

NN31545.1208.

NOTA 1208

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

EEN ONDERZOEK NAAR DE GROOTTE VAN DE SAMENSTELLENDEN POSTEN
VAN DE STIKSTOFBALANS OP ENKELE GRASLANDPERCELEN VAN DE
PROEFBOERDERIJ CRANENDONCK TE MAARHEEZE

II. 2e Onderzoeksjaar april 1978/april 1979

H. Fonck

BIBLIOTHECA
STARRINGSGROUW

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

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0001 9220

ISBN 109279-02

LIJST VAN BIJLAGEN

- A Grondwaterstandsverloop van een tweetal voorbeeldbuizen
- B Overzicht neerslag en verdamping ten behoeve van waterbalans
- C Bemonsteringsschema
- D1 Analyseresultaten minerale N in de bodem
- D2 " bov. grondw. en bodemvocht
- E Grasland gebruikskalender
- F Invloed No op verschillende parameters
- G als F overzichtelijk gerangschikt

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING EN DOELSTELLING	1
2. OMSCHRIJVING PLAATS VAN ONDERZOEK	2
3. OPZET EN UITVOERING VAN HET ONDERZOEK	2
3.1. Waterhuishouding	2
3.2. Waterkwaliteit	4
3.3. Bedrijfsvoering	6
4. WIJZE VAN VERWERKING VAN DE GEGEVENS	6
4.1. Waterhuishouding	6
4.1.1. Waterbalans op jaarbasis	7
4.1.2. Grondwaterstandsanalyse	11
4.1.3. Afvoer	15
4.1.4. Kwel	15
4.2. Waterkwaliteit	15
4.3. Bedrijfsvoering	20
5. MINERALE STIKSTOFBALANS	21
6. STIKSTOFTOEVOER	22
6.1. Neerslag	22
6.2. N-binding	22
6.3. Bemesting	22
6.3.1. Organische mest	22
6.3.2. Kunstmest	25
6.4. Totale stikstoftoevoer	25

	blz.
7. STIKSTOFONTTREKKING	26
7.1. Gewasproductie	26
7.1.1. Beweiding	26
7.1.2. Maaien	31
7.1.3. De totale stikstofonttrekking door beweiding en maaien	32
8. UITSPOELING	33
9. WORTELMASSA	40
10. VOORLOPIG SALDO	41
11. DE ZOGENAAMDE 'MOEILIJKE' POSTEN OP DE STIKSTOFBALANS TE WETEN MINERALISATIE, DENITRIFICATIE EN HUMIFICATIE	43
11.1. Stikstof in omloop (N_o)	43
11.2. Denitrificatie (N_d)	46
11.3. Humificatie (N_h)	47
11.4. Mineralisatie (N_m)	48
12. CONCLUSIE EN DISCUSSIE	50
13. GEVOELIGHEIDSANALYSE	55
14. SAMENVATTING	60
15. VERDER ONDERZOEK	62

1. INLEIDING

Voor de omschrijving van de probleemstelling kan verwezen worden naar de inleiding van nota 1137 waarin het onderzoek gedurende het eerste onderzoeksjaar, dat liep van 1 november 1977 - 1 november 1978, is beschreven. Hieraan kan worden toegevoegd, dat zoals ook is aangeduid in de laatste paragraaf van bovengenoemde nota, in het tweede onderzoeksjaar getracht zal worden door frequenter en gericht verrichten van waarnemingen méér resultaten op grond van eigen onderzoek te behalen en minder gebruik te maken van bestaande normen en modelmatig verkregen formules. De toepassing van laatstgenoemde benaderingswijzen zal nog niet geheel te vermijden zijn, maar de méér dan in het eerste onderzoeksjaar ter beschikking komende bemonsteringsresultaten zullen kunnen leiden tot meer gefundeerde uitkomsten omtrent vooral concentraties van de verschillende vormen waarin stikstof voor kan komen, in de bodem, het bodemvocht en het grondwater, op verschillende tijdstippen van het jaar. Het ter beschikking komen van méér analyses zal ook de interpretatie van de concentratieveranderingen met de tijd en de plaats vereenvoudigen.

Als gevolg van de ruilverkaveling Budel-Strijper Aa, welke op 1 november 1978 definitief van start is gegaan, is perceel 21 als onderzoeksobject verloren gegaan. De onderzoekspercelen, welke zijn overgebleven, behoren alle tot de dicht bij de boerderij gelegen percelen en zijn derhalve onderhevig aan een bedrijfsvoering, welke duidelijk verschilt van die welke op de verderaf gelegen percelen van toepassing is. Van het complex verderaf gelegen percelen is evenwel geen geschikt object meer voor onderzoek beschikbaar.

Teneinde een vergelijking met de onderzoeksresultaten van het vorige jaar te vergemakkelijken, zal de indeling en de nummering

van de tekstonderdelen gelijk zijn aan die in nota 1137. Voor de ligging van percelen en grondwaterstandsbuizen wordt verwezen naar de desbetreffende kaartjes in deel I (nota 1137) op respectievelijk bladzijde 3 en bijlage F.

Bij vergelijking van de grasland-gebruikskalenders van beide onderzoeksjaren blijkt het weideseizoen van 1977 3 à 4 weken langer te hebben geduurd dan van 1978. Dit blijkt niet onaanzienlijke gevolgen te hebben ten aanzien van toevoer en onttrekking.

2. OMSCHRIJVING PLAATS VAN ONDERZOEK

Aangezien de situatie ongewijzigd is gebleven, is het desbetreffende hoofdstuk in nota 1137 nog volledig van toepassing. Derhalve kan naar dit hoofdstuk worden verwezen. De toevoeging kan worden gemaakt, dat met ingang van 1 mei 1979 een nieuwe beregeningsinstallatie in gebruik is genomen met een grotere capaciteit dan de oude. Indien hieruit wezenlijke veranderingen voor de waterhuishouding voortvloeien, dan zal daar op de geëigende plaats de nodige aandacht aan worden geschonken.

3. OPZET EN UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

3.1. Waterhuishouding

Omdat in het eerste onderzoeksjaar een redelijk grondig inzicht is verkregen zowel in de grondwaterstandsfluctuaties als in de grondwaterbeweging op grond van frequente waarnemingen in een relatief groot aantal grondwaterstandsbuizen, ook in de wijdere omgeving, is het niet nodig geacht dit net van waarnemingspunten te handhaven gedurende het tweede onderzoeksjaar. Het aantal grondwaterstandsbuizen is dan ook drastisch verminderd. Daarvoor in de plaats is evenwel een grondwaterstandsbuis geïnstalleerd naast de regenmeter, welke door het personeel van de proefboerderij dagelijks wordt opgenomen met een tweeledig doel:

- A. Waar nodig de mogelijkheid creëren om op grond van aangetoonde samenhang in grondwaterfluctuaties in een willekeurige grondwaterstandsbuis en de buis bij de regenmeter grondwaterstanden in elke gewenste periode te kunnen interpoleren.
- B. Mèér inzicht te verkrijgen in de invloed op de grondwaterstand van neerslagoverschot door het met elkaar in verband brengen van dagelijkse neerslag- en grondwaterstandswaarnemingen.

Aan de hand van waarnemingen in een tweetal grondwaterstandsbuizen te weten no. 21, welke een laaggelegen en no. 13, welke een hoger gelegen perceel representeert, kan worden aangetoond, dat, vooral in de uitspoelingsperiode (tussen 1 november 1978 en + 1 april 1979) het grondwaterstandsverloop wezenlijk anders is geweest in het eerste onderzoeksjaar dan in het tweede. Dit is in beeld gebracht in Bijlage A, waarin de grondwaterstanden van het eerste onderzoeksjaar en het tweede onderzoeksjaar voor de twee genoemde buizen zijn weergegeven. Terwijl de grondwaterstanden in de winter 1977/1978 tamelijk constant bleven, althans binnen vrij nauwe grenzen schommelden, was de herfst van 1978 droog, zodat de winter 1978/1979 inging met grondwaterstanden, welke + 60 cm dieper waren dan een jaar daarvóór. Gedurende de winter heeft een vrij regelmatige grondwaterstandsstijging vanaf 1 december plaatsgevonden, welke culmineerde in half maart 1979 toen het grondwater + 30 cm hoger stond dan in 1978. Welke gevolgen dit gewijzigde beeld heeft voor afvoer en uitspoeling zal worden nagegaan in de hoofdstukken 4 en 8.

Neerslag en verdamping van het tweede onderzoeksjaar zijn weergegeven in Bijlage B. Vergelijking met de overeenkomstige bijlage in nota 1137 laat zien in hoeverre beide onderzoeksjaren in dit opzicht verschillen en tevens in hoeverre dit tweede onderzoeksjaar verschilt van een zogenaamd 'normaal' jaar en in welk opzicht.

Gedurende het gehele groeiseizoen van 1979 zijn op de percelen 6A, 5A, 5B en 4 nu ook in vaste opstellingen met regelmatige tussenpozen vochtbepalingen verricht met behulp van gammastralenapparatuur, zodat het vochtverloop in het profiel beter kan worden gevolgd, de invloed van de nieuwe beregeningsinstallatie op het vochtgehalte kan worden nagegaan en beter het omslagpunt van verdampingsoverschot naar

neerslagoverschot in het na- en voorjaar kan worden vastgelegd dan alléén uit vergelijking van neerslag- en verdampingscijfers.

3.2. W a t e r k w a l i t e i t

Een gerichter en frequenter bemonsteringsopzet is het belangrijkste verschilpunt geweest met de werkzaamheden in het eerste jaar van onderzoek.

In Bijlage C, waarin de data en de aard van de verschillende bemonsteringen is verantwoord, kan worden nagegaan of de realisatie van deze opzet geslaagd kan worden genoemd.

Met een gerichte monsternamen wordt bedoeld monsternamen op een moment dat daarvan optimale informatie mag worden verwacht.

Er zijn twee markante punten in de cyclus van het boerenbedrijf aan te wijzen, welke het meest geschikt lijken om optimale informatie op te leveren. Dat is in de eerste plaats een tijdstip in het najaar, als géén onttrekking meer plaatsvindt door beweiding of maaien, géén toevoer meer door bemesting en de klimatologische omstandigheden zodanig zijn dat er geen verdampingsoverschot en dus geen capillaire nalevering meer is.

Dat moment, dat in een normaal jaar tegen het einde van oktober valt, is geschikt om door een bemonstering door middel van bodemonsters vast te leggen, wat er in het profiel boven het grondwater aan minerale stikstof resteert en is tevens geschikt om bij de aanvang van een nieuw onderzoek op dezelfde wijze een voorraad-inventarisatie uit te voeren.

Dit is dan ook gebeurd, zij het een maand later omdat de evenwichtstoestand zich wat later dan normaal instelde. Op de percelen 2, 3 en 4 is deze bemonstering achterwege gebleven omdat de inschakeling van deze percelen als vervanging van de door de ruilverkaveling voor het onderzoek verloren gegane percelen toen nog niet zeker was.

In het voorjaar doet zich een dergelijke evenwichtstoestand voor ongeveer eind april, als er geen neerslagoverschot meer is, zodat er geen afvoer meer optreedt en toevoer door bemesting en onttrekking door gewasgroei nog geen aanvang heeft genomen.

Dat moment is geschikt voor bemonstering door grondmonsters van de overgebleven hoeveelheid minerale stikstof boven het grondwater, teneinde vast te stellen wat in de uitspoelingsperiode uit het profiel verloren is gegaan in de eerste plaats door uitspoeling zelf maar wellicht ook door omzettingen en vastlegging.

Een gelijktijdige bemonstering van het bovenste grondwater vindt plaats om de werkelijke naar het ondiepe grondwater uitgespoelde stikstof te kwantificeren. Eventuele verschillen met de analyseresultaten van de bodembemonstering op minerale stikstof kunnen een indicatie opleveren omtrent het voorkomen van mineralisatie, humificatie en denitrificatie in de tussenliggende winterperiode. Deze bemonstering heeft in boorgaten over het gehele perceel plaats. Een vergelijking van de analyseresultaten van deze bemonstering met de voorraadsvermindering van de minerale stikstof, uit grondmonsters bepaald is zinvol, omdat, wanneer deze geanalyseerde hoeveelheden elkaar niet ten naaste bij dekken, hierin een aanwijzing gevonden kan worden omtrent de omvang van omzettingen en vastlegging gedurende de winter.

