvoer	20
4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	20
LITERATUUR	23
BIJLAGEN	

ALTERRA

Wageningen Universiteit & Research cen.
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

1. INLEIDING EN PROBLEEMDOELSTELLING

Het verbruik van kunstmeststoffen op grasland in Nederland is de afgelopen jaren sterk toegenomen en is nog steeds groeiende. In het bijzonder geldt dit voor de stikstofmeststoffen. Het gemiddeld jaarlijks stikstofverbruik is in de periode 1964 tot 1973 gestegen van 150 naar ongeveer 200 kg N.ha⁻¹ (PADMOS, 1973). Op sommige bedrijven wordt echter al ca. 500 kg N.ha⁻¹ gedoseerd. Over de gevolgen van hoge stikstofgiften voor de chemische samenstelling van grond- en oppervlaktewater en met name de nitraatuitspoeling zijn slechts weinig gegevens beschikbaar. In het algemeen kan worden verwacht dat de uitspoeling op grasland geringer zal zijn dan op bouwland als gevolg van (HUNTJENS, 1972): de snelle opname van kunstmeststikstof door groeiende planten, de immobilisatie van kunstmeststikstof door mikroorganismen, de gunstige omstandigheden voor denitrifikatie, de continue aanwezigheid van een plantendeck dat gemineraliseerde stikstof opneemt en de verdeling van de toe te dienen stikstof over een aantal giften.

Bij een jaarlijkse bemesting per ha met 200 kg kunstmest-N en 100 kg N in de vorm van dierlijke mest zijn in het drainagewater gemiddelde NO₃-concentraties gemeten van ca. 4 mg NO₃-N.l⁻¹, zowel voor zand- als kleigrond (KOLENBRANDER, 1971). Bij een oriënterend grondwateronderzoek onder zandgrasland bevatten slechts 5 van de 24 grondwatermonsters 4 mg N.l⁻¹ of meer in de vorm van nitraat. De gemiddelde NO₃-concentratie van deze 5 monsters was 15 mg N.l⁻¹ (OOSTEROM en STEENVOORDEN, 1974). Aanwijzingen, dat een hoge kunstmest stikstofbemesting aanleiding kan geven tot hoge NO₃-gehalten, komen uit een onderzoek in Engeland (HOOD, 1976). Bij een gift van 750 kg N.ha⁻¹jr⁻¹ zijn in het drainwater concentraties gemeten van 20 à 40 mg N.l⁻¹, afhankelijk

van de drainwaterafvoer. De bodem bestond uit zeer sterk lemig zand. Ondanks de gunstige voorwaarden bij grasland voor stikstofopname en denitrificatie kan nitraatuitspoeling bij hogere stikstofgiften blijkbaar kwantitatief belangrijk zijn.

Behalve van nitraat, kan eveneens uitspoeling optreden van andere verbindingen die voor de waterkwaliteit van belang zijn. Hierbij kan o.a. worden gedacht aan chloride, ammonium, kalium, totaal zoutgehalte en organische stof. Om inzicht te krijgen in de invloed van de toegediende meststoffen op de chemische samenstelling van het grondwater bij grasland is in de periode september/oktober 1976 een onderzoek uitgevoerd bij ca. 45 rundveehouderijbedrijven, verdeeld over verschillende bodemtypen.

2. OPZET EN UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

De bedrijven, die betrokken zijn geweest bij het onderzoek naar de chemische samenstelling van het grondwater onder grasland, zijn overwegend geselecteerd uit de stikstofproefbedrijven en de standaard L.E.I.-bedrijven. Omdat de veenweidebedrijven hierin zijn ondervertegenwoordigd is deze categorie aangevuld met een aantal bedrijven in het veenweidegebied van Zuid-Holland-Utrecht. Een groot voordeel van het uitvoeren van het onderzoek op stikstofproef- en standaard L.E.I.-bedrijven is dat de bemesting vrij goed bekend is over een aantal jaren.

De geselecteerde bedrijven zijn op basis van het bodemtype globaal in te delen in drie groepen: zand-, klei- en veenbedrijven. Een bedrijf is in het onderzoek opgenomen als de bedrijfssituatie met betrekking tot veebezetting en bemesting over de laatste drie jaren ('73 t/m '75) geen ingrijpende verandering had ondergaan. Totaal zijn 45 bedrijven onderzocht, waarvan 21 op zand, 13 op klei en 11 op veen. De gegevens over kunstmestgift, veebezetting, oppervlakte grasland en dierlijke mestgift is gegeven in bijlage 1. Tevens wordt informatie gegeven over andere aspecten van de bedrijfsvoering, zoals: berekening of bevloeiing, drainage en zomerstalvoeding.

Bij elk van de onderzochte bedrijven is op vier percelen een boor-

gat gemaakt tot ca. 0,5 meter in het grondwater ten behoeve van de grondwaterbemonstering. Uit elk boorgat is een watermonster genomen ter grootte van ca. 0.5 liter. Tijdens de boorwerkzaamheden is informatie verzameld over de bodemsamenstelling van boven- en ondergrond, de actuele grondwaterstand (A.G.) en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (G.H.G.) (bijlage 2). Onder bovengrond wordt hier verstaan de bewortelingszône. Bij het bedrijfsonderzoek en het veldonderzoek is veel medewerking ondervonden van de consultants en met name van de specialisten voor bodem- en bemestingsvraagstukken in de verschillende provincies. Geen percelen zijn bemonsterd, die direkt aan de boerderij grenzen, aangezien deze soms een afwijkende behandeling krijgen.

Het grondwatermonster is, van elk perceel apart, gefiltreerd in het veld over een membraanfilter van 0,8 μm . Per perceel zijn geanalyseerd: NO_3 , Cl, K, elektrisch geleidingsvermogen en zuurgraad. Per bedrijf zijn van de vier percelen gelijke hoeveelheden grondwater bij elkaar gevoegd en daarin zijn geanalyseerd: NO_3 , Cl, K, ortho-P, totaal-P, NH_4 , Kjeldahl-N en organische stof als COD (= chemisch zuurstofverbruik) en TOC (totaal organische koolstof). De analyses zijn uitgevoerd door het Waterleidinglaboratorium-Oost te Doetinchem, uitgezonderd de zuurgraad, die in het veld is bepaald, en de TOC.

3. RESULTATEN EN DISKUSSIE

3.1. A l g e m e e n

De indeling van de onderzochte rundveehouderijbedrijven in bedrijven op zand, klei en veen, zoals deze is gehanteerd bij de selectie van de bedrijven (bijlage 1 t/m 3) is vrij ruw. Een meer gedetailleerde indeling op basis van profielopbouw en bemestingsintensiteit kan een beter inzicht opleveren in de consequenties van deze factoren voor de chemische samenstelling van het grondwater. Daarom is op basis van de profielkenmerken, die zijn waargenomen tijdens het uitvoeren van de boringen, een aangepaste bodemkundige indeling gemaakt. Tevens is bij de bedrijven op zand een onderverdeling gemaakt op basis van het kunstmest-N-verbruik (tabel 1).

Uit ander onderzoek (VAN DER HEIJDEN, 1977) is gebleken dat voor het trekken van conclusies met een zekere betrouwbaarheid uit analyses in grondwater, dat is verzameld via de boorgatenmethode, 15 monsters of meer per perceel of per groep van percelen of bedrijven is vereist. Bij de indeling volgens tabel 1 is aan deze eis voor vrijwel alle groepen voldaan. De analyseresultaten in bijlage 3 lenen zich dus niet voor interpretatie per bedrijf.