Deze voorjaarsbemonstering van het bovenste grondwater heeft op alle onderzoekspercelen plaats gehad, terwijl de grondbemonstering op minerale stikstof boven het grondwater ook op alle percelen is geschied. Weliswaar heeft de november bemonstering tot grotere diepte plaatsgevonden dan in het voorjaar omdat het grondwaterniveau dat toeliet.

Een dergelijke voorjaarsbemonstering geeft, indien met de nodige frequentie van ± 24 bemonsteringspunten per perceel uitgevoerd, tevens een inzicht in de concentratievariaties op korte afstand.

Een inzicht in het concentratieverloop met de tijd van het omhoog percolerende grondwater werd verkregen door regelmatige bemonstering op één vaste diepte. Hiertoe zijn per bemonsteringsplek 3 poreuze keramische cups van 10 cm lengte straalsgewijze in de grond geboord op circa 125 cm diepte en om de ± 4 weken bemonsterd. Door één van deze bemonsteringen in de vaste bemonsteringsset samen te laten vallen met de voorjaarsbemonstering over het gehele perceel kon een zeker verband worden gelegd tussen de gemiddelde concentratie van het gehele

perceel met de toevallige concentratie op de plaats van de vaste bemonsteringsset.

Is dit verband eenmaal gelegd, dan kunnen de concentratieveranderingen gedurende het groeiseizoen vastgesteld worden door herhaalde bemonstering in dezelfde set. Door het dalende grondwater kunnen dergelijke bemonsteringen overgaan van grondwaterbemonsteringen in bodemvochtbemonsteringen. Dit is geschied op de percelen 4, 5A, 5B en 6A (zie kaartje blz. 3 deel I, nota 1137).

3.3. B e d r i j f s v o e r i n g

De bedrijfsvoering is in al zijn facetten vastgelegd in de grasland-gebruikskalender van 1978. Hierin is voor elk bij het onderzoek betrokken perceel aangegeven:

- de bemesting
- de beweiding
- het maaien voor kuilvoer en voor zomerstalvoeding
- de bijvoeding van de verschillende vee categorieën met krachtvoer gedurende de weideperiode

Met behulp van deze gegevens kan onder andere de post: organische mest gedurende de weideperiode direct worden berekend. Ook de onttrekking door gewasproductie volgt uit de grasland-gebruikskalender, terwijl de toevoer uit kunstmest direct kan worden afgelezen.

De veebezetting wordt eveneens per perceel uit de beweidingsgegevens vastgesteld en wordt gebruikt in enkele formules in het model van Rijtema als omschrijving van de weidemestproductie.

4. WIJZE VAN VERWERKING VAN DE GEGEVENS

4.1. W a t e r h u i s h o u d i n g

In navolging van wat in het rapport over het eerste onderzoeksjaar is geschied, zal het ook nu aantrekkelijk zijn te trachten de grootte van de afvoer vast te stellen zowel door toepassing van de waterbalans op jaarbasis als door een grondwaterstandsanalyse. Voor

toepassing van laatstgenoemde methode staan evenwel minder gegevens dan vorig jaar ter beschikking. Er zijn met vrij onregelmatige tussenpozen opgenomen waterstanden beschikbaar van enkele intact gebleven grondwaterstandsbuizen op het bedrijf zelf te weten no. 1, 2, A, B, C en E, terwijl dagelijks grondwaterstandswaarnemingen zijn verricht in buis K tegelijk met neerslagwaarnemingen. Deze laatste waarnemingen lijken geschikt voor toepassing van een grondwaterstandsanalyse. Het zal alleen de vraag zijn of de resultaten van de bewerking van de gegevens, afkomstig van één buis representatief genoeg zijn voor het gehele bedrijf.

Ten aanzien van de waterbalans op jaarbasis kan worden nagegaan of de gebruikelijke 150 mm uitgangsvochtvoorraad de werkelijkheid voldoende benadert en, zo nee, of dit werkelijk van invloed is op de berekening van de afvoer.

4.1.1. Waterbalans op jaarbasis

Hierboven is reeds aangeduid dat een nader onderzoek naar de grootte van de gebruikelijke uitgangsvochtvoorraad gewenst lijkt. Een dergelijk onderzoek is nu mogelijk geworden omdat in dit tweede onderzoeksjaar controlemogelijkheden voorhanden zijn in de vorm van vochtmetingen die met gamma-apparatuur op gezette tijden zijn verricht. Tevens staan enkele vochtbepalingen ter beschikking, die verricht zijn in grondmonsters welke ter bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof zijn genomen. Met deze laatstgenoemde vochtbepalingen dient enige voorzichtigheid te worden betracht omdat gebleken is, dat enerzijds bij lange bewaartijd in het laboratorium het vochtgehalte terugloopt, terwijl anderszijds, vooral bij humeuze monsters, bij het drogen de humus kan worden aangetast, zodat de geconstateerde hoeveelheid vocht, betrokken op de verminderde hoeveelheid humus, groter wordt, dan in werkelijkheid het geval is.

In het algemeen geldt, dat een waterbalans op jaarbasis in het voorjaar dient aan te vangen, omdat de evenwichtsvochttoestand, die zich dan voordoet een grotere zekerheid op verzadiging biedt dan in het najaar, omdat in het najaar een periode met verdampingsoverschot aan de veronderstelde verzadiging is voorafgegaan en in

het voorjaar een periode met neerslagoverschot.

Aangezien in dit geval de afvoer moet worden vastgesteld over de periode van $\pm$ 1 november 1978 tot $\pm$ 1 april 1979, dient de waterbalans te worden opgesteld met ingang van 1 april 1978. Van deze ingangsdatum, welke nog tot het eerste onderzoeksjaar behoort, is evenwel géén vochtbepaling beschikbaar.

Een vochtbepaling op de meest geschikte tijdstippen, in ieder geval tijdens de evenwichtsvochttoestand in voor- en najaar, is natuurlijk het meest ideale uitgangspunt. Indien evenwel, zoals in dit geval, de vochtvoorraadsbepalingen op de meest gewenste momenten ontbreken, verdient het aanbeveling om de uitspoelingsperiode met het daaraan voorafgaande groeiseizoen af te bakenen met twee gelijke voorjaarsgrondwaterstanden waarvan dan per definitie de evenwichtsvochttoestand ook gelijk moet zijn, zodat in de periode daartussen kan worden volstaan met het vaststellen van het totale neerslagoverschot, dat dan gelijk is aan de afvoer.

Alleen als deze uitgangspunten ook niet te vinden zijn kan worden uitgegaan van de aanname van een vochtvoorraad in het najaar waarvoor in de praktijk nogal eens 150 mm wordt genomen. Tenzij men te maken heeft met een natte zomer, kan in een dergelijk geval de zomerperiode beter niet in de beschouwing worden betrokken omdat de schatting van de werkelijke gewasverdamping in de zomer veel méér kans op fouten biedt dan in de winter. Bij de toepassing van laatstgenoemde methode doet de grootte van de uitgansvochtvoorraad er wél toe als de voorraad geheel wordt uitgeput. Bij de aanvulling van de voorraad in de volgende natte(re) periode maakt het nogal wat uit of tot een voorraad van bijvoorbeeld 100 of 150 mm moet worden aangevuld alvorens de afvoer in werking treedt.

In dit geval kan zowel in 1978 en in 1979 een voorjaarsdatum worden gevonden met gelijke grondwaterstand en dus met gelijke evenwichtsvochttoestand namelijk op $\pm$ 20 april.

De diepte tot waar de vochtvoorraad wordt vastgesteld is enigszins arbitrair en afgeleid van een compromis tussen de optredende worteldiepte en de mogelijkheid tot capillaire nalevering in de zomer. In dit geval zal dit compromis liggen op een vochtprofiel diepte van 100 cm.

Op $\pm$ 20 april van 1978 en van 1979 was de grondwaterstand dus nagenoeg gelijk. In de tussenliggende periode bedroeg de totale neerslag 688 mm en de totale gewasverdamping 467 mm. Het neerslagoverschot bedroeg derhalve 221 mm.

Er heeft in het groeiseizoen ook berekening plaats gehad op alle onderzoekspcelen. Op bladzijde 45/46 van nota 1137 is berekend, dat de intensiteit van deze berekening, na aftrek van interceptie en verdamping, gesteld kan worden op $\pm$ 12 mm/10 dagen. Bij de 221 mm neerslagoverschot dient dus nog 155 mm effectieve berekening te worden opgeteld, zodat de totale jaarafvoer op deze wijze berekend 375 mm zou bedragen. Uitgangsvochtvoorraad is bij deze berekeningswijze van geen enkele betekenis.

Nu de controle door middel van vochtmetingen. De eerste mogelijkheid doet zich voor bij de vochtmetingen van $\pm$ 1 juli 1979. De berekening was toen nog van ondergeschikte betekenis. Het evenwichtsvochtgehalte is afgeleid uit standaard pF-curven, aangezien niet over originele pF-gegevens kon worden beschikt. In tabel I is de controle weergegeven voor de vier percelen waarop vochtmetingen zijn verricht. De vochtinhouden op $\pm$ 1 juli geven vrijwel dezelfde waarden te zien als op $\pm$ 20 april. Dit is ook verklaarbaar omdat in de tussenliggende periode neerslag en verdamping vrijwel in evenwicht zijn geweest [neerslag (176 mm) + berekening (25 mm) - 0,8 E_o (192 mm) = nihil].

De tweede controlemeting doet zich voor op 20 september 1979. De totale neerslag van 20 april - 20 september bedroeg 252 mm, welke werd aangevuld met een berekening van 132 mm. De totale gewasverdamping is berekend op 345 mm, zodat er een neerslagtekort is geweest van $\pm$ 40 mm. Uit tabel I blijkt, dat van een redelijke overeenkomst kan worden gesproken.

De derde controlemeting dateert van eind november/begin december 1978. In de periode van 20 april - eind november/begin december 1978 bedroeg de totale neerslag 348 mm (tot 14 december 379 mm). De aanvullende berekening in dezelfde periode bedroeg $\pm$ 180 mm en de totale gewasverdamping 380 mm, zodat er een neerslagoverschot is geweest van 148 à 180 mm. Omdat de vochtinhoud eind november/begin december 1978 vrijwel gelijk is aan die van 20 april (zie tabel I)

Tabel I. Vochtvoorraden tot 100 cm diep op verschillende data met controle door middel van vochtmetingen (in mm)

Perceel	5A	5B	6A	4
Evenwichtsvochtinhoud + 20 april 1978 (en 1979)	+ 170	+ 180	+ 230	+ 290
Vochtinhoud + 1 juli 1979 uit vochtmeting	162 (28 juni)	174 (3 juli)	227 (28 juni)	292 (3 juli)
Controlemeting 20 sept. '79	126	137	187	239
Vochtinhoud 20 apr.-40 mm	130	140	190	250
Meting eind nov. 1978	170	180	230	+ 270
				uit:
				265 (= 205 + 0,38 V 5A)
				290 (= 174 + 0,64 V 5B)
				266 (= 145 + 0,53 V 6A)

moet dit neerslagoverschot worden opgevat als de som van afvoer en berging in de tussenliggende periode.

Hierbij dient opgemerkt, dat de vochtmeting van eind november/ begin december 1978 afkomstig is van een grondmonsternamen ten behoeve van de analyse van minerale stikstof, waardoor de vochtberekening enigszins wordt gewijzigd. Het vochtgehalte is bepaald in g.vocht per 100 g.droge grond (= gew.% vocht). Omrekening in volumepercenten heeft plaats volgens:

$$\text{vol\%} = [\text{dr. v.d. gew.} \times \text{gew\%}] : 0,9$$

Deze formule is afkomstig van de omrekeningsprocedure, die gevolgd wordt bij de berekening van vochtgehalten uit gammametingen. Hieruit kan het aantal mm vocht per bemonsterde laag berekend worden met behulp van:

$$\text{mm vocht} = \text{vol\% vocht} \times \text{laagdikte in dm}$$

Van perceel 4 was een dergelijke bemonstering niet uitgevoerd. Van de latere vochtbepalingen zijn de gesommeerde vochtinhouden van perceel 4 uitgezet tegen die van de andere proefpercelen 5A, 5B en 6A (uiteraard van metingen op dezelfde data en tot dezelfde diepte). Daarbij werden de volgende betrekkingen verkregen:

$$V_4 = 205 + 0,38 V_{5A}$$

$$V_4 = 174 + 0,64 V_{5B}$$

$$V_4 = 145 + 0,53 V_{6A}$$

waarbij V is de totale vochtinhoud tot 100 cm diepte in mm.

Toepassing van deze betrekkingen gaven van perceel 4 de drie vochtinhouden voor eind november 1978 die in tabel I zijn weergegeven. Het blijkt dus, dat het uitgangsvochtprofiel op 20 april vermeerderd met neerslagoverschot, steeds een goede overeenkomst te zien geeft met de werkelijke geconstateerde vochtinhouden op verschillende data.

Om een inzicht te krijgen in de grootte van de werkelijke afvoer tijdens de uitspoelingsperiode, welke loopt van + 1 november 1978 tot + 20 april 1979, dient ook nog nagegaan of er een eventuele zomer-afvoer is geweest. In de periode van 20 april - 1 november 1978 bedroeg het totale neerslagoverschot 120 mm en het totale neerslagtekort 168 mm, terwijl de effectieve berekening 155 mm bedroeg. Er is dus een zomerafvoer van $155 + 120 - 168 = 107$ mm geweest. De winterafvoer, berekend volgens de waterbalans op jaarbasis, kan derhalve worden vastgesteld op $\pm 375 - 107 = \pm 270$ mm.

4.1.2. Grondwaterstandsanalyse

Aangezien kan worden beschikt over dagelijkse grondwaterstands- waarnemingen in een stambuis welke is geplaatst in de onmiddellijke nabijheid van de regenmeter, is het aantrekkelijk deze gegevens voor een grondwaterstandsanalyse te gebruiken.

Dat is geschied in fig. 1 voor de uitspoelingsperiode, welke, in verband met het heersende neerslagoverschot, zich uitstreckte tot en met mei 1979. In fig. 2 zijn de zomerwaarnemingen verwerkt (zie ook tabel II).

De op grond van de samenhang tussen neerslag, grondwaterstand en berging gevonden dagafvoeren (zie fig. 1A) leiden, gesommeerd over de gehele afvoerperiode van 1 november 1978 tot en met 31 mei 1979, tot een totale afvoer van 373 mm. Omdat evenwel de gewasverdamping, vooral in de maanden april en mei, zeker niet verwaarloosbaar klein is ($0,8 E_o = \pm 190$ mm) wordt de totale op deze wijze berekende afvoer teruggebracht tot circa 180 mm.

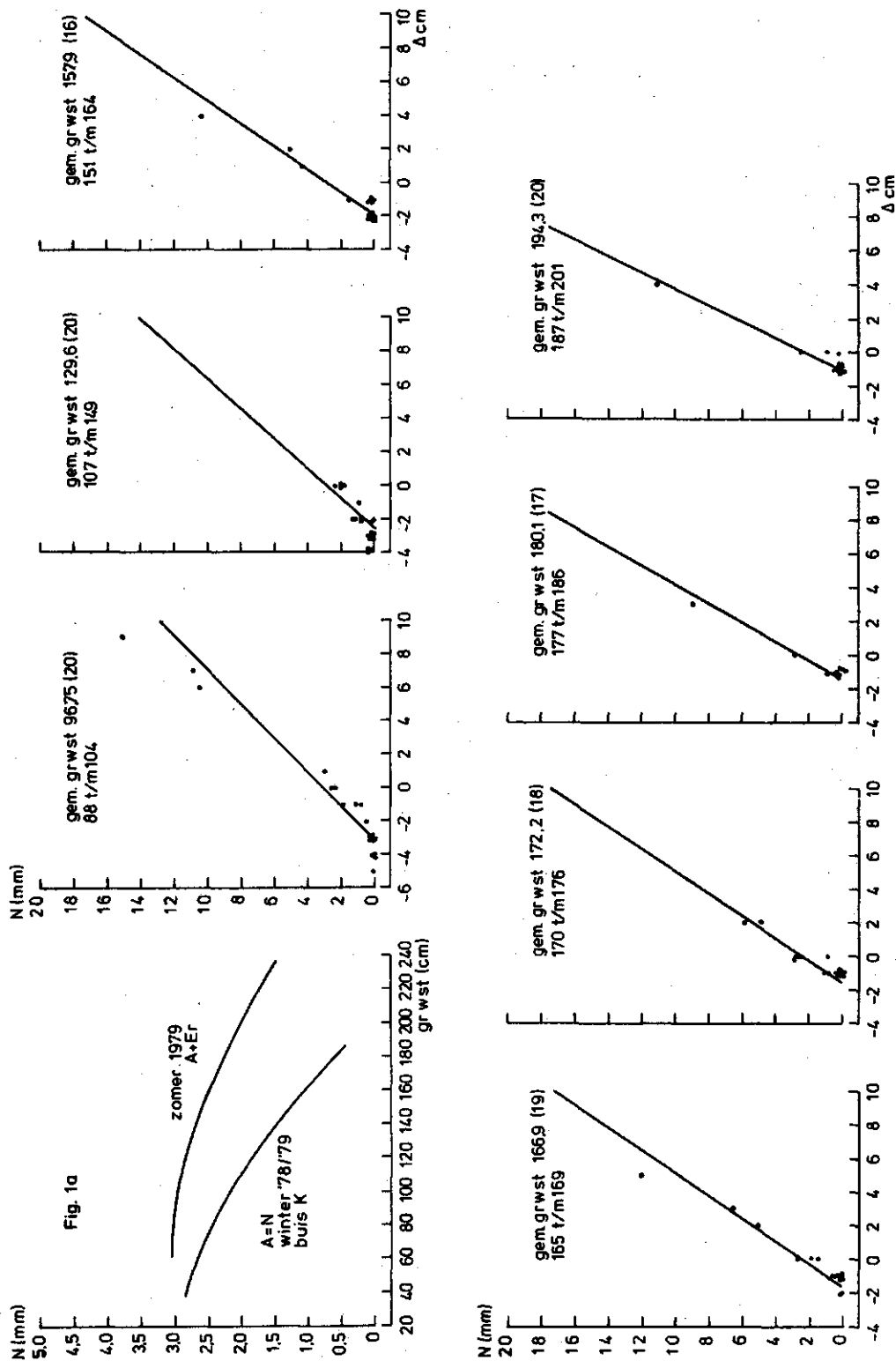


Fig. 1. Grondwaterstandsanalyse buis K winterperiode 1978/1979

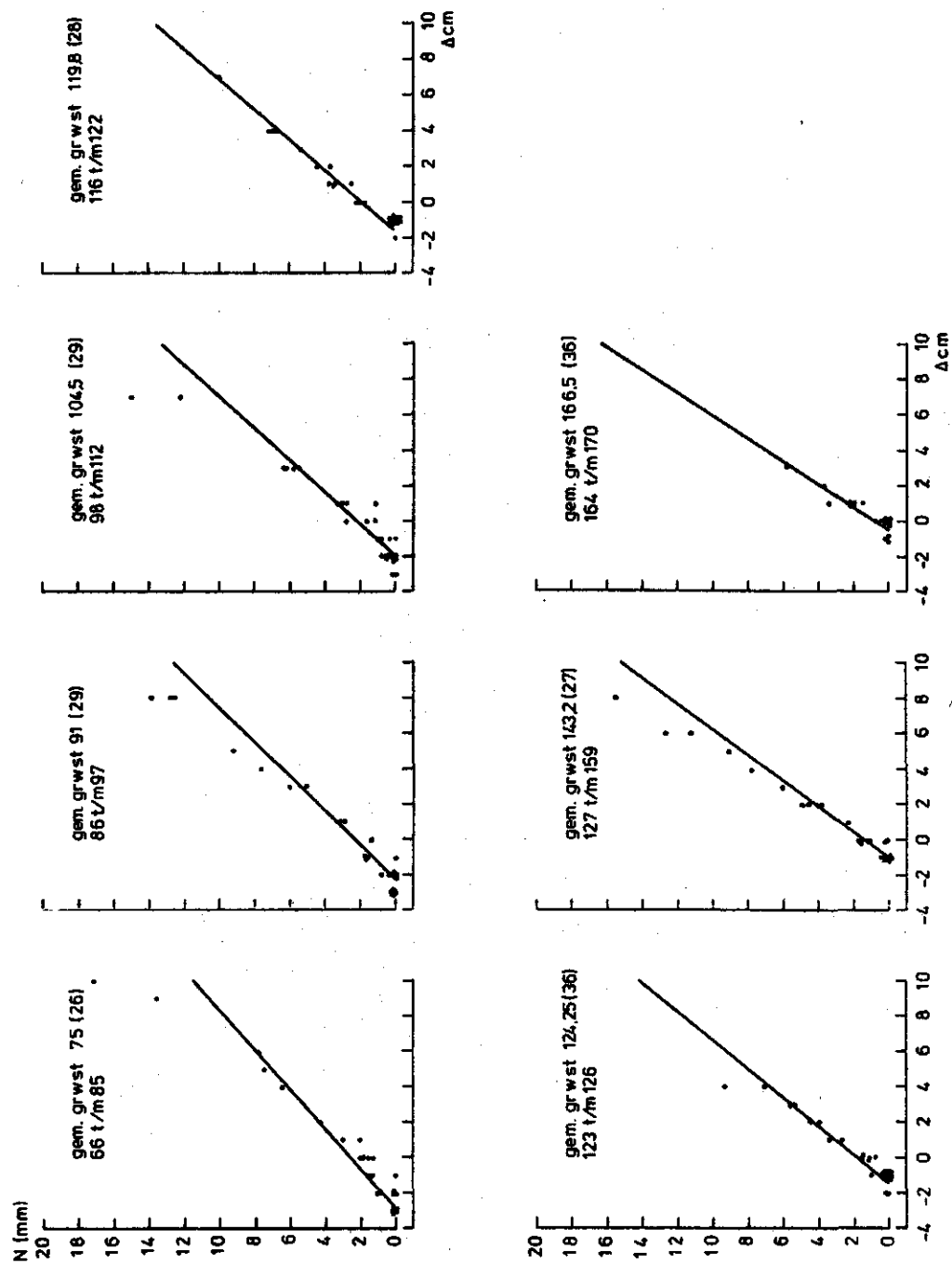


Fig. 2. Grondwaterstandsanalyse buis K zomerperiode 1979

Tabel II. Grondwaterstandanalyse stambuis K 1 november 1978-1 november 1979
 Alle gegevens gerangschikt: neerslag (N) en grondwaterstand (Gr) per dag en verdamping (0,8 E_o) per 10 dagen

Datum	Nov. '78	Dec. '78	Jan. '79	Febr. '79	Maart '79	April '79	Mei '79	Juni '79	Juli '79	Aug. '79	Sept. '79	Oct. '79
1	0,8 N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o	0,8 Gr N E _o
2	167	164	124	128	124	70	96	91	131	168	177	197
3	2,0	166	123	121	123	1,4	13,8	94	135	5,0	178	198
4	0,8	166	122	122	1,5	7,5	3,0	97	138	6,5	178	199
5	0,2	2,0	123	123	3,5	1,0	3,1	100	140	1,5	176	200
6	0,2	3,5	124	124	5,4	0,1	1,7	86	143	0,5	177	201
7	0,2	(1) 164	(0) 125	(4) 126	(12) 120	1,5(19)	4,3(28)	10,4	145	0,5	178	201
8	0,2	167	126	127	121	72	0,4	(36) 98	148	(32) 168	179	198
9	0,1	167	126	124	4,5	78	90	1,0	148	2,6	169	199
10	0,1	167	125	125	2,0	80	92	0,4	149	1,0	170	
11	168	157	123	126	15,0	83	94	2,5	149	12,0	165	
12	168	156	119	127	5,8	85	94	1,8	151	5,0	163	
13	0,1	168	118	123	12,2	102	86	0,7	153	164	164	
14	2,2	167	119	120	12,7	96	88	0,8	155	0,6	165	
15	3	167	119	120	10	91	91	10,8	151	19	166	
16	0,4	4,0	121	116	12,6	23	30	2,3	153	1,8	167	
17	0,4	167	(0) 123	(4) 117	6,5(12)	84	(38) 97	1,8(36)	(30) 155	1,8(24)	183	
18	167	145	124	118	0,8	86	99	92	157	0,4	185	
19	168	145	125	118	1,6	87	101	95	158	0,3	186	
20	1,5	146	126	119	17,1	77	104	99	159	170	187	
21	0,1	147	127	120	0,1	79	107	103	160	171	188	
22	0,1	148	125	121	0,1	81	109	107	162	172	188	
23	0,1	149	126	122	1,9	81	109	109	162	172	189	
24	170	150	123	121	7,8	75	110	1,1	162	2,6	190	
25	3,8	1,0	1,1	119	6,3	100	107	0,8	163	2,4	191	
26	1,0	9,0	1,23	120	2,0	18	108	2,3	165	5,8	192	
27	5,8	3,8	1,1	121	1,3(22)	7,7(22)	1,0(41)	0,1(39)	166	0,4(29)	193	
28	2,2	1,5	124	122	2,0	97	5,5	1,2	167	2,8	194	
29	0,4	164	125	123	13,5	66	2,8	106	169	0,8	194	
30	164	15,5	126	123	1,6	2,7	98	122	170	174	195	
31	9,3	125	127	127	0,9	6,0	1,1	127	170	175	196	
Maand- totaal	21 7	93 3	32 1	36 11	138 46	47 70	91 107	52 111	25 103	52 85	22	
Normaal=58 10	57 4	60 5	59 17	41 42	46 77	49 108	58 124	71 116	74			
gemiddelde over aant. jaren												