3.2. V e e b e z e t t i n g e n s t i k s t o f b e m e s t i n g

De gegevens per bedrijf over veebezetting en bemesting zijn opgenomen in bijlage 1. De veebezetting is uitgedrukt in grootvee-eenheden (g.v.e.) per ha voederoppervlak (bijv. inclusief snijmais). Hierbij is uitgegaan van de verhouding: 1 melkkoe = 1 g.v.e. en 1 kalf = 0,3 g.v.e. (KOLENBRANDER en LANDE GREMER, 1967). Bij de berekening van de gift dierlijke drijfmest is uitgegaan van de mestproduktie in de stalperiode (CONSULENTSCHAP VOOR BODEMAANGELEGENHEDEN IN DE LANDBOUW, 1974). Rekening is gehouden met de aanwending van stalmest op bouwland en met het feit dat ver afgelegene percelen soms geen stalmest hebben gekregen. Over het algemeen kan worden gesteld, dat de bijdrage van dierlijke mest aan de totale N-bemesting relatief gering is. Bij toediening van dierlijke mest aan grasland is van een najaarsgift ca.

Tabel 1. Gemiddeld per bodemtype de gegevens over de bemesting, de veebezetting (per ha. voederoppervlak) en de grondwaterstanden van de onderzochte 45 rundveehouderijbedrijven.

Bodemtype	kunstmest N-klasse (kg N.ha ⁻¹ .jr ⁻¹)	kunstmest N-gift (kg N.ha ⁻¹ .jr ⁻¹)	veebezetting (G.V.E. ha ⁻¹)	stalmestgift (kg N.ha ⁻¹ .jr ⁻¹)	G.H.G. (m.-m.v.)	actuele grondw.st. (m.-m.v.)	aantal bedrijven (analyses)	bedrijfs- nummers (zie bijlage 1)
1. Zand	100-225	180	2,8	125	0,90	1,90	3(12)	1 t/m 3
	225-300	265	2,6	115	0,70	1,75	4(16)	4 t/m 7
	300-400	350	3,4	205	0,70	2,00	6(24)	10 a/b, 11 t/m 14, 15 a/d
	400-550	460	3,4	150	0,60	1,55	5(20)	16 t/m 18, 20, 21
2. Lemig veenh. zand	300-400	335	3,1	165	0,35	1,30	4(16)	8, 9, 10 c/d, 15 b/c
3. Kleilig zand	400-450	435	4,1	170	0,35	0,95	1(4)	19
4. Lichte zavel	150-250	195	2,3	125	1,00	1,90	3(12)	22 t/m 24
5. Lichte klei	250-350	285	2,8	125	0,95	2,00	4(16)	25 t/m 27, 30
6. Zware klei	300-400	360	3,0	130	<0,30	0,80	4(16)	28, 29, 31, 32
7. Laagveen	200-325	250	2,5	120	0	0,60	9(40)	36 t/m 45
8. Gemengd (invloed zoute kwel)	400-500	435	3,3	160	0,40	1,10	2(7)	33, 34

20% werkzaam in het volgende groeiseizoen en van een voorjaarsgift ca. 35%. Het restant wordt vastgelegd of verdwijnt door NH_3 -vervluchting, denitrificatie en uitspoeling. Indien wordt uitgegaan van een gemiddelde werkingscoëfficiënt van 25% dan is de bijdrage van de dierlijke mest ca. 10 à 15% van de kunstmest-N (bijlage 1).

De mate waarin kunstmest-N op graslandbedrijven wordt aangewend, wordt niet alleen bepaald door de omvang van de veestapel ten opzichte van de oppervlakte grasland en voedergewassen, maar ook door de krachtvoeraankopen, het bedrijfssysteem en de stikstofleverantie van de grond zelf. Zomerstalvoeding zal bijvoorbeeld leiden tot een hogere efficiëntcy van de kunstmest-N door een geringere vertrapping. Dit hoeft niet te resulteren in een lager kunstmestverbruik, maar kan tot uiting komen in de aankoop van minder krachtvoer. De N-leverantie door veengronden zal leiden tot een relatief geringer kunstmest-N verbruik. Het kunstmest-N verbruik per G.V.E. varieert van 85 kg N bij de bedrijven op lichte zavel tot 135 kg N bij de hoogste bemestingsklasse op zandgrond (tabel 2).

Tabel 2. Het verbruik van kunstmest-N per grootvee-eenheid (g.v.e.) in afhankelijkheid van bodemsoort en bemestingsklasse voor de onderzochte 45 rundveehouderijbedrijven.

Bodemsoort	gem. kunstmest-N gift (kg N.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	veebezetting (g.v.e.ha ⁻¹)	kunstmest-N verbruik (kg N.g.v.e. ⁻¹)
1. Zand	180	2,8	64
	265	2,6	102
	350	3,4	103
	460	3,4	135
2. Lemig, veenh. zand	335	3,1	108
3. Kleiig zand	435	4,1	106
4. Lichte zavel	195	2,3	85
5. Lichte klei	285	2,8	102
6. Zware klei	360	3,0	120
7. Laagveen	250	2,5	100
8. Gemengd (kwel)	435	3,3	132

3.3. S t i k s t o f g e h a l t e

Onderzoek is gedaan naar de gehalten aan NO_3 , NH_4 en Kjeldahl-N. Het organisch-N gehalte is berekend door de NH_4 -N in mindering te brengen op de Kjeldahl-N. De bepaling van NO_2 is achterwege gelaten in verband met de overwegend zeer lage gehalten die in het grondwater bij vorige onderzoeken zijn gemeten (OOSTEROM en STEENVOORDEN, 1974).

Het NO_3 -gehalte van het grondwater is niet alleen afhankelijk van de N-aanwending maar ook van het bodemtype. Hoe groter de mogelijkheid van denitrificatie, hoe lager de NO_3 -gehalten in het grondwater zullen zijn. Met name bij de gronden met een beperkte aëratie (lichte en zware klei) of met voldoende organische stof in boven- en/of ondergrond (veenhoudend zand en laagveen) blijkt nitraat slechts in sporen aanwezig te zijn (tabel 3). De hoogste NO_3 -gehalten komen voor op de lichte gronden zoals zand en lichte zavel. De zandbedrijven zijn met betrekking tot de bemesting onderverdeeld in vier stikstofklassen. Een goede correlatie is gevonden tussen de totale minerale N-bemesting (kunstmest-N + 25% van de organische N) en de NO_3 -concentratie gemiddeld per N-klasse ($r=0,84$; fig. 1).

88

Tabel 3. Gemiddelde analyseresultaten in het grondwater van de rundveehouderijbedrijven per bodemtype bij gegeven kunstmest-N gift en veebezetting.

Bodemtype	kunstm. gift	veebezetting	Cl	NO ₃	NH ₄	organ. N	totaal N	ortho- P	totaal P	K	e.g.v. 25°C	COD	TOC	min. en max. zuurgr.	gem. zuurgr.	aantal analyses
	(kg N.ha ⁻¹ .jr ⁻¹)	(G.V.E.ha ⁻¹)	(mg.l ⁻¹)	(mgN.l ⁻¹)	(mgN.l ⁻¹)	(mgN.l ⁻¹)	(mgN.l ⁻¹)	(mgP.l ⁻¹)	(mgP.l ⁻¹)	(mg.l ⁻¹)	(µmho.cm ⁻¹)	(mgO ₂ .l ⁻¹)	(mgC.l ⁻¹)	(pH)	(pH)	(-)
1. Zand	180	2,8	33	9,9	0,32	1,4	11,6	<0,01	0,04	10	485	35	15	4,2-6,3	5,2	12
	265	2,6	60	17,6	0,34	1,2	19,1	<0,01	0,04	9	680	20	12	5,3-7,2	6,4	16
	350	3,4	54	28,9	0,39	1,4	30,7	<0,01	0,04	13	720	20	8	4,1-7,3	5,3	20
	460	3,4	54	24,1	0,70	1,8	26,6	<0,01	0,05	15	820	40	14	4,3-7,4	5,9	20
2. Lemig veenh. zand	335	3,1	63	0,9	2,3	1,4	4,6	<0,01	0,02	7	415	55	24	4,3-6,9	6,1	12
3. Kleiig zand	435	4,1	31	5,2	<0,04	1,6	6,8	<0,01	0,06	5	430	40	13	5,4-6,0	5,7	4
4. Lichte zavel	195	2,3	37	15,6	0,20	0,6	16,4	<0,01	0,06	2	750	70	-	6,0-7,9	7,0	12
5. Lichte klei	285	2,8	15	4,7	0,14	0,7	5,5	<0,01	0,04	1	715	10	6	6,3-7,5	7,0	16
6. Zware klei	360	3,0	67	0,5	0,15	1,6	2,3	<0,01	0,05	3	955	60	12	6,2-7,1	6,7	16
7. Laagveen	250	2,5	90	0,8	3,2	2,4	6,4	<0,01	0,11	4	1950	80	38	3,2-7,1	4,9	40
8. Gemengd (invloed zoute kwel)	435	3,3	950	<0,2	18,6	4,9	23,5	0,05	0,11	36	6100	110	32	7,0-7,1	7,0	7

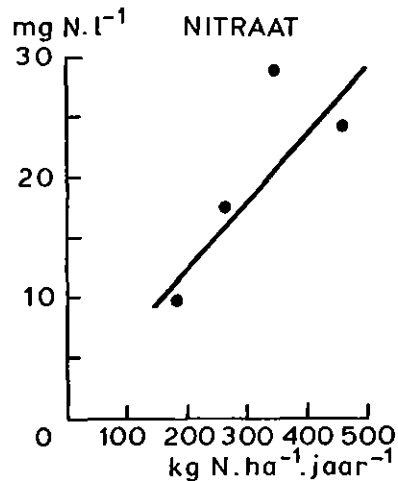


Fig. 1. Verband tussen de totale minerale N-bemesting (x) en het nitraatgehalte in het grondwater van 0-0,5 m beneden de grondwaterspiegel (y) voor de rundveebedrijven op zandgrond. Regressielijn: $y = 0,0556x + 0,6$ ($r=0,84$).

Het gevonden verband kan niet worden toegepast voor andere jaren, aangezien de NO_3 -concentratie ongetwijfeld sterk zal worden beïnvloed door het neerslagoverschot en de verdeling ervan over het jaar. In het algemeen mag worden verwacht dat met een toename van het neerslagoverschot de NO_3 -concentratie zal afnemen indien de overige factoren gelijk blijven. De winter voorafgaande aan het onderzoek (75/76) was droog. De berekende afvoer naar het grondwater bedroeg ca. 100 mm (zie 3.10).

Bij de bedrijven op resp. lichte zavel, lichte klei en zware klei nemen de gemiddelde kunstmestgift, veebezetting en dierlijke mestgift in deze volgorde toe, terwijl de NO_3 -gehalten afnemen. Dit hangt waarschijnlijk vooral samen met de samenstelling van de bovengrond. Hoe fijner de bodemstructuur, hoe eerder denitrificatie op kan treden door onvoldoende aeratie. In het grondwater bij de bedrijven waar

invloed is van zoute kwel (tabel 3, bodemcategorie 8) is NO_3 niet aantoonbaar aanwezig. In de ongerijpte ondergrond is blijkbaar voldoende organische stof aanwezig voor denitrificatie.

Het gehalte aan NH_4 en organisch-N wordt vooral beïnvloed door de natuurlijke bodemsamenstelling en zoute kwel (o.a. STEENVOORDEN, 1975). Hoge gehalten zijn geconstateerd in het grondwater, waarvan de samenstelling wordt beïnvloed door zoute kwel (tabel 3). Minder hoge gehalten zijn gemeten in grondwater onder veenhoudend zand en laagveen. Bij de bedrijven op zandgrond komt het NH_4 -gehalte ongeveer overeen met de gehalten van natuurterreinen op zand. De organisch-N gehalten liggen echter op een hoger niveau vergeleken met natuurterreinen op zand, waar het gehalte ca. $1,0 \text{ mg N.l}^{-1}$ bedraagt. Het hogere organisch-N gehalte bij de bedrijven op zware kleigrond ten opzichte van lichte zavel en lichte klei hangt waarschijnlijk samen met het voorkomen van een veenlaag in de ondergrond, meestal op een diepte van ca. 1,0 m beneden maaiveld. Vrijwel alle bedrijven in deze groep zijn namelijk gelegen op de komgronden.

3.4. Chloride gehalte

De natuurlijke belasting van het grondwater via de neerslag bedraagt ca. $10 \text{ à } 20 \text{ mg.l}^{-1}$. Op graslandbedrijven vindt een extra toevoer van Cl plaats via dierlijke mest en kunstmeststoffen. Het advies voor de jaarlijkse Na-bemesting van grasland op zandgrond ter compensatie van uitspoelverliezen is ca. 60 kg.ha^{-1} landbouwsout (95% NaCl), waarbij de toevoer van dierlijke mest is ingecalculeerd. De bemesting kan uiteraard in de praktijk afwijken van het advies. Op zandgrond zijn de laagste Cl-gehalten gemeten bij de laagste bemestingsklasse. Tussen de drie overige klassen zijn de verschillen in Cl-gehalten gering (tabel 3). Zeer lage Cl-gehalten zijn geconstateerd bij de bedrijven op lichte klei. Een verklaring hiervoor kan niet worden gegeven. Bij de graslandbedrijven op laagveen is de concentratie relatief hoog. De oorzaak hiervan moet waarschijnlijk worden gezocht in bevloeiing of beregening in de zomer met water uit sloten, die worden doorgespoeld met water afkomstig van de rivier de Rijn.

De hoogste Cl-gehalten zijn gemeten in het grondwater van de be-

drijven in Wilnis en Lelystad (bijlage 3, tabel 3) als gevolg van de invloed van zoute kwel.

Soms wordt van de Cl-concentratie gebruik gemaakt als indicator voor het bemestingsniveau. Uit de analyses blijkt dat voor zandgrond dit nog wel enigszins mogelijk lijkt. Een kunstmest N-gift van 200 à 250 kg N.ha⁻¹.jaar⁻¹ en hoger gaat samen met gemiddelde Cl-gehalten van ca. 50 à 60 mg.l⁻¹. Bij een lagere N-gift worden gemiddelde Cl-gehalten gemeten van 30 à 40 mg.l⁻¹.

3.5. F o s f a a t g e h a l t e

Het ortho-fosfaatgehalte van het grondwater ligt bij alle watermonsters beneden de detectiegrens 0,01 mgP.l⁻¹, uitgezonderd het grondwater dat onder invloed staat van zoute kwel (tabel 3). Het gemiddelde gehalte in het grondwater afkomstig van de bedrijven in Wilnis en Lelystad is 0,05 mg.l⁻¹ ortho-P. Het hoge Cl-gehalte geeft een duidelijke indicatie dat hier zoute kwel optreedt. Het totaal-fosfaatgehalte bedraagt over het algemeen 0,02 à 0,06 mgP.l⁻¹. De aanwezigheid van laagveen of het optreden van zoute kwel veroorzaakt een hoger totaal-fosfaatgehalte.

De gemeten concentraties zijn gemiddeld lager dan bij andere onderzoeken is geconstateerd (OOSTEROM en STEENVOORDEN, 1974; OOSTEROM, 1977). Een verklaring hiervoor kan zijn de wijze waarop de grondwatermonsters zijn gefiltreerd. Werd tot voor kort in het N.E.N.-ontwerp voor de fosfaatbepaling niets geregeld ten aanzien van de poriediameter van het gebruikte filter, in het huidige voorschrift van mei 1975 staat vermeld, dat voor de ortho-fosfaatbepaling bij voorkeur gefiltreerd moet worden over membraanfilters met een poriewijdte van ca. 1 µm. Bij andere onderzoeken is gefiltreerd over vouwfilters met een poriewijdte van ca. 8 µm (vouwfilters S en S nr. 545½). Het gebruik van de membraanfilters kan dus hebben geleid tot een lager fosfaatgehalte, alhoewel uit een vooronderzoek is gebleken dat het effect op het ortho-fosfaatgehalte gering is (BOTS). Na filtratie over het membraanfilter lag het fosfaatgehalte 10 à 15% lager vergeleken met filtratie over het vouwfilter.

Aangezien bemestingsfosfaat onder normale omstandigheden kwanti-

tatief wordt gebonden aan het bodemcomplex door adsorptie- en precipitatieprocessen is bij de bedrijven op zandgrond geen invloed geconstateerd van veebezetting en bemesting op de concentratie in het grondwater (tabel 3).