4.1.3. Afvoer

De afvoer, geldend voor de periode van 1 november 1978 - 20 april 1979, berekend met de waterbalans op jaarbasis, bedraagt gemiddeld 270 mm. De afvoer, berekend volgens de grondwaterstandsanalyse en geldend voor de periode van 1 november 1978 - eind mei 1979, bedraagt echter slechts 180 mm. Deze is berekend voor één buis, welke is gesitueerd tussen de percelen 5A en 6A en daarmee danook het best vergeleken kan worden. Vanwege de geringe representativiteit van de met de grondwaterstandsanalyse verkregen uitkomst zal uitgegaan worden van een gemiddelde afvoer van 270 mm voor de winterperiode.

4.1.4. Kwel

Evenals in het vorige onderzoeksjaar is de kwel op de onderzoekspercelen als verwaarloosbaar klein te beschouwen.

4.2. Waterkwaliteit

In bijlage C is het bemonsteringsschema van het tweede onderzoeksjaar weergegeven. In dit schema is voorzien in een volledige bemonstering van de bodem op minerale stikstof in het voorjaar en in het najaar. Bovendien staan van enkele percelen ook nog analyseresultaten van het najaar 1978 ter beschikking. In oktober 1979 werden de percelen 3 en 3A benevens 4 en 4A gescheiden bemonsterd om na te gaan of verschillen in profielopbouw ook verschil in rijkdom aan minerale stikstof ten gevolge heeft. De percelen 3A en 4A liggen langs de beek en zijn derhalve wat lager gelegen en vertonen wat duidelijker het karakter van een beekafzetting. Het bovenste grondwater is eveneens volledig in het voorjaar en in het najaar bemonsterd. Ook hier is in het najaar een scheiding in de bemonstering van de percelen 3 en 3A en ook van 4 en 4A doorgevoerd met hetzelfde oogmerk als bij de bemonstering op minerale stikstof.

Een bemonstering met behulp van keramische cups op een diepte van + 125 cm (in drievoud) in een vaste opstelling is op verschillende tijdstippen tijdens het groeiseizoen verricht teneinde wisselingen in nitraatconcentraties met de tijd te kunnen vaststellen.

Dit is gedaan op de percelen 4, 5A, 5B en 6A, omdat met deze keuze voldoende tegemoet werd gekomen aan de voorkomende profielvariaties. De resterende percelen 2 en 3 wijken wat dat betreft niet zozeer van de gekozen percelen af, dat dit de inrichting van nog twee meetsets zou rechtvaardigen.

Wat kan met deze bemonsteringsresultaten worden gedaan?

De stikstofconcentraties, welke aangetrokken worden in het bovenste grondwater in het voorjaar, zijn voorbestemd om uit te spoelen, omdat zij vanaf deze diepte, zowel als gevolg van de toegepaste kunstmatige beregening als van de geringe mogelijkheid tot capillaire nalevering niet meer in de wortelzone kunnen terugkeren en aan de stikstofkringloop deelnemen.

De grondwaterbemonsteringen in het najaar, zowel in 1978 als in 1979 hebben voor de bepaling van de uitspoeling geen directe waarde, doch kunnen in samenspel met de bemonsteringsresultaten, van minerale stikstof in de bodem (grondmonsters) en in bodemvocht (boven het grondwater) een indicatie geven over de beweging van vooral het mobiele nitraat in het bodemprofiel. Want hoewel de analyse op minerale stikstof, nitraat, zowel als nitriet en ammonium omvat, mag wel aangenomen worden, dat nitraat het hoofdbestanddeel is. Het verschil tussen de aanwezige minerale stikstof in de bodem bij najaars- en voorjaarsbemonstering moet zijn uitgespoeld, zodat er enige samenhang moet bestaan tussen dit verschil en de concentratie van nitraatstikstof in het bovenste grondwater bij de voorjaarsbemonstering. Bedoelde samenhang behoeft niet nauw te zijn omdat processen als mineralisatie, humificatie en denitrificatie het verband kunnen vertroebelen.

Ook het uitrijden van organische mest tijdens de uitspoelingsperiode verhoogt de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem en kan leiden tot een verhoogde uitspoeling, doch dit is na te gaan uit de gebruikskalender voor elk perceel. Uitgangspunt is derhalve het saldo van de minerale stikstofbemonsteringen in najaar en voorjaar daaraan volgende, eventueel aangevuld met de verrijking van de minerale stikstofvoorraad door drijfmestgiften tijdens de uitspoelingsperiode. Bedoeld saldo dient berekend te worden uit bemonsteringen,

die op eenzelfde diepte betrekking hebben. In hoeverre dit mogelijk is, is afhankelijk van de hoogst voorkomende grondwaterstand tijdens de uitspoelingsperiode. Zo is in het najaar van 1978 dat relatief droog was, minerale stikstof in de bodem bemonsterd tot een diepte van 150 cm. In het voorjaar van 1979 evenwel was het grondwater zodanig gestegen, dat bemonstering tot hoogstens 100 cm diepte mogelijk was. De gehele uitspoeling kan zodanig geschematiseerd worden gedacht, dat de totale afvoer van de afgelopen uitspoelingsperiode met het saldo van de minerale stikstof in de bodem als een schijf water komt te liggen op het 'oude' grondwaterniveau. Bemonstering in de 'nieuwe' waterschijf zal een stikstofconcentratie op moeten leveren, welke in hoge mate bepaald is door het saldo van de minerale stikstof in de bodem, aangevuld met het aandeel van de drijfmestgift. Voor de berekening dient te worden aangenomen, dat op den duur het 'nieuw' aangevoerde grondwater het 'oude' grondwater met de daarin aanwezige stikstofresten, overgebleven uit een vorige uitspoelingsperiode, volledig uit het poriënstelsel verdringt. In werkelijkheid is dit in bezit nemen van gedeeltelijk gevulde poriën van uiteenlopende diameter een kwestie van tijd en zal aan het front van het opdringende 'nieuwe' water wel enige menging optreden. Tegen schematisering van het gehele proces terwille van de kwantificeringsmogelijkheid is weinig in te brengen, als de gegevens van elke uitspoelingsperiode gescheiden worden gehouden. Alleen bij een nieuw onderzoek zal aan een dergelijke schematisering een inventarisatiebemonstering dienen vooraf te gaan teneinde beginvoorraad en toevoer van elkaar te kunnen scheiden.

De bepaling van de dikte van de laag welke nog tot het huidige onderzoeksjaar behoort, is enigszins arbitrair. Verschillende overwegingen spelen hierbij een rol, zoals de bewortelingsdiepte, de hoogste seizoengrondwaterstand, de mogelijkheid tot capillaire nalevering, waardoor stikstof weer binnen de bewortelingszone zou kunnen terugkeren en dergelijke. Op grond van de hier geschetste overwegingen zou de dikte van de laag, waarin de minerale stikstof zich bevindt, die nog tot 'dit' uitspoelingsseizoen behoort, beperkt kunnen blijven tot hoogstens 100 cm, misschien nog wel minder.

Denkbaar is, dat de tussentijdse afvoeren als gevolg van zomerregens of berekening tussentijds gegeven stikstof tot grotere diepte meenemen, doch waarschijnlijk is dat in de onderhavige situatie niet.

Berekening van uitspoeling op deze wijzen, dit wil zeggen zowel door het product te bepalen van afvoer en stikstofconcentratie in het bovenste grondwater als door berekening van het saldo aan minerale stikstof in de bodem tijdens de uitspoelingsperiode is mogelijk op alle proefpercelen. De gegevens hiervoor zijn gerangschikt in bijlage D1 en D2.

De berekening wordt als volgt opgezet:

De minerale stikstof in de bodem is weergegeven in mg. N per 100 g. droge grond. Per dm laagdikte bevat een hectare 1 miljoen dm^3 grond en dus $10^6 \times \text{dr.vol.gew. kg droge grond}$. Vermenigvuldigd met de stikstofconcentratie, die ook per gewichtseenheid droge grond is opgegeven, levert dit de hoeveelheid stikstof per dm laagdikte per ha op. Sommatie van alle lagen levert een totaal aanwezige hoeveelheid minerale stikstof in de bodem op en het saldo wordt gevonden door de totalen van najaar en voorjaar van elkaar af te trekken. De bij de grondwaterbemonstering gevonden concentratie, opgegeven in mg N/l kan ook in kg/ha worden uitgedrukt door de totale waterafvoer over 1 ha uit te rekenen en te vermenigvuldigen met de N-concentratie per liter. Het voor eerstgenoemde berekening benodigde droog volume gewicht kan worden verkregen uit de eerste berekening van de vochtmetingen met behulp van gammastralen. Daarin komt het droog volumegewicht voor als 0,90 dr.

In tabel III is de berekening stap voor stap uitgevoerd. Weliswaar wordt onder minerale stikstof méérverstaan dan nitraat alléén maar aangezien uit analyses gebleken is dat bij een gemiddeld gehalte aan NO_3^- van 30 mg N/l het gehalte aan NO_2^- en aan NH_4 1,2 mg N/l bedroeg, kan volstaan worden met de aangetroffen hoeveelheden minerale stikstof als nitraat te beschouwen of hoogstens naar beneden af te ronden. Ten aanzien van de minerale stikstof, welke met de drijfmestgift aan het saldo wordt toegevoegd, is dat niet mogelijk. Maar die hoeveelheid is dan ook niet in de bemonstering op minerale stikstof opgenomen. Indien de uitgespoelde hoeveelheden stikstof, verkregen

Tabel III. Analyseresultaten van de bemonsteringen op minerale stikstof in de bodem in najaar 1978 (N_{naj.}) en voorjaar 1979 (N_{voorj.}) per bemonsterde laag en gesommeerd bij drie uitspoelingsdiepten (60, 80 en 100 cm)

Laagdiepte in cm	Nov. '78					Apr. '79					Nov. '78					Apr. '79					Nov. '78					Apr. '79					Nov. '78					Apr. '79																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	dr.vol.gew. g/cm ³		A		V		S		A		V		S		dr.vol.gew. g/cm ³		A		V		S		dr.vol.gew. g/cm ³		A		V		S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
0-10	1,3	16	21	4	5										1,3	16	21	6	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

uit grondwateronderzoek en de analyse van minerale stikstof in de bodem worden vergeleken, blijkt nog enige ruimte voor het aandeel, dat de organische bemesting in de winter aan de uitspoeling bijdraagt. Méér hierover in hoofdstuk 8: Uitspoeling. In de grasland-gebruikskalender (Bijlage E) zijn de drijfmestgiftten aangegeven.

In hoofdstuk 6.3.1. wordt uiteengezet, dat, onafhankelijk van de uitrijddatum, gerekend moet worden met een verrijking van de hoeveelheid minerale stikstof met 52 kg N per 20 ton drijfmest. Aangezien in de winter 1978/1979 van 25 ton per ha zijn gegeven, is hierdoor $\pm$ 65 kg N/ha aan de voorraad minerale stikstof toegevoegd. Zie voor de uiteindelijke berekeningsresultaten hoofdstuk 8: Uitspoeling en hoofdstuk 11.1: Stikstof in omloop, waarin de berekening van N_{naj} en N_{voorj} aan de orde komt.

4.3. B e d r i j f s v o e r i n g

Op identieke wijze als in het eerste onderzoeksjaar zijn de gevolgen van de bedrijfstechnische maatregelen voor zover van belang voor de stikstofbalans van het jaar 1978 geanalyseerd. Hiervoor is wederom de grasland-gebruikskalender gebruikt (zie bijlage E). Als gevolg van de ruilverkaveling is perceel 21 afgefallen. Verder zijn dezelfde percelen in het onderzoek betrokken gebleven.

Een vergelijking van de grasland-gebruikskalenders van 1977 en 1978 leert, dat er geen opzienbarende verschillen in behandeling zijn aan te wijzen. Het maaien voor de voordroogkuil dat in 1977 plaatsvond op de percelen 3, 3A, 4, 4A, 5B en 6A heeft thans ook plaatsgehad op de percelen 5A en 2, terwijl zomerstalvoeding eveneens heeft plaatsgevonden bij een groep proefdieren. Wat de gevolgen hiervan zijn voor de grasopname door het weidende vee is reeds in de eerste nota uitgebreid uiteengezet. In hoofdstuk 7.1.1. wordt de gewasproductie berekend, waarbij met de verminderde grasconsumptie door bijvoeding rekening zal worden gehouden.

5. MINERALE STIKSTOFBALANS

De posten van de minerale stikstofbalans zijn uiteraard dezelfde als in het vorige onderzoeksjaar. Ingevoegd zijn de berekening van hoeveelheden minerale stikstof, teneinde voorraadverschuivingen in het profiel vast te stellen en eventueel daaruit conclusies te trekken ten aanzien van uitspoeling, doch ook van de grootteorde van mineralisatie, humificatie en denitrificatie. Dit is mogelijk geworden door een frequenter en meer gerichte bemonstering dan in het eerste onderzoeksjaar. De vastere basis, die hierdoor bijvoorbeeld aan de berekening van de uitspoeling is kunnen geven, is reeds behandeld in hoofdstuk 4.4.

Omdat uitspoeling slechts gedeeltelijk afhankelijk is van bemesting en evenzeer van het neerslagoverschot, onttrekt deze post zich derhalve grotendeels aan de invloed van de bedrijfsvoering. Dit in tegenstelling tot posten die wel direct en geheel het gevolg zijn van bedrijfstechnische maatregelen, zodat wijzigingen daarin een direct meetbaar gevolg hebben. Dit zou het geval kunnen zijn met bijvoorbeeld bemesting en beweiding.

De indeling van de minerale stikstofbalans in posten, waarvan kwantificering uit eigen waarnemingen kan plaatsvinden, posten, welke toepassing van normen behoeven en posten, die alleen benaderd kunnen worden door modelmatig verkregen formules te gebruiken, blijft gehandhaafd. Het winstpunt ten opzichte van de in het eerste onderzoeksjaar verkregen resultaten is echter, dat kwantificering van de eerstgenoemde categorie balansposten een steviger onderbouwde basis heeft gekregen als gevolg van een frequenter en gericht waarnemingsschema. Voor de theoretische achtergrond van de berekening van de getalwaarden van de verschillende balansposten wordt verwezen naar nota 1137 waarin de verantwoording onder dezelfde hoofdstuknummers gegeven wordt.

6. STIKSTOFTOEVOER

6.1. N e e r s l a g

6.2. N - b i n d i n g

Voor deze beide posten worden dezelfde waarden aangehouden als in het eerste onderzoeksjaar te weten respectievelijk 20 en 40 kg N/ha/jaar.

6.3. B e m e s t i n g

6.3.1. Organische mest

De hoeveelheden organische mest welke gedurende de stalperiode als drijfmest en gedurende de weideperiode door het weidende vee worden uitgescheiden, kunnen worden afgeleid uit de gegevens, welke de grasland-gebruikskalender verschaftte.

In tabel 8 op bladzijde 57 van nota 1137 staat aangegeven dat per standaardgift van 20 ton drijfmest per ha in het najaar na mineralisatie 34 kg N ter beschikking komt en als nawerking van het vorige jaar 18 kg N, tesamen dus 52 kg N. Bij voorjaars-toediening is direct beschikbaar 50 kg N en als nawerking van het vorige jaar 2 kg N, tesamen dus eveneens 52 kg N.

In tabel 10 op bladzijde 60 van genoemde nota staat aangegeven dat gedurende de weideperiode per melkkoe ongeveer 0,16 kg N per dag per ha wordt uitgescheiden in de organische mest. Voor jongvee bedraagt dit 0,03 kg/ha/dag.

In de winter 1978/1979 is als standaardgift 25 ton drijfmest gegeven. Deze hoeveelheid bevat 110 kg N/ha. Aangezien alléén voorjaars-toediening van toepassing is, was direct beschikbaar $0,565 \times 110 = 62$ kg N/ha. Hierbij komt de nawerking van vorige jaren, welke gesteld mag worden op $0,275 \times 110 = 30$ kg N/ha. In de volgende tabel IV zijn de hoeveelheden zuivere stikstof, afkomstig uit runderdrijfmest, aangegeven. (Zie tabel 8 bladzijde 57 nota 1137). De hoeveelheid is voor alle percelen gelijk.

Tabel IV. Hoeveelheden minerale N in kg/ha afkomstig uit runderdrijfmest bij voorjaarstoediening en uit nawerking van vorige jaren

	Alle percelen:
vervluchtiging	$0,16 \times 110 = 18 \text{ kg N/ha}$
direct beschikbaar	$0,565 \times 110 = 62 \text{ kg N/ha}$ (op ijs uitgereden,
nawerking	$0,275 \times 110 = 30 \text{ kg N/ha}$ veel verloren gegaan)

In tabel 8 op bladzijde 57 van nota 1137 is voor vervluchtiging een aandeel van 16% opgegeven. Men kan zich echter afvragen op grond van andere onderzoeksresultaten of de verliezen, die hier gehanteerd worden niet wat klein zijn. Vervluchtiging is sterk afhankelijk van neerslag en luchtvochtigheid en het lijkt niet onwaarschijnlijk, dat de hoeveelheid stikstof, die werkelijk aan de bodem wordt toegevoegd, wat kleiner zal zijn dan in tabel IV aangegeven. Werkelijke gegevens hieromtrent ontbreken evenwel.

In tabel V is per perceel aangegeven hoeveel minerale stikstof tijdens de weideperiode door het weidende vee wordt uitgescheiden met de faeces. De standaard hoeveelheden zijn dezelfde als het vorig jaar en zijn weergegeven in tabel 10 op bladzijde 60 van nota 1137. De werkelijke hoeveelheden zijn verkregen door de standaard hoeveelheden per vee categorie en per dag te vermenigvuldigen met het aantal weidedagen, welke uit de grasland-gebruikskalender voor elk perceel kunnen worden gesommeerd. (Zie hiervoor grasland-gebruikskalender in bijlage E).

Een vergelijking met tabel 11 op bladzijde 60 van nota 1137 laat duidelijk zien, dat sommige percelen een duidelijk andere bestemming hebben gekregen. De verschillen worden nog duidelijker als ook de gemaaide hoeveelheden worden vergeleken (vergelijk tabel IX met tabel 15 op bladzijde 67 in nota 1137). Daaruit blijkt dat de bestemming van de volgende percelen in grote trekken hetzelfde is gebleven: 3, 3A, 4A, 6A.

Tabel V. Aantal weidedagen per perceel en per categorie met de ter beschikking komende hoeveelheden minerale stikstof

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Weidedagen								
grootvee/ha	1018	850	232	882	638	1448	270	668
jongvee/ha	55		156	43	43		417	
Kg N/ha								
direct beschikbaar	94	78	24	91	59	134	33	62
nawerking vorig jaar	16	14	4	14	10	23	5	11
nawerking jaren daarvoor	42	34	6	23	15	58	10	6
Totaal	152	126	34	128	84	215	48	89

Op de percelen 2 en 5A is, in tegenstelling tot vorig jaar, nu ook wat gemaaid, terwijl op perceel 4 nu minder gemaaid is. Op perceel 5B is nu minder geweid. Dit heeft tot gevolg, dat de nawerking van de weidemest van het vorig jaar iets andere waarden kan krijgen dan wanneer voor elk jaar hetzelfde schema wordt gehanteerd. Dit kan het best geschieden door het aandeel van de nawerking uit tabel 10 van nota 1137 toe te passen op de gesommeerde weidedagen van het vorig jaar en de andere factoren uit het schema op de gesommeerde weidedagen van dit jaar. De nawerking van de jaren daarvoor kan niet meer achterhaald worden omdat het gebruik van de percelen in die jaren niet bekend is. Aangenomen mag worden, dat er een zekere roulatie in de maaipercelen aanwezig is, zodat elk perceel op zijn beurt dezelfde beweidingsreductie krijgt. Bovendien wordt elk jaar de invloed van de nawerking van vorige jaren geringer.

Op grond van deze overwegingen worden de aantallen weidedagen uit tabel V vermenigvuldigd met 0,144 kg N/dag voor grootvee en met 0,027 kg N/dag voor jongvee. Deze worden aangevuld met het product van de aantallen weidedagen van vorig jaar (tabel 11 nota 1137) met het aandeel van de nawerking van vorig jaar, zijnde 0,016 kg N/dag voor grootvee en 0,003 kg N/dag voor jongvee.

6.3.2. Kunstmest

De hoeveelheden minerale stikstof, die met de kunstmest zijn toegevoegd, kunnen direct uit de grasland-gebruikskalender worden afgelezen.

Tabel VI. Totale hoeveelheden minerale stikstof per jaar welke met de kunstmest worden gegeven (in kg N/ha)

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
1978	385	349	382	448	458	453	342	413
1977	466	538	459	446	446	446	426	435

Opvallend is, dat de percelen 2, 3, 3A en 5B duidelijk minder kunstmest hebben gekregen. Er is geen samenhang te constateren met een wijziging van de bestemming van de percelen en er is ook geen compensatie in de drijfmestgift.

6.4. T o t a l e s t i k s t o f t o e v o e r

De totale stikstoftoevoer kan, op het effect van de mineralisatie na, dus alleen als direct gevolg van bedrijfstechnische maatregelen, worden samengevat met de vaststaande toevoegingen in neerslag en door biologische binding. Omdat in het kader van de milieu-effect rapportage ook aandacht wordt besteed aan luchtvervuiling wordt bij deze samenvatting ook het verlies door NH_3 -vervluchtiging opgenomen, welke voor de drijfmest wordt bepaald op 20% en bij weidemest op 7,5%.

Bij een vergelijking van de totale toevoer in beide onderzoeks-jaren dient in de afweging van de mogelijke oorzaken van de verschillen de overweging te worden betrokken, dat het weideseizoen in 1977 door klimatologisch gunstiger omstandigheden 3 à 4 weken langer heeft geduurd dan in 1978. In verband daarmee hebben danook meestal meer kunstmestgiftten plaats gehad; op de percelen 2, 3 en 3A 1 à 2 giftten méér (80 à 190 kg N méér), op de percelen 4 en 4A ook 1 gift

Tabel VII. Totale minerale stikstoftoevoer als direct gevolg van
bedrijfstechnische maatregelen, uit neerslag en als gevolg
van binding (in kg N/ha)

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Neerslag	20	20	20	20	20	20	20	20
N-binding	40	40	40	40	40	40	40	40
Drijfmest	92	92	92	92	92	92	92	92
Vervl. (afgerond)	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
Weidemest	152	126	34	128	84	215	48	89
Vervl.	-14	-11	- 4	-11	- 9	-19	- 7	- 9
Kunstmest	385	349	382	448	458	453	342	413
Totaal	723	658	592	759	723	819	569	643
Vorig jaar incl. vervl.	844	772	639	651	651	881	752	713

meer maar de totale verstrekte hoeveelheid is vrijwel gelijk gebleven, op de percelen 5A en 6A hetzelfde aantal giften en nagenoeg dezelfde totale hoeveelheid, terwijl op perceel 5B het aantal giften gelijk is gebleven, doch de totale hoeveelheid met + 80 kg N/ha is afgenomen.