3.6. Kaliumgehalte

In het grondwater van natuurterreinen worden K-gehalten gemeten van 1 à 2 mg.l⁻¹. Deze concentratie wordt eveneens gemeten onder profielen, waarin voldoende kleideeltjes of organische stof aanwezig is voor K-adsorptie (tabel 3). Op zandgrond is de adsorptiecapaciteit over het algemeen gering, zodat in het grondwater verhoogde concentraties vòòrkomen. De kalitoevoer op graslandbedrijven vindt vrijwel uitsluitend plaats via de dierlijke mest. De correlatie tussen de gemiddelde veebezetting en het gemiddelde K-gehalte van het bovenste grondwater is dan ook groot (fig. 2).

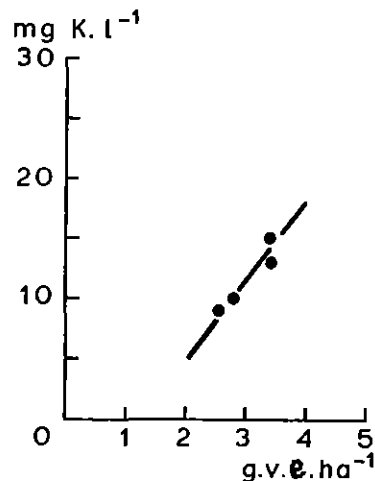


Fig. 2. Verband tussen de gemiddelde veebezetting en het gemiddeld K-gehalte in de bovenste 50 cm van het grondwater voor de rundveebedrijven op zandgrond. Regressielijn: $y = 6,4x - 7,7$ ($r=0,95$).

3.7. Z o u t g e h a l t e

Het gehalte aan opgeloste zouten van water kan worden bepaald door meting van het elektrisch geleidingsvermogen (e.g.v.) bij een bepaalde temperatuur. Voor het verband tussen het e.g.v. bij 25°C in $\mu\text{mho.cm}^{-1}$ (x) en het zoutgehalte is gevonden (OOSTEROM en STEEN-VOORDEN, 1974):

(1) Zoutgehalte in meq.l^{-1} : $y = 0,0225x$ ($r=0,99$)

(2) Zoutgehalte in mg.l^{-1} : $z = 0,811x-8$ ($r=0,98$)

De zouten in het grondwater onder grasland kunnen in principe afkomstig zijn van: neerslag, bodemmineralen, kunstmest en dierlijke mest. In zandgebieden wordt in het grondwater onder natuurterreinen gewoonlijk een e.g.v. gemeten van ca. 200 $\mu\text{mho.cm}^{-1}$ afkomstig van neerslag en bodemmineralen. Het gemiddeld geleidingsvermogen bij de graslandbedrijven op zandgrond ligt beduidend hoger (tabel 3). Het e.g.v. in de verschillende stikstofklassen heeft een hoge correlatie zowel met het kunstmest-N verbruik ($r=0,95$; fig. 3) als met de veebezetting ($r=0,92$; fig. 4). Bij de berekening van regressielijn en correlatiecoëfficiënt is eveneens gebruik gemaakt van het gegeven, dat onder natuurterreinen op zand, waar geen bemesting wordt gegeven of vee aanwezig is, een e.g.v. wordt gemeten in het grondwater van ca. 200 $\mu\text{mho.cm}^{-1}$.

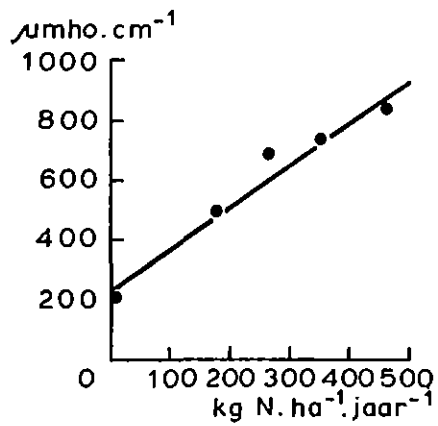


Fig. 3. Verband tussen het gemiddelde kunstmest-N verbruik (x) en het gemiddeld elektrisch geleidingsvermogen (25°C) in het grondwater tussen 0 en 50 cm diepte (y) voor de rundveehouderij-bedrijven op zand. Regressielijn: $y = 1,38x + 235,5$ ($r=0,96$).

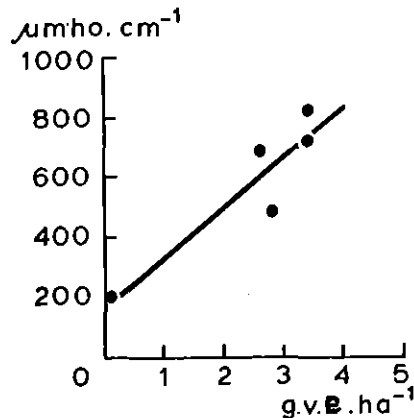


Fig. 4. Verband tussen de gemiddelde veebezetting (x) van de rundveehouderijbedrijven op zand en het gemiddeld elektrisch geleidingsvermogen (25°C) in het grondwater tussen 0 en 50 cm diepte (y). Regressielijn: $y = 160,2x + 190,2$ ($r=0,92$).

Zoals ook kan worden verwacht op grond van de gegevens in tabel 2 (pag. 6) zijn zowel het kunstmest-N verbruik als de veebezetting van belang ter verklaring van de zoutgehalten in het grondwater van de rundveehouderijbedrijven op zand. In welke mate elk van deze bronnen bijdraagt aan de extra zoutbelasting kan globaal worden berekend door uit te gaan van alle toegevoerde kunstmeststoffen en de produktie van dierlijke mest in de stal- en weideperiode. De kunstmeststikstof wordt op zandgrond overwegend gegeven in de vorm van kalkammonsalpeter (26% N), namelijk meer dan 70% (MIN. VAN LANDBOUW, 1974). Bij benadering kan dus gesteld worden, dat met 26 kg N in totaal 100 kg zout wordt gegeven. Andere elementen, die op grasland kunnen worden toegediend in hoeveelheden die van belang zijn voor de berekening van de zouttoevoer zijn Na, Ca en Mg. Het advies voor de jaarlijkse bemesting van grasland op zandgrond, ter compensatie van de uitspoelverliezen, luidt: ca. 60 kg landbouwsout (95% NaCl), 100 kg kalkmeststof (50% zuurbin-

dende waarde) en 50 kg MgO per hectare (CONSULTENSCHAP VOOR BODEM-
 AANGELEGENHEDEN IN DE LANDBOUW, 1977). In de praktijk zullen deze
 hoeveelheden niet altijd worden aangehouden. Bij de adviezen is de
 toevoer via de dierlijke mest ingecalculleerd. De hoeveelheid zout
 die op het land wordt gebracht via de dierlijke mest is berekend uit
 de veebezetting en de chemische samenstelling van de rundveemest.
 In een periode van 180 dagen wordt 10 ton dunne mest geproduceerd
 met de volgende samenstelling: 1^o/oo Na₂O, 5^o/oo K₂O, 2^o/oo CaO,
 1^o/oo MgO en 4,4^o/oo N (CONSULTENSCHAP VOOR BODEMAANGELEGENHEDEN IN
 DE LANDBOUW, 1974). Aangenomen is dat van de N in de mest ongeveer
 de helft beschikbaar komt in minerale vorm. Om het totale zoutge-
 halte (in mg.l⁻¹) van de drijfmest te berekenen dient het verhoudings-
 getal bekend te zijn tussen de som van de anionen en de som van de
 kationen, beide in mg.l⁻¹. Voor oppervlaktewater varieert het tussen
 2,1 en 2,8 en gemiddeld is het 2,5 (OOSTEROM en STEENVOORDEN, 1974).
 De berekende zouttoevoer en de procentuele bijdrage van kunstmest en
 dierlijke mest is opgenomen in tabel 4.

Tabel 4. Gemiddelde jaarlijkse bemesting op de zandgraslandbedrijven en de toe-
 gevoerde hoeveelheid zouten met de kunstmest en de dierlijke mest.