7. STIKSTOFONTTREKKING

7.1. Gewasproductie

7.1.1. Beweiding

De belangrijkste post bij de stikstofonttrekking is de opname bij beweiding en de ruwvoederwinning. De gegevens voor de berekening van deze vorm van onttrekking worden geleverd door de grasland-gebruikskalender waarop de intensiteit van de beweiding valt af te lezen uit het aantal weidedagen en de hoeveelheid dieren van elke categorie (bijlage E).

Voor de berekening van de gewasconsumptie is het eerste onderzoeksjaar gebruik gemaakt van de normen van het proefstation van de rundveehouderij. Daarbij is wel gebleken dat de op die wijze berekende productie nogal hoog is uitgevallen. Producties van méér dan 12 ton ds/ha/jaar waren geen uitzondering en uit gesprekken met de bedrijfsleiding van Cranendonck is de onwaarschijnlijkheid van dergelijke hoge productiecijfers wel naar voren gekomen. Tevens is echter naar voren gekomen dat, juist op een proefboerderij, met zijn vele dooreenlopende proeven, alle reden is om een verminderde consumptie te veronderstellen in verband met bijvoeding met ruw- en krachtvoer.

Vergeleken met vorig jaar is de melkveestapel iets groter geworden namelijk gemiddeld 116,2 melkkoeien (tegen 106,2 vorig jaar). De melkproductie per koe is iets teruggelopen namelijk gemiddeld 5650 kg (tegen 5740 kg vorig jaar). Dit zijn evenwel wijzigingen van ondergeschikt belang en indien de normen van vorig jaar met dezelfde correcties opnieuw zouden worden toegepast, zou dit ongetwijfeld wederom tot ongeloofwaardig hoge productiecijfers kunnen leiden.

Aan het jaarverslag van Cranendonck kunnen de volgende algemene gegevens worden ontleend:

Melkvee:

Beperkt weiden wordt toegepast. Dat wil zeggen dat de koeien 's nachts op stal staan, waar ze met krachtvoer worden bijgevoerd, uiteraard ten koste van de grasconsumptie. De beperkte weidegang duurt 8 à 8½ uur per dag, hetgeen iets korter is dan waarop de normen zijn gebaseerd. Het gevolg hiervan is dat het vee vaak tijdens het grazen naar de stal wordt gedreven, wat verminderde opname tot gevolg heeft. Bovendien wordt daarbij gebruik gemaakt van een zogenaamd lokbrok van 0,8 kg, welke als krachtvoer te beschouwen is.

In de periode tussen 5 juni en 20 september is er voor 30 hoogproductieve koeien een verdringingsproef geweest, waarbij deze koeien zomerstalvoeding kregen. Voor deze koeien werd op verderaf gelegen percelen gemaaid. Op de grasland-gebruikskalender is ook zichtbaar, dat het aantal melkkoeien van + 113 plotseling afneemt tot + 83. Het aanbod van gemaaid gras voor deze proefkoeien was dusdanig ruim, dat er steeds wat overbleef. Het restant is steeds opgevoerd aan de

rest van de kudde, hetgeen de vers grasopname in een verhouding van $+ 1 : 1$ verminderde met een van dag tot dag variërende hoeveelheid. De beperkt weidende kudde kreeg per dag per dier 3 kg ds uit snijmais alsmede een krachtvoergift, welke was afgestemd volgens het zogenaamde koppelingsproject, dit wil zeggen dat boven een bepaalde melkgift krachtvoer wordt verstrekt. Het koppelingsproject heeft ten doel inzicht te verkrijgen in de koppeling van de hoeveelheid verstrekt voer en de door de dieren gegeven hoeveelheid melk, teneinde maximum rendement te verkrijgen uit de beschikbare voedingsmiddelen. Aangezien na het afkalven tijdens de lactatieperiode de melkgift eerst toeneemt tot $+ 29$ kg melk per dag en dan gedurende $+ 9$ maanden tot droogstand vrij regelmatig afneemt tot $+ 12$ kg melk per dag en daar ook nog individuele verschillen per dier doorheen spelen is niet aan te geven wat de krachtvoergift per dier is. Wel kan worden gezegd dat de verstrekte hoeveelheid 0,9 kg hoger was dan het advies.

Verder dient er rekening mee gehouden, dat tijdens de overgang van stal naar weide in het voorjaar een gemengd rantsoen wordt verstrekt en in de overgangsperiode in het najaar, als er niet voldoende grasaanbod meer is, eveneens.

Door al deze beperkingen lijkt de algemene formule, welke het eerste onderzoeksjaar is gebruikt om de voederopname te berekenen en welke te vinden is op bladzijde 14 onder 4.1 van de Normen minder goed bruikbaar en lijkt het juister uit te gaan van de gegevens in tabel 22 op bladzijde 36 van dezelfde Normen, waar bovengenoemde overwegingen wèl in zijn verwerkt. Nagegaan dient nog te worden van welke melkgift dient te worden uitgegaan. Hierbij dient overwogen, dat voor de verdringingsproef 30 hoogproductieve koeien zijn geselecteerd. Dit heeft tot gevolg dat de verdeling der standaardkudde naar gemiddelde melkgift een ander beeld te zien geeft, omdat de hoogproductieve koeien in deze verdringingsproef zijn opgenomen en niet meer weiden, hetgeen in het volgende overzicht tot uiting komt.

	voorkomen		standaard
	<u>proef</u>	<u>B.W.</u>	<u>melkgift</u>
eerste kalfskoeien		22%	4417 kg
tweede kalfskoeien		22%	4982 "
oudere koeien I	11%	30%	6010 "
" " II	8%		7037 "
" " III	7%		8064 "

B.W. = beperkt weiden

De genoemde tabel 22 van de Normen gaat er voor de in aanmerking komende melkgiften voor wat de opname aan weidegras betreft, als volgt uitzien: (in kg ds/mk/dag)

	bij melkproductie van:		
	4500 kg	5000 kg	6000 kg
Overgang voorjaar			
eerste week	4,5	4,6	4,7
tweede week	10,-	10,4	11,1
weideseizoen	11,7	12,4	13,6
Overgang najaar			
eerste week	11,2	11,7	12,7
laatste week	6,5	6,8	7,4

Bij bovenstaande Normen is uitgegaan van een dagelijkse krachtvoergift van 2,4 kg ds/mk/dag. Rekening houdend met het feit, dat op Cranendonck 0,9 kg/dag/mk méér is gegeven dan het advies, dat door de eisen van het koppelingsproject méér krachtvoer is gegeven dan volgens de Normen, dat dagelijks een lokbrok van 0,8 kg is verstrekt, dat de restanten vers gras van de proef met de 30 proefkoeien ook aan de weidende veestapel is opgevoerd en dat 3 kg ds/dag uit snijmais is gegeven, is er reden om de bovenstaande grasconsumpties te verminderen met 4 à 5 kg ds/mk/dag, tijdens het weideseizoen.

Volgens de in verband met de verdringingsproef gewijzigde samenstelling van de standaard veestapel geldt voor 30% van het beperkt weidende melkvee dan een standaardgrasconsumptie van 7,5, voor 30% van 8,2 en voor de resterende 40% van 9,3 kg ds/mk/dag. De grasproductie kan worden berekend door aan deze consumpties 18% beweidingsverliezen toe te voegen, waardoor de uiteindelijke productiecijfers 8,8 (30%), 9,7 (30%) en 11 (40%) bedragen.

De ruwvoederconsumptie van jongvee is vastgesteld op grond van een uit de Normen afkomstig overzicht, dat weergegeven is op bladzijde 65 van nota 1137. Ook voor vaarzen is de norm van 8,5 kg ds/dier/dag aangehouden. In verband met het feit, dat ook voor jongvee en vaarzen rekening dient te worden gehouden met krachtvoergiften, die iets hoger zijn dan waar in genoemde Normen van is uitgegaan, lijkt het verantwoord de daardoor verhoogde aftrek van grasconsumptie te laten wegvallen tegen de beweidingsverliezen, waardoor de grasproductie per dier per dag voor vaarzen is vastgesteld op 8,5 kg ds, voor pinken op 5,2 kg ds en voor kalveren op 3,2 kg ds.

De aantallen weidedagen zijn uit de grasland-gebruikskalender per veecategorie gesommeerd waarbij rekening is gehouden met de overgangsperioden in voor- en najaar, waarvoor een extra verlaagde grasconsumptie geldt. Deze aantallen weidedagen zijn voor de weide mestproductie reeds gesommeerd weergegeven in tabel V. In tabel VIII zijn de onttrekkingen door beweiding weergegeven, zowel in kg ds/ha/jaar, als in kg N/ha/jaar.

Duidelijk blijkt, dat de berekende onttrekking van stikstof door beweiding aanzienlijk lager is dan in 1977. Dit is dus het gevolg van een correctie op de in 1977 toegepaste voedernorm, waardoor de berekende grasconsumptie veel méér dan in 1977 de werkelijkheid benadert.

Daarnaast komen per perceel tussen beide onderzoeksjaren onderlinge verschillen voor welke het gevolg zijn van bestemmingsveranderingen. Enkele percelen zijn nu duidelijk maaipercelen geworden. Deze verschillen kunnen worden gecompenseerd, als de onttrekking door maaien bij die door beweiding wordt gevoegd.

Tabel VIII. Onttrekking door beweiding in kg ds en kg N/ha/jaar

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Melkkoeien	7862	5998	1248	7988	5588	11 976	2700	6664
Vaarzen	42	40	40	164	126	180		15
Pinken	316			192	192			
Kalveren	10		499				1333	
Totaal kg ds/ha	8230	6038	1787	8344	5906	12 156	4033	6679
Idem kg N/ha	247	181	54	250	177	365	121	200
Te verg. idem '77	476	369	254	321	321	590	352	266

1 kg ds bevat 3% stikstof

7.1.2. Maaien

Maaien heeft dit jaar op alle proefpercelen plaatsgevonden. Meestal heeft dit voederwinning door middel van voordroogkuil ten doel gehad en een enkele keer de winning van hooi, terwijl op perceel 5B gemaaid is voor zomerstalvoeding. Volgens de Normen bedraagt de aftrek in dat geval 2 kg droge stof/dier/dag vergeleken bij de opname bij onbeperkt weiden. Bij onbeperkt weiden wordt de standaardopname berekend op 15,23 kg ds/dier/dag. Inclusief de aftrek voor zomerstalvoeding en het oogstverlies van + 10% wordt de productie voor elke koe vastgesteld op 14,55 kg ds/dier/dag.

De netto-opbrengst van het maaien voor andere doeleinden is reeds in de grasland-gebruikskalender in kg droge stof opgegeven en behoeft derhalve slechts met 25% oogstverlies te worden vermeerderd om de bruto productie te krijgen.

In de volgende tabel zijn alle maaigegevens verzameld.

Tabel IX. Bruto grasproductie en daarmee samenhangende stikstofonttrekking als gevolg van maaien voor conservering en zomerstalvoeding

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Conservering k ds	3250	3125	9375	2500	5000	3000	4875	3125
Zomerstalvoed. kg ds							1000	
Totale onttr. kg ds/ha	3250	3125	9375	2500	5000	3000	5875	3125
Idem kg N/ha	98	94	281	75	150	90	176	94
Idem 1977	0	132	264	180	180	-	131	83

7.1.3. De totale stikstofonttrekking door beweiding en maaien kan nu worden samengevat en vergeleken met die van het 1e onderzoeksjaar.

Tabel X. Bruto grasproductie en daarmee samenhangende totale stikstofonttrekking als gevolg van beweiding en ruwvoederwinning tesamen

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A	totaal
Tot.onttr. kg ds/ha	11 480	9163	11 162	10 844	10 906	15 155	9908	9804	
Tot.onttr. kg N/ha	345	275	335	325	327	455	297	294	2653
idem 1977	476	501	518	501	501	590	483	349	3919

Een gedeeltelijke compensatie van de verminderde stikstofonttrekking als gevolg van minder beweiden door méér maaien heeft plaatsgevonden op de percelen 2,3A,4A en 5B. terwijl op perceel 4 juist het omgekeerde heeft plaatsgevonden.

De totale onttrekking is op alle proefpercelen in totaal afgenomen van 3919 tot 2653 kg N/ha/jaar. Dit is hoofdzakelijk het gevolg van

de toepassing van gecorrigeerde voedernormen, doch tevens zal dit ongetwijfeld in verband staan met de langere duur van de weideperiode in 1977 (3 à 4 weken). De weideperiode heeft in 1977 15% langer geduurd dan in 1978, waardoor de totale onttrekking zeker hoger is geweest dan in 1978.

8. UITSPOELING

De kwantificering van de uitspoeling kan op tweeërlei wijze plaatsvinden namelijk door de afvoer van de percolerende neerslagoverschotten met de stikstofconcentraties in het bovenste grondwater te combineren en door het verschil te bepalen van de aanwezige minerale stikstof in de bodem tot eenzelfde diepte in najaar en voorjaar. Hierbij dient, indien de laatstgenoemde methode als een controle op de eerstgenoemde gedacht is, de afvoer in eenzelfde winterperiode, vergeleken te worden. Zomerafvoeren zijn evenwel ook mogelijk, doch dienen dan afzonderlijk bepaald te worden. In de volgende tabel zijn alle gegevens verzameld, welke leiden tot een berekening van de grootte van de uitspoeling volgens eerstgenoemde methode in de winter.

De zomerafvoer bedraagt 107 mm. Aangezien de aangetroffen N-concentraties in het bodemvocht gemiddeld 30 mg N/l bedroeg, kan de zomeruitspoeling op 32 kg N/ha gesteld worden.

De totale uitspoeling, uitgedrukt in procenten van de toevoer, is vergeleken bij vorig jaar gestegen van gemiddeld 11 naar gemiddeld 32%, hetgeen goed te verklaren is uit de sterk gestegen winterneerslag.

In hoofdstuk 4.1.3. is uiteengezet, dat de uitspoelingsperiode op uiteenlopende data als geëindigd kan worden beschouwd, doch dat dan met verschillende afvoeren dient te worden gerekend. Duidelijk zij gesteld, dat de afvoer, welke in tabel XI gebruikt is, als winterafvoer dient te worden beschouwd, welke overeenkomst moet vertonen met het verschil tussen een najaars- en voorjaarsbemonstering op minerale stikstof in de bodem, indien althans de juiste uitspoelingsdiepte is gekozen. Deze bemonsteringen op minerale stikstof hebben

Tabel XI. Stikstofuitspoeling gedurende de winter berekend uit afvoer van neerslagoverschot en N-concentratie in het bovenste grondwater

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Winterafvoer in mm	270	270	270	250	250	270	270	270
N-conc. bovenste grondw. in mg/l (zie bijlage E2)	81	72	61	67	67	79	80	74
Uitsp. in kg N/ha	220	195	165	167	167	214	217	200
Totale toevoer in kg N/ha (tabel VII)	727	658	594	760	733	866	597	689
Totale uitsp. (incl. zomer)	252	227	197	199	199	246	249	232
Uitsp. in % v. toevoer	34,6	34,5	33,2	26,2	27,1	28,4	41,7	33,7
Berekening: 250 mm afvoer = 0,25 m x 100 m x 100 m = 2500 m ³ /ha/jaar								
45 mg N/l = 45 g N/m ³								
45 x 2500 = 112 500 g N/ha/jaar = 112,5 kg N/ha/jaar								

plaatsgevonden in november 1978 en april 1979. In tabel III zijn van bovengenoemde bemonsteringen de analyseresultaten weergegeven. Wat in de periode tussen de najaarsbemonstering van eind november 1978 en de voorjaarsbemonstering van eind april 1979 uit het profiel tot een zekere uitspoelingsdiepte is verdwenen, moet ongeveer overeenkomen met wat in het bovenste grondwater in het voorjaar van 1979 aan minerale stikstof wordt aangetroffen. Deze veronderstelling dient als uitgangspunt voor de hierna volgende berekening.

Vooruitlopend op hetgeen in hoofdstuk II aan de orde komt namelijk de berekening van de hoeveelheid stikstof in omloop (N_0) waarvoor kennis van β onontbeerlijk is, dient hier reeds te worden begonnen met de vaststelling van de waarde van β , indien van bovenomschreven controle op de uitspoeling door vaststelling van het verschil tussen de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in najaar en voorjaar gebruik wordt gemaakt. De grootteorde van β kan op twee manieren worden vastgesteld namelijk uitgaande van de waterhuishouding en

uitgaande van de stikstofhuishouding. Voor beide benaderingsmethoden is evenwel kennis nodig van de uitspoelingsdiepte, die bovendien voor toepassing van beide methoden dezelfde moet zijn. De uitspoelingsdiepte wordt in hoge mate bepaald door de mate van capillaire opstijging en de bewortelingsdiepte in het groeiseizoen en tevens enigszins door de hoogst voorkomende grondwaterstand in de winter. De capillaire opstijging vindt plaats in een zone van vooralsnog onbekende dikte vanuit het freatisch vlak naar boven, terwijl de beworteling een zone vanuit het maaiveld naar beneden toe inneemt. Op de onderhavige percelen is tijdens het groeiseizoen de grondwaterstand zô laag (berekening!) dat beide zones nog door een stuk niemandsland gescheiden worden. Daardoor wordt de keuze van de uitspoelingsdiepte zonder nadere profielgegevens enigszins arbitrair en kan beter een methode worden gevolgd welke meer uitzicht op resultaat biedt.

Bij deze methode wordt β afzonderlijk, zowel uitgaande van de waterhuishouding als uitgaande van de stikstofhuishouding, vastgesteld voor enkele standaarduitspoelingsdiepten, in dit geval 60, 80 en 100 cm. De diepte, waarbij de berekende β volgens beide methoden in dezelfde grootteorde ligt, wordt als de uitspoelingsdiepte beschouwd.

Uitdrukkelijk dient gesteld, dat het hier gaat om de winteruitspoeling, gemarkeerd door twee bemonsteringen op minerale stikstof in de bodem in najaar en voorjaar. Een eventuele zomeruitspoeling dient als onderdeel van de stikstofbalans nog te worden toegevoegd aan de onttrekkingen. Deze zomeruitspoeling is op grond van incidenteel voorkomende afvoer vastgesteld op ± 32 kg N/ha [zomerafvoer is vastgesteld op 107 mm (zie hoofdstuk 4.1.1.) N-concentratie in het bodemvocht gemiddeld 30 mg N/l. Gemiddelde zomeruitspoeling dus 32 kg N/ha].

Strikt genomen zou ook rekening moeten worden gehouden met het winteraandeel van mineralisatie, humificatie en denitrificatie. Aangezien deze hoeveelheden echter in ieder geval gering zijn en elkaar bovendien nog gedeeltelijk opheffen, is hiermee geen rekening gehouden.

De vaststelling van de grootte van β uitgaande van de waterhuishouding vindt plaats volgens de methode, door Rijtema aangegeven op bladzijde 17 van nota 982 in fig. 4.

Nodig zijn hiervoor de vochtinhouden in najaar en voorjaar benevens kennis van afvoer en berging. De vochtinhouden zijn gesommeerd op grond van standaard pF-curven, waaruit de evenwichtsvochtgehalten zijn berekend bij de in het voorjaar van 1979 gemeten grondwaterstanden. De vochtinhouden in het voorafgaande najaar, welke geen evenwichtsvochtinhouden behoeven te zijn, zijn afgeleid uit vochtbemonsteringen, welke omstreeks dat tijdstip zijn uitgevoerd. Het verschil tussen beide vochtinhouden tot eenzelfde diepte vormt de berging (ΔV) en de afvoer is reeds berekend en weergegeven in tabel XI.

In tabel XII zijn alle gegevens voor de berekening van β uitgaande van de waterhuishouding benevens de aflezing van β in genoemde fig. 4 bijeengebracht.

De benadering van de waarde van β uitgaande van de stikstofhuishouding, heeft plaats door toepassing van:

$$\beta = \frac{N_{\text{voorj}}}{N_{\text{naj}}} \quad (1)$$

Nu is tijdens de uitspoelingsperiode nog drijfmest gegeven en wel in februari 1979. Het minerale aandeel van deze drijfmest telt niet mee voor de vaststelling van het verschil tussen N_{naj} en N_{voorj} . In de korte tijd die verstreken is tussen drijfmestgift en voorjaarsmonsternamen, kan dit minerale aandeel het bovenste grondwater nog niet bereikt hebben en komt derhalve niet voor in de analyse van N_1 . Het vormt echter wel een deel van de voorjaarsbemonstering op minerale stikstof, zodat het daarvan eerst afgetrokken dient te worden alvorens het verschil tussen N_{naj} en N_{voorj} te kunnen gebruiken voor controle op N_1 . Dus:

$$N_1 = N_{\text{naj}} - (N_{\text{voorj}} - N_{\text{org}})$$

Voor de grootte van N_{org} staat in tabel IV 62 kg N/ha aangegeven. Deze drijfmest is evenwel uitgereden onder zeer winterse omstandigheden,

Tabel XII. Vaststelling van de uitspoelingsdiepten benevens de daarbij behorende waarden van β uit fig. 4 van het model van Rijtema
(vochtinhouden afgeleid uit tabel I)

Uitspoelingsdiepte		60 cm				80 cm				100 cm				Uiteindelijk gekozen β bij uitsp. diepte tabel XIII
Perceel	Gr.w.st. eind apr. '79 in cm	vochtinhoud eind nov. '78 apr. '79 in mm	berging ΔV	afvoer A	afl. β fig. 4	vochtinhoud eind nov. '78 apr. '79 in mm	berging ΔV	afvoer A	afl. β fig. 4	vochtinhoud eind nov. '78 apr. '79 in mm	berging ΔV	afvoer A	afl. β fig. 4	
2	180	130	0	270	0,09	150	0	170	0,11	170	0	270	0,14	0,19
3	150	160	0	270	0,12	190	0	270	0,20	215	0	270	0,28	0,28
3A	90	180	10	260	0,20	220	20	250	0,39	270	20	250	0,58	0,30
4A	120	160	5	265	0,125	210	15	255	0,34	270	20	250	0,58	0,34
4A	90	180	0	270	0,15	230	10	260	0,39	270	20	250	0,58	0,27
5A	160	120	0	270	0,07	150	0	270	0,10	170	0	270	0,14	0,21
5B	140	135	0	270	0,08	160	0	270	0,12	180	0	270	0,18	0,18
6A	110	170	0	270	0,14	200	0	270	0,23	230	0	270	0,30	0,27

waardoor indringing in de grond belemmerd werd en het verlies door vervluchtiging sterk is verhoogd. Daarom zal met een N_{org} van 50 kg N/ha rekening worden gehouden.

Omdat β uitdrukkelijk omschreven staat als de fractie van de minerale stikstof, die in het najaar aanwezig is en niet gedurende de winter uitspoelt of denitrificeert dient hierbij het aandeel van de minerale stikstof in de drijfmest buiten de berekening te worden gehouden.

$$\beta = \frac{N_{voorj}}{N_{org}} \quad (1) \text{ dient derhalve te worden gelezen als:}$$

$$\beta = \frac{N_{voorj} - N_{org}}{N_{naj}} \quad \text{of} \quad \beta N_{naj} = N_{voorj} - N_{org} \quad (1A)$$

Omdat gesteld is dat:

$$N_1 = N_{naj} - N_{voorj} \quad (2) \text{ dient hiervoor geschreven:}$$

$$N_1 = N_{naj} - (N_{voorj} - N_{org}) \text{ of } N_1 = N_{naj} - \beta N_{naj}$$

$$\text{of } N_1 = (1 - \beta) N_{naj} \quad (3)$$

In tabel III zijn de gesommeerde waarden voor N_{naj} en N_{voorj} voor de drie uitspoelingsdiepten 60, 80 en 100 cm bijeengebracht, terwijl N_1 in tabel XI kan worden gevonden.

Door toepassing van (3) kan N_{naj} worden berekend uit N_1 (tabel XI) en β (tabel XII) zonder dat N_{voorj} behoeft te worden gebruikt.

De in tabel XII gebruikte vochtinhouden zijn afgeleid uit tabel I, welke weer gesommeerd zijn uit de vochtbemonsteringsresultaten in bijlage C.