Nr.	Bemesting		Zouttoevoer				
	Kunstmest N (kgN.ha ⁻¹)	Dierlijke mest (ton.ha ⁻¹)	N-mest- stoffen (kg.ha ⁻¹)	Na-,Ca-en Mg- mestst. (kg.ha ⁻¹)	Totaal kunstm.st. (kg.ha ⁻¹)	Dierlijke mest (kg.ha ⁻¹)	Totaal mestst. (kg.ha ⁻¹)
1	180	56	690	210	900(34%)	1785(66%)	2685
2	265	52	1020	210	1230(43%)	1660(57%)	2890
3	350	94	1345	210	1555(34%)	2995(66%)	4550
4	460	68	1770	210	1980(48%)	2170(52%)	4150

De berekende procentuele bijdrage voor kunstmest en dierlijke
 mest geeft slechts een indruk van de orde van grootte. Verwacht mag
 worden dat de efficiency van de via kunstmest toegevoerde zouten ge-
 middeld groter zal zijn omdat kunstmest in het groeiseizoen wordt ge-
 geven. De dierlijke mest wordt deels in het najaar en de winter uit-

gereden waardoor een grotere uitspoeling optreedt. De bijdrage van de kunstmeststoffen zal dus kleiner zijn dan berekend, vooral ook omdat een belangrijk deel bestaat uit NH_4^- en NO_3^- -ionen, die veelal door het gewas worden opgenomen.

De zoutafvoer via het grondwater is weergegeven in tabel 5.

Tabel 5. De zoutafvoer naar het grondwater voor de zandgraslandbedrijven (zie tabel 4), het aandeel van de landbouw hierin en de afvoer naar het grondwater door de landbouw t.o.v. de aanvoer via meststoffen voor de winterperiode '75/'76 bij een neerslagoverschot van 100 mm.

Nr.	Zouten in grondwater (mg.l^{-1})	Bijdrage landbouw (mg.l^{-1})	Bijdrage landbouw (kg.ha^{-1})	Afvoer landbouw t.o.v. toevoer via mestst. (%)
1	385	230(60%)	230	9
2	545	390(72%)	390	13
3	575	420(73%)	420	9
4	655	500(76%)	500	12

Berekening van het zoutgehalte (mg.l^{-1}) uit het e.g.v. heeft plaats gevonden m.b.v. (1). De bijdrage van de landbouw aan het zoutgehalte is verkregen door op het totale zoutgehalte in mindering te brengen het zoutgehalte in het grondwater onder natuurterreinen op zand (ca. 150 mg.l^{-1}). De totale afvoer van zout (kg.ha^{-1}) in de winter '75/'76 is sterk beïnvloed door de geringe waterafvoer van ca. 100 mm. Op de berekening van de waterafvoer wordt in 3.10 ingegaan.

Bij de bedrijven op lichte zavel, lichte en zware klei zijn in het grondwater hogere waarden gemeten voor het e.g.v. (tabel 3) dan voor zandgrond bij een bemesting van dezelfde orde van grootte. Dit komt overeen met enkele waarnemingen in het grondwater van natuurterreinen op klei, waar het e.g.v. ca. $400 \text{ à } 500 \mu\text{mho.cm}^{-1}$ bedroeg. De hoge zoutgehalten bij de bedrijven op laagveen zijn waarschijnlijk veroorzaakt door de vrij intensieve bevoeiing of beregening

met slootwater gedurende de droge zomers van '75 en '76. Aangezien het oppervlaktewater in het veenweidegebied van Utrecht en Zuid-Holland doorgespoeld wordt met Rijnwater kan beregening of bevoei-
ing een verhoging van het zoutgehalte in het bovenste grondwater veroorzaken.

In het grondwater bij de bedrijven in Lelystad en Wilnis komen zeer hoge gehalten voor als gevolg van zoute kwel (bijlage 3, tabel 3).

3.8. Organisch stoffgehalte

De hoeveelheid opgeloste organische stof in het grondwater is gemeten als COD (chemisch zuurstofverbruik) en TOC (totaal organische koolstof). Bij de COD-methode wordt het zuurstofverbruik gemeten ten behoeve van de oxidatie van C- en H-atomen in de organische stof tot CO₂ en H₂O. Bij de TOC-methode wordt de gevormde CO₂ gemeten bij verbranding van de organisch gebonden koolstof en uitgedrukt in mgC.l⁻¹.

De in het water opgeloste organische stof geeft een indicatie van de mate waarin organische verbindingen beschikbaar zijn voor denitrificatie. Voor denitrificatie zal echter ook van belang zijn de organische stof die is opgeslagen in de sedimenten in de ondergrond. In humusarme zandafzettingen zal die bijdrage verwaarloosbaar zijn, in veenafzettingen daarentegen van groot belang.

De hoeveelheid nitraat die zou kunnen worden gedenitrificeerd met de opgeloste organische stof kan worden geraamd uit de COD-analyses. Voor de denitrificatie van 1 mg NO₃-N is namelijk benodigd een hoeveelheid organische stof ter waarde van ca. 3,5 mg O₂, zoals kan worden afgeleid uit bijv.:



De COD van de verbinding C₃(H₂O)₃ bedraagt 96 mg O₂/mmol. Met deze organische stof blijkt 2 mmol NO₃ = 28 mgN te kunnen worden gedenitrificeerd. De mate waarin de organische stof direkt beschikbaar is voor biologische denitrificatie is afhankelijk van de afbreekbaarheid van de stof. De COD- en TOC-methoden geven hierover geen informatie.

De hoogste organische stofgehalten (tabel 3) worden doorgaans gevonden bij de profielen met humeus of weinig materiaal zoals bij

de bedrijven op laagveen en zware klei (komgrond). Ook het zoute kwelwater vertoont hoge COD- en TOC-waarden, waarschijnlijk samenhangend met de rijkdom van mariene sedimenten aan biologisch materiaal. De gehalten bij de bedrijven op lichte zavel zijn opvallend hoog. Hiervoor kan geen afdoende verklaring worden gegeven.

De verhouding COD/TOC bedraagt theoretisch 2,67 indien voor organische stof wordt uitgegaan van de bruto-formule $C_n(H_2O)_m$. De waarde komt hoger te liggen naarmate de organische stof zuurstofarmer wordt, en lager naarmate de stof zuurstofrijker wordt of meer stabiele verbindingen bevat die via de COD-methode niet gemeten worden. Ook fouten en storingen bij de analyses kunnen de resultaten uiteraard beïnvloeden. De COD/TOC-verhouding varieert van 1,7 tot 5,0 (tabel 6).

Tabel 6. De gemiddelde COD/TOC verhouding in het grondwater van de onderzochte rundveehouderijbedrijven op verschillende bodemtypen (zie tabel 3).

Zand, N-klasse 1	:	2,3	Kleiig zand	:	3,1
2	:	1,7	Lichte klei	:	1,7
3	:	2,5	Zware klei	:	5,0
4	:	2,9	Laagveen	:	2,1
Lemig veenh. zand	:	2,3	Gemengd (zoute kwel)	:	3,4

3.9. Z u u r g r a a d (pH)

De zuurgraad is vooral van belang voor microbiologische processen. Bij lage pH-waarden van ca. 4 à 5 is de activiteit uiterst gering, terwijl de maximale activiteit voor veel biologische processen in het pH-traject 7-8 is gelegen.

De hoogste gemiddelde pH-waarde is gemeten onder zavel- en kleigrond en in grondwater, dat wordt beïnvloed door zoute kwel. Lage pH-waarden zijn gemeten bij veen- en zandgrond (tabel 3).

3.10. A f v o e r

Om inzicht te krijgen in de totale afvoer van mineralen in de winterperiode '75/'76 is de afvoer van neerslag naar het grondwater berekend met behulp van gegevens over neerslag en verdamping. De berekeningen zijn uitgevoerd voor vier KNMI-stations, verspreid over Nederland, namelijk: De Bilt, Lelystad, Oudenbosch en Winterswijk. Voor de hoeveelheid beschikbaar vocht bij veldcapaciteit is aangenomen 150 mm. De gewasverdamping (E) is berekend uit de verdamping van open water (E_o) volgens: $E = 0,8 E_o$. Uitgaande van de veronderstelling, dat op 1 april de grond op veldcapaciteit was, is vanaf april '75 tot en met juni '76 per periode van 10 dagen de eventuele afvoer naar het grondwater berekend. De afvoer blijkt zich vrijwel uitsluitend in de maanden januari tot en met april 1976 te hebben voorgedaan en bedroeg achtereenvolgens voor de verschillende stations: De Bilt 100 mm, Lelystad 108 mm, Oudenbosch 55 mm en Winterswijk 96 mm. Gemiddeld kan voor de winterperiode '75/'76 worden aangehouden ca. 100 mm.

De afvoer van mineralen naar het grondwater bij een voeding van het grondwater met 100 mm verkrijgt men door in tabel 3 de eenheid ' mg.l^{-1} ' te vervangen door ' $\text{kg.ha}^{-1}.\text{jaar}^{-1}$ '. De NO_3 -afvoer in de winter '75/'76 bij de rundveehouderijbedrijven op zand blijkt te variëren van ca. $10 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{jaar}^{-1}$ bij de laagste bemestingsgroep tot ca. $29 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{jaar}^{-1}$ bij de hoogste bemestingsgroep. De totale fosfaat-uitspoeling bedraagt maximaal ca. $0,11 \text{ kg P.ha}^{-1}.\text{jaar}^{-1}$, namelijk bij de laagveenbedrijven. Voor situaties waar zoute kwel voorkomt mag deze berekeningswijze niet worden toegepast.

De totale zoutafvoer naar het grondwater bij de bedrijven op zand varieert van 230 tot $500 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{jaar}^{-1}$ (tabel 5). Van de totale belasting door meststoffen is dit ca. 9 à 13%.

4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Een onderzoek is uitgevoerd naar de invloed van bemesting bij rundveehouderijbedrijven op de chemische samenstelling van het grondwater voor verschillende bodemtypen. Het onderzoek heeft plaatsge-

vonden in de periode september-oktober 1976 bij ca. 45 rundveebedrijven. Bij elk bedrijf is van 4 percelen het grondwater tussen 0 en 50 cm diepte bemonsterd en geanalyseerd (bijlage 3). Van de bedrijven zijn gegevens verzameld over bemesting, veebezetting-(bijlage 1), bodemsamenstelling en grondwaterstand (bijlage 2).

Vanwege de grote variatie in de analyseresultaten tussen grondwatermonsters binnen hetzelfde bedrijf (bijlage 3) is uitgegaan van de gemiddelde analyseresultaten per bodemtype (tabel 3).

De hoogste nitraatgehalten zijn gemeten onder zand en lichte zavel. Voor de bedrijven op zand bestaat een goede relatie tussen het bemestingsniveau en de gehalten in het grondwater (fig. 1). Naarmate de bodem rijker wordt aan kleideeltjes of aan organische stof neemt het nitraatgehalte af ten gevolge van gunstiger omstandigheden voor denitrificatie in boven- en/of ondergrond. Het gehalte aan ammonium en organisch-N wordt beïnvloed door de aanwezigheid van organische stof in het profiel en door de invloed van zoute kwel. Geen invloed is aantoonbaar van de bemesting op het fosfaatgehalte. Het gehalte aan ortho-fosfaat bedraagt veelal minder dan $0,01 \text{ mgP.l}^{-1}$ en voor totaal-fosfaat ca. $0,05 \text{ mgP.l}^{-1}$. Door de aanwezigheid van veen of door de invloed van zoute kwel kan een hoger fosfaatgehalte worden gemeten.

De hoogste kaliumgehalten zijn geconstateerd in grondwater dat beïnvloed wordt door zoute kwel. Bij de bedrijven op zand blijkt een goed verband te bestaan tussen de veebezetting en het kaliumgehalte (fig. 2). De uitspoeling van kalium op klei- en veengrond is veel geringer dan op zandgrond als gevolg van de aanwezigheid van meer adsorptiecapaciteit.

Het zoutgehalte van het grondwater bij de bedrijven op zand vertoont zowel een goede correlatie met de kunstmest-N bemesting (fig. 3) als met de veebezetting (fig. 4). Uit de berekening van de totale zoutbelasting door bemesting blijkt dat de bijdrage via de kunstmeststoffen kan oplopen tot ca. 45% (tabel 4). Van de totaal toegevoerde hoeveelheid zout is in de winterperiode '75/'76 bij een grondwatervoeding van 100 mm ca. 9 à 13% afgevoerd (tabel 5). Het zoutgehalte bij de kleibedrijven ligt over het algemeen op een hoger niveau als gevolg van een grotere chemische rijkdom van kleigrond. Het hoge

zoutgehalte bij veenweidebedrijven hangt waarschijnlijk samen met de bevoeiing of beregening met oppervlaktewater dat afkomstig is van de Rijn.

De hoeveelheid opgeloste organische stof wordt beïnvloed door de samenstelling van het profiel. Bij de bedrijven op laagveen en komklei komen hogere gehalten voor dan bij de zandbedrijven. Zoute kwel blijkt eveneens samen te gaan met verhoogde gehalten aan organische stof.

Uit dit onderzoek is met name gebleken dat de nitraat-uitspoeling op lichte gronden met de hoogste bemestingsniveaus extra aandacht verdient. Voortgezet onderzoek zal o.a. duidelijk moeten maken hoe de nitraatconcentratie zal reageren op een grotere afvoer naar het grondwater.

LITERATUUR

- BOTS, W.C.P.M. Persoonlijke mededeling.
- CONSULENTSCHAP VOOR BODEMAANGELEGENHEDEN IN DE LANDBOUW, 1974. Samenstelling van organische meststoffen van dierlijke oorsprong. _____, 1977. Adviesbasis voor bemesting van landbouwgronden.
- HEIJDEN, F.M.J. VAN DER, 1977. Onderzoek naar de variatie in chemische samenstelling van ondiep grondwater. Nota 965, ICW, Wageningen.
- HOOD, A.E.M., 1976. The high nitrogen trial on grassland at Jealott's Hill. Stikstof, 83-84, 7, 395-405.
- HUNTJENS, J.L.M., 1972. Geeft stikstofbemesting op grasland aanleiding tot eutrofiëring van het oppervlaktewater? Stikstof 70, 6, 412-416.
- KOLENBRANDER, G.J., 1969. Nitrate loss in drainwater. Neth. J. of Agric. Sci. 17, 246-255.
- _____, 1971. De eutrofiëring van oppervlaktewater door de landbouw en de stedelijke bevolking. Stikstof 69, 6, 384-396.
- _____, en L.C.N. DE LA LANDE CREMER, 1967. Stalmest en gier, waarde en mogelijkheden. H. Veenman en Zn. N.V., Wageningen, 188 pag.
- MIN. VAN LANDBOUW, 1974. Jaarstatistiek van de kunstmeststoffen '72/'73.
- OOSTEROM, H.P., 1976. Chemische en fysische samenstelling van grond- en oppervlaktewater in enkele gebieden (onderzoekresultaten oktober '72 - oktober '74). Nota 942, ICW, Wageningen.
- _____, en J.H.A.M. STEENVOORDEN, 1974. Chemische en fysische samenstelling van grond- en oppervlaktewater in enkele gebieden. ICW-nota 810. Wageningen.
- PADMOS, L., 1973. De ontwikkeling van het stikstofverbruik in westelijk Europa sedert 1964. Stikstof 75, 7, 50-70.
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1976. Nitrogen, phosphate and biocides in groundwater as influenced by soil factors and agriculture. Techn. Bulletin 97, ICW, Wageningen.
- _____, en H.P. OOSTEROM, 1975. Een onderzoek naar de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater in de Vijfheerenlanden. ICW-nota 849, Wageningen.
- TOUSSAINT, C.G., 1972. De chemische samenstelling van het oppervlaktewater in West-Nederland. Nota 653, ICW, Wageningen.

Bijlage 1: Bemesting, veebezetting en overige bedrijfsgegevens van de rundveehouderijbedrijven (R.D.M.=runderdrijfmest; V.D.M.=varkensdrijfmest).

	kunstmest (kg-N.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	veebezetting (g.v.e. per ha voederoppervl.)	oppervlak grasland (ha)	totaal dierl. mest (kg.N.ha ⁻¹ .jaar ⁻¹)	berekening of bevoeding in 1976	drain- diepte (m)	opmerkingen
<u>Zand</u>							
1. Goifde	120	1.98	119.43	87	ber. 30 mm	-	
2. Lunteren	208	3.08	65.50	135	ber. 30 mm	-	
3. Oerle-Veldhoven	215	3.48	32.95	153	-	-	zomerstalv.
4. Lemelerveld	247	2.90	51.85	128	-	-	
5. Staveren	264	2.18	59.00	96	-	-	
6. Ruurlo	272	2.85	29.40	125	ber. 100 mm	-	
7. Putten	276	2.60	36.50	114	-	-	
8. Ascen	311	2.99	43.28	158*	-	-	
9. Nijkerk	333	3.43	25.50	150	-	-	
10. IJhorst	336	2.69	44.75	206*	-	-	
11. St. Oedenrode	341	3.88	44.38	220	-	-	
12. Hooge Mierde	358	3.16	35.52	139	-	-	
13. Soest	358	3.75	19.00	176	-	-	
14. Alphen (N.B.)	350	3.83	23.10	350	ber. 90 mm	-	zomerstalv., geen stalrest
15. Wierden	361	3.29	25.00	145	-	-	
16. Uddel	413	2.89	24.70	110	-	-	
17. Laren	430	3.41	23.50	176	-	-	
18. Doornspijk	433	4.28	19.00	198	ber. 100 mm	-	
19. Cromvoirt	437	4.12	20.05	180	-	-	zomerstalv.
20. Bergeyk	481	2.69	-	104	bevoeid + 40 mm ber.	-	
21. Heeswijk-Dinther	533	3.67	25.00	161	ber. 100 mm	-	
<u>Klei</u>							
22. Brummen	159	2.07	40.30	176	-	-	zomerstalv.
23. Voessen	203	2.46	33.70	108	-	-	
24. Terwolde	224	2.24	49.40	98	-	-	
25. Angerlo	245	2.92	58.00	128	-	-	
26. Dieren	251	2.97	50.00	131	-	-	
27. Laag-Keppel	301	3.42	37.25	150	-	-	
28. Kampen	332	2.58	33.90	103	-	-	
29. Dalem	333	2.52	54.20	111	ber. 150 mm	1.00 m.v. a,b,c	
30. De Steeg	343	1.88	74.50	83	-	-	
31. Afferden	379	3.28	51.00	144	ber. 200 mm	0.90 m.v.	
32. Wamel	397	3.64	24.08	160	-	1.00 m.v.	
33. Wilnis	393	2.40	35.00	105	-	oldrainage 0.80 m.v.	
34. Lelystad	479	4.21	50.00	211	ber. 200 mm	1.00 m.v.	
<u>Veen</u>							
35. Blauwgrasl.-Zegveld	0	0.0	20.00	0	-	-	
36. Noorden	<200	4.09	22.00	180	bevoeid: a	-	
37. Proefcentr. Zegveld	200	2.2	49.00	97	bevoeid:a,c	-	
38. Coudriaan	223	2.67	41.50	117	-	-	
39. Meerkerk	235	2.13	37.50	94	-	-	
40. Zegveld	260	2.70	21.00	144*	bevoeid:b,c,d	-	
41. De Meye	250	2.50	-	147*	bevoeid	-	
42. Giessenburg	280	2.16	124.70	95	-	-	
43. Proefcentr. Zegveld	300	2.2	49.00	97	-	-	
44. Proefcentr. Zegveld	300	2.2	49.00	97	-	-	
45. Woerden	325	2.2	11.50	134*	-	-	

* R.D.M. + V.D.M. (N-tot-gehalte: R.D.M. 4.4 o/oo, V.D.M. 7 o/oo)

Bijlage 2: Profielbeschrijving en grondwaterstand van de rundveehouderijbedrijven. (A.G.=actuele grondwaterstand; G.H.C.=gemiddeld hoogste grondwaterstand).

Ligging van de bedrijven	Perceel a			Perceel b			Perceel c			Perceel d			Opmerkingen				
	dikte van humidek(cm)	A.G. (m.-m.v.)	G.H.C. (m.-m.v.)	Globale bodemsamenstelling van de bovengrond/ondergrond	dikte van humidek(cm)	A.G. (m.-m.v.)	G.H.C. (m.-m.v.)	Globale bodemsamenstelling van de bovengrond/ondergrond	dikte van humidek(cm)	A.G. (m.-m.v.)	G.H.C. (m.-m.v.)	Globale bodemsamenstelling van de bovengrond/ondergrond					
Zand																	
1. Goirle	45	2.75	1.50	m.f.z./l.f.z.	50	1.80	1.00	st.l.gr.z./st.l.gr.z.	30	1.60	0.80	st.l.f.z./gr.z.	20	1.60	0.80	m.f.z./gr.z.	Verklaring afkortingen:
2. Lunteren	40	1.40	0.60	m.f.z./m.f.z.	60	1.30	0.60	l.f.z./m.f.z.+h.r.	45	1.20	0.60	m.f.z./m.f.z.	50	1.30	0.50	m.f.z./gh.gr.z.	g: gevoeld
3. Oerle-Veldhoven	100	2.50	1.50	l.m.f.z./l.m.f.z.+h.r.	20	1.30	0.20	m.f.z./gh.gr.z.	30	2.50	1.10	st.l.m.f.z./st.l.m.f.z.	100	3.50	1.30	st.l.m.f.z./st.l.m.f.z.	g: bezand
4. Lemelerveld	45	1.50	0.60	h.f.z./gh.gr.z.	40	1.55	0.70	h.f.z./gh.gr.z.	40	1.60	0.80	h.m.f.z./sh.gr.z.	45	1.60	0.80	m.f.z./gh.gr.z.	zw: zwak
5. Stavereen	g70	1.20	0.70	m.f.z./m.f.z.	40	1.40	0.60	f.z./m.f.z.	g65	1.50	0.50	m.gr.z./gr.z.	40	1.60	0.60	gr.z./yh.leem	m: matig
6. Ruurlo	25	2.00	0.40	y.l.m.f.z./l.m.f.z.	30	2.10	0.40	y.l.m.f.z./l.m.f.z.	30	2.00	0.50	y.l.m.f.z./l.f.z.	25	2.20	0.50	y.l.m.f.z./l.m.f.z.	st: sterk
7. Putten	50	1.60	0.40	st.y.l.m.f.z./m.f.z.+h.r.	50	3.10	2.00	m.f.z./m.f.z.+v	50	1.90	1.40	m.f.z./m.f.z.	40	1.00	m.v.	st.l.m.f.z./l.m.f.z.+h.r.	h: humeus
8. Asten	40	1.80	1.00	st.l.f.z./v.f.z.	40	1.30	0.40	zw.l.f.z./v.f.z.+h.r.	35	1.30	0.40	zw.l.f.z./v.f.z.+h.r.	g100	1.40	0.60	f.z./st.l.v.f.z.	y: ijzerhoudend
9. Nijkerk	65	1.00	0.20	st.y.kl.m.f.z./m.f.z.+h.r.	50	1.10	0.30	v.m.f.z./m.f.z.+h.r.	60	1.40	0.50	v.m.f.z./m.f.z.+h.r.	35	1.40	0.50	kl.m.f.z./m.f.z.	gh: grindhoudend
10. L'horst	50	1.70	0.70	l.f.z./f.z.+h.r.	50	1.80	0.70	als a	bz40	0.80	0.10	veen/r.v.z.	bz30	0.70	m.v.	veen/r.z.v.+h.r.	l: lemig
11. St. Oedenrode	35	2.70	<0.60	f.z./st.l.v.gr.z.	35	2.70	<0.60	als a	35	2.70	<0.60	f.z./h.leem	35	2.90	<0.60	als c	kl: kleilig
12. Hooge Mierde	40	2.20	1.00	zw.l.m.gr.z./m.gr.z.	30	1.40	0.70	m.gr.z./m.gr.z.	20	1.30	0.60	zw.l.m.f.z./gr.z.	20	1.30	0.70	l.gr.z./h.gr.z.	v: venig
13. Soest	40	1.20	0.40	m.f.z./l.m.gr.z.+hr	40	1.10	0.30	l.m.f.z./l.m.gr.z.+gd	70	1.50	0.50	l.m.f.z./l.f.z.	70	1.50	0.50	v.+f.z./l.f.z.	f: fijn
14. Alphen (N.B.)	30	2.00	1.20	st.l.f.z./m.gr.z.	20	1.70	1.00	l.f.z./st.l.gr.z.	20	2.00	1.00	l.m.f.z./m.gr.z.	20	2.40	1.00	l.f.z./l.f.z.	gr: grof
15. Wierden	70	2.70	1.00	l.f.z./l.gr.z.	veen	0.80	m.v.	st.l.veen/veen+h.r.	bz30	1.00	m.v.	l.veen/veen	90	3.00	1.30	l.f.z./st.l.gr.z.	z: zand
16. Uddel	30	1.00	<0.30	gr.m.f.z./m.f.z.	g70	1.00	m.v.	m.f.z./m.f.z.+h.r.	50	3.90	1.60	gr.m.f.z./gr.f.z.	g100	1.50	<0.60	gr.f.z./y.gr.z.	r.z.v: riet-zeggeveen
17. Laren	40	1.70	0.60	l.m.f.z./l.f.z.	40	1.90	0.60	l.m.f.z./l.f.z.	80	2.50	1.50	m.f.z./l.f.z.	g100	1.50	<0.60	m.f.z./l.f.z.	h.r: houtresten
18. Doornspijk	60	1.30	<0.60	zw.l.m.f.z./m.f.z.	g80	1.05	-	zw.l.m.f.z./m.f.z.+h.r.	45	1.20	0.50	als b	35	1.30	0.50	als b	zr: zeer
19. Cromvoirt	40	1.00	0.30	kl.m.gr.z./m.gr.z.	30	1.10	0.35	kl.m.gr.z./m.gr.+h.r.	20	0.90	0.40	als b	25	0.90	0.30	als b	li za: lichte zavel
20. Bergeyk	30	1.50	0.50	zw.l.m.f.z./l.gr.z.	30	1.50	0.50	m.f.z./l.gr.z.	30	1.50	0.50	m.f.z./l-gr.z.	30	1.40	0.50	m.f.z./gr.z.	zw kl: zware klei
21. Heeswijk-Dinther	25	1.20	0.45	m.gr.z./m.gr.z.	30	0.90	0.30	als a	20	1.10	0.40	als a	20	1.20	0.40	als a	v kl: venige klei
Klei																	
22. Brummen	-	2.40	1.60	zr li za/kl.gr.z.	-	1.90	1.10	als a	-	2.60	1.70	als a	2.30	>0.80		li kl/kl.gr.z.	
23. Veesen	-	2.20	1.80	li za/st.l.m.gr.z.	-	1.80	1.40	zw za/h.kl.gr.z.	-	1.70	0.90	m.li za/h.kl.gr.z.	1.70	0.90		als c	
24. Terwolde	-	1.20	0.60	m.li za/l.f.z.	-	1.90	1.00	als a	-	1.50	<0.30	m.zw kl/m.gr.z.+h.r.	1.50	<0.30		zw kl/m.gr.z.+h.r.	
25. Angerlo	-	1.70	0.70	zw kl/gr.z.	-	2.20	1.60	zw za/gr.z.	-	1.50	<0.40	als a	1.60	1.00		als a	
26. Dieren	-	3.00	1.80	li kl/za	-	3.70	2.20	als a	-	2.10	<0.40	m.zw kl/kl.gr.z.	-	-		-	
27. Loag-Keppel	-	1.50	<0.40	m.li kl/gr.z.	-	1.60	0.50	zw za/gr.z.	-	1.50	0.50	m.zw kl/st.l.gr.z.	1.40	0.80		als b	
28. Kampen	-	0.50	m.v.	zw kl/gr.z.	-	0.45	m.v.	als a	-	0.70	m.v.	als a	0.40	m.v.		als a	
29. Dalem	-	0.80	<0.30	zw kl/veen	-	0.80	<0.30	als a	-	0.80	<0.30	m.zw kl/v.kl.	1.40	m.v.		li kl/v.kl.	
30. De Steeg	-	1.80	0.60	li kl/l.gr.z.	-	2.60	1.40	als a	-	2.90	2.00	li kl/gr.z.	1.30	<0.40		li kl/st.l.gr.z.	
31. Afferden	-	0.90	0.40	zw kl/v.kl.	-	0.90	<0.40	als a	-	0.90	<0.40	zw kl/v.kl.	0.90	<0.40		zw kl/v.kl.	
32. Wamel	-	1.00	<0.40	zw kl/y.zw.kl.	-	0.70	<0.40	zw kl/v.kl.	-	0.70	<0.40	als b	0.70	<0.40		als c	
33. Wilnis	-	moerig+katteklei/ongerijpte fijnzandige klei						als a				kuelwater (kuel: 2mm. ecm ⁻¹)	0.90	m.v.		als a	
34. Lelystad	-	1.80	0.60	m.li za/h.kl.f.z.	-	1.20	0.70	als a	-	1.40	1.00	als a	0.90	0.60		als a	
Veen																	
35. Blauwgras.l.zegveld	-	0.30	m.v.	veen/slibh.r.z.v.	-	0.80	m.v.	als a	-	0.90	m.v.	rietzeggeveen	0.30	m.v.		als c	
36. Noorden	-	0.30	m.v.	veen/st.slibh.r.z.v.	-	0.80	m.v.	als a	-	0.80	m.v.	als a	0.80	m.v.		als a	
37. Proefcentr. Zegveld	-	0.80	m.v.	veen/st.slibh.r.z.v.	-	0.60	m.v.	als a	-	0.60	m.v.	als a	0.60	m.v.		als a	slootpeil 0.90/1.10 ^{m.v.}
38. Goudriaan	-	1.00	m.v.	h.zw kl/f.z.	-	0.90	m.v.	als a	-	0.80	m.v.	v.zw kl/f.z.kl	0.90	m.v.		als a	" 0.75
39. Meerkerk	-	0.60	m.v.	v.zw kl/kl.bosveen	-	0.80	m.v.	als a	-	0.80	m.v.	als a	0.80	m.v.		als a	" 0.50
40. Zegveld	-	1.00	m.v.	h.li kl/bosveen	-	0.35	m.v.	v.kl/bosveen	-	0.35	m.v.	v.kl/bosveen	0.80	m.v.		h.li kl/bosveen	" 0.60
41. De Meje	-	0.30	m.v.	veen/r.z.v.	-	0.30	m.v.	als a	-	0.40	m.v.	als a	0.30	m.v.		als a	" 0.30
42. Giessenburg	-	0.60	m.v.	v.kl/kl.bosveen	-	0.60	m.v.	als a	-	0.60	m.v.	als a	0.60	m.v.		als a	" 0.40
43. Proefcentr. Zegveld	-	0.30	m.v.	veen/slibh.r.z.v.+h.r.	-	0.40	m.v.	als a	-	0.40	m.v.	als a	0.40	m.v.		als a	" 0.30
44. " (diep boorgat)	-	0.30	m.v.	veen/slibh.r.z.v.+h.r.	-	0.40	m.v.	als a	-	0.40	m.v.	als a	0.40	m.v.		als a	" 0.30
45. Woerden	-	0.90	m.v.	h.li kl/slibh.r.z.veen	-	1.00	m.v.	als a	-	1.00	m.v.	h.li kl/bosveen	-	-		-	" 0.70