Vervolgens kan door toepassing van (1A) N_{voorj} worden bepaald voor de drie uitspoelingsdiepten. Beide laatstgenoemde bewerkingen (N_{naj} en N_{voorj}) zijn verricht in tabel XIII met gebruikmaking van respectievelijk (3) en (1A).

De uitkomsten in tabel XIII behoeven slechts vergeleken te worden met de gesommeerde waarden in tabel III om de uitspoelingsdiepten vast te stellen. De uitspoelingsdiepte welke zowel in tabel III

Tabel XIII. Berekende waarden voor $N_{\text{naj.}}$ en $N_{\text{voorj.}}$ voor de drie verschillende uitspoelingsdiepten in kg N/ha

Perceel	Bij uitspoelingsdiepte			Uiteindelijk gekozen uitspoelingsdiepte (zie ook tabel III) in cm
	60 cm	80 cm	100 cm	
2	242	247	256	120
3	222	244	271	100
3A	206		393	70
4	191	253	398	80
4A	196		398	70
5A	230	238	249	120
5B	236	247	265	100
6A	232	260	285	90

$$N_{\text{naj.}} \text{ uit: } N_1$$

$$N_{\text{voorj.}} \text{ uit: } N_{\text{naj.}} + N_{\text{org}} - N_1$$

$$N_{\text{org}} = 50 \text{ kg N/ha}$$

voor β zie tabel XII

als in tabel XIII vrijwel dezelfde voorraad minerale N vertoont, is de juiste. Deze diepte is in tabel XIII aangegeven. De bij deze uitspoelingsdiepte behorende waarde voor β is in tabel XII aangegeven.

De benadering van de waarde van β via de stikstofhuishouding kan op veel minder exacte wijze plaatsvinden, omdat de uitspoelingsdiepte slechts benaderenderwijs kan worden vastgesteld. De controle op de gevonden waarden van β door vergelijking van uit N_1 berekende waarden voor N_{naj} en N_{voorj} met gesommeerde bemonsteringsresultaten van N_{naj} en N_{voorj} bij e e n z e l f d e uitspoelingsdiepte is zeer efficiënt gebleken. De hooggelegen percelen blijken de grootste uitspoelingsdiepte (100 cm) te vertonen, terwijl de lager gelegen percelen, die ook humeuzer en/of lemiger zijn een geringere uitspoelingsdiepte blijken te hebben (60 à 80 cm).

De toepassing van de betrekking

$$\beta = \frac{N_{voorj} - N_{org}}{N_{naj}}$$

houdt in, dat de winterdenitrificatie verwaarloosbaar klein wordt geacht. Daarom komt in de formule (3) $N_1 = (1-\beta) N_{naj}$ de term α_w niet meer voor. De hier gevolgde methode om zowel via de stikstof- als via de waterhuishouding de waarde van β vast te stellen onderstreept nog eens de waarde van vochtmetingen waardoor de vochtinhoud op elk gewenst moment als ingang kan worden gebruikt.

9. WORTELMASSA

De hoeveelheid droge stof, die in de ondergrondse plantendelen wordt vastgelegd wordt voorgesteld door:

$$P_w = \frac{1}{0,375 P + 0,25}$$

waarin: P = de bruto droge stofproductie van bovengrondse plantendelen in ton/ha

P_w = de droge stofproductie van de wortels (als fractie van P)

P wordt gevonden in de tabellen VIII en IX die de grasproductie door beweiding en ruwvoederwinning weergeven.

Tabel XIV. De N-onttrekking in de wortelmassa uit de grasproduktie voor beweiding en ruwvoederwinning

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Beweiding*	8230	6038	1787	8344	5906	12 156	4033	6629
Maaien**	3250	3125	9375	2500	5000	3 000	5875	3125
P in ton/ha	11,5	9,2	11,2	10,8	10,9	15,1	9,9	9,8
P _w in % van P	21,9	27,-	22,5	23,3	23,-	16,9	25,3	25,4
P _w in kg ds/ha	2519	2484	2520	2526	2507	2 552	2505	2489
P _w in kg N/ha	75,6	74,5	75,6	75,5	75,2	76,6	75,1	74,7

*uit tabel VIII in kg ds/ha

**uit tabel IX in kg ds/ha

10. VOORLOPIG SALDO

Alle posten op de stikstofbalans, die kwantificeerbaar waren aan de hand van eigen waarnemingen en door toepassing van normen, zijn nu berekend. Alvorens aan de zogenaamde 'moeilijke' posten te weten denitrificatie, humificatie en mineralisatie te beginnen, lijkt het zinvol een voorlopig overzicht op te stellen, hetgeen in onderstaande tabel is geschied.

Tabel XV. Voorlopig overzicht van totale toevoer (minus mineralisatie) en van totale onttrekking (minus humificatie en denitrificatie) en het verschil daarvan (met dezelfde gegevens van 1977 ter vergelijking) in kg N/ha

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Toevoer 1977	814	759	630	640	640	846	726	690
Onttrekking 1977	625	661	664	648	648	759	648	491
Vershil 1977 (toevoer-onttr.)	189	98	-34	- 8	- 8	87	78	199
Toevoer 1978 (tabel VII)	723	658	592	759	723	819	569	643
Onttr. 1978 (tabel VIII, XI, XIV)	542	496	566	582	589	661	543	543
Vershil 1978 (toevoer-onttr.)	181	162	26	177	134	158	26	100

Een vergelijking van het saldo tussen 1977 en 1978 gaat mank door de toepassing van de gecorrigeerde voedernormen, waardoor de onttrekking door beweiding in 1978 veel kleiner is geworden. Een vergelijking per perceel is door bestemmingswijzigingen niet goed mogelijk. Bovendien is in 1977, als gevolg van de langere weideperiode de totale toevoer door een extra kunstmestgift wat groter geweest. Omdat de beweiding ongeveer 35% van het totaal van de voorlopige onttrekking uitmaakt en door de nieuwe berekeningswijze de onttrekking door de beweiding + 37% kleiner is geworden, is de totale voorlopige onttrekking + 13% kleiner geworden. Als gevolg van door elkaar heen spelende invloeden is echter een directe vergelijking van voorlopige toevoer en onttrekking van beide onderzoeksjaren niet goed mogelijk.

Een dergelijk overzicht zegt alléén iets over de directe invloed van bedrijfstechnische maatregelen en van klimatologische factoren als bijvoorbeeld de grootte van het neerslagoverschot op de toevoer en de onttrekking en niets over de invloed op de biochemische processen, die als 'moeilijke' posten worden samengevat.

Een indicatie over de grootte van het saldo van de zogenaamde 'moeilijke' posten kan worden verkregen door het overzicht uit tabel XV uit te breiden met een inventarisatie van de begin- en eindvoorraad minerale stikstof in de bodem. Een dergelijke saldo-berekening ziet er als volgt uit (zie tabel XVI).

De saldi lijken per perceel nogal uiteen te lopen. Bedacht dient te worden, dat de uitspoelingsdiepten die voor het voorjaar 1978 zijn gehanteerd niet hetzelfde zijn als voor het voorjaar 1979. Het aldus berekende saldo dient dan ook als niet meer dan een indicatie te worden gezien.

Tabel XVI. Benadering van het saldo van de zogenaamde 'moeilijke' posten door
sommatie van beginvoorraad, toevoer, onttrekking en eindvoorraad
(in kg N/ha)

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Beginvoorraad voorjaar 1978*	162	85	85	95	66	137	151	90
Totale toevoer (tabel XIV)	723	658	592	759	723	819	569	643
	885	743	677	854	789	956	720	733
Totale onttrekking (tabel XIV)	542	496	566	582	589	661	543	543
	343	247	111	272	200	295	177	190
Eindvoorraad voorjaar 1979**	58	64	78	76	59	66	75	75
Saldo	285	183	33	196	141	229	102	115

*uit tabel 21 nota 1137: p N-naj.

**uit tabel III en tabel XIII

11. DE ZOGENAAMDE 'MOEILIJKE' POSTEN OP DE STIKSTOFBALANS TE WETEN MINERALISATIE, DENITRIFICATIE EN HUMIFICATIE

De posten op de stikstofbalans die thans aan de orde zijn, zijn op praktijkbedrijven op geen enkele wijze door veldonderzoek kwantificeerbaar. De hoeveelheden die met deze posten gemoeid zijn, kunnen alleen benaderd door toepassing van modelmatig verkregen formules van RIJTEMA (nota 982). Mede terwille van de vergelijkbaarheid met de resultaten van de berekeningen uit het eerste onderzoeksjaar lijkt het gewenst eenzelfde berekeningsprocedure te volgen, met dien verstande, dat, waar mogelijk en beschikbaar, analyse-resultaten van bemonsteringen zullen worden ingelast om aan de berekeningen een vastere basis te geven.

11.1. S t i k s t o f i n o m l o o p (N_o)

Het begrip stikstof in omloop, door RIJTEMA geïntroduceerd in zijn modelstudie, komt in alle formules voor, die kwantificering van de 'moeilijke' posten ten doel hebben. Wat eronder verstaan wordt

is omschreven in nota 1137 op bladzijde 54.

Voor de waarden van de coëfficiënten α en β (α = denitrificatie-coëfficiënt en β staat voor de fractie van de minerale N, die in het najaar aanwezig is en niet gedurende de winter denitrificeert of uitspoelt) zijn in het vorige jaar standaardwaarden gekozen uit tabel 9 op bladzijde 23 van nota 982 op grond van klimatologische en hydrologische factoren. Dit tweede onderzoeksjaar staan analyse-resultaten van bemonsteringen ter beschikking, welke realisatie van een tweetal doelstellingen binnen bereik brengen:

- 1e. Toetsing van de standaardwaarden voor α en β door RIJTEMA opgegeven voor de betreffende percelen.
- 2e. Een nauwkeuriger berekening van de hoeveelheid stikstof in omloop.

In hoofdstuk VIII is reeds uitvoerig aandacht besteed aan de vaststelling van β , omdat de in dat hoofdstuk aan de orde zijnde uitspoeling, berekend uit afvoer en concentratie van minerale stikstof in het bovenste grondwater een verband dient te vertonen met het verschil tussen de in het najaar en in het voorjaar in de bodem tot een bepaalde uitspoelingsdiepte aanwezige hoeveelheid minerale stikstof.

Aangezien de vergelijking van de uit de waterhuishouding en uit de stikstofhuishouding verkregen resultaten alleen bij eenzelfde uitspoelingsdiepte kan plaatshebben, was het onontkoombaar bij die berekening de waarde van β vast te stellen. Deze waarde is af te lezen in tabel XII en wel bij de uitspoelingsdiepten, welke in de tabellen III en XIII omlijnd zijn omdat zij bij dezelfde uitspoelingsdiepten nagenoeg dezelfde waarden voor N_{naj} en N_{voorj} te zien geven. In tabel XVII zijn deze β -waarden nog eens gerangschikt.

Tabel XVII. Berekende β -waarden met de gekozen uitspoelingsdiepten

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Uitspoelingsdiepte in cm	120	100	70	80	70	120	100	90
β	0,19	0,28	0,30	0,34	0,27	0,21	0,18	0,27

De voor de berekening van N_0 onontbeerlijke kennis van α kan niet meer verkregen worden door toepassing van

$$N_1 = (1 - \beta - \alpha_w) N_{naj}$$

omdat de winterdenitrificatie verwaarloosbaar klein wordt geacht, waardoor bovenstaande formule overgaat in: $N_1 = (1 - \beta) N_{naj}$ (zie hoofdstuk VIII).

Deze ingang om de waarde van α te bepalen, was toch al niet aanbevelenswaardig omdat tevens gebruik diende te worden gemaakt van de vaste verhouding $\alpha_z = 3 \alpha_w$, welke in het model van Rijtema staat aangegeven. Deze verhouding lijkt in zoverre aanvechtbaar, dat ze misschien wel opgaat als gemiddelde verhouding voor een geheel bedrijf over een reeks van jaren maar niet meer voor één perceel en één bepaald jaar, omdat deze verhouding dan te zeer onderhevig is aan klimatologische omstandigheden, die juist van jaar tot jaar sterk kunnen verschillen.

Voorshands lijkt er evenwel geen andere methode beschikbaar om de grootte van N_0 te bepalen dan de hiervoor onontbeerlijke α_z te schatten op grond van waterhuishoudkundige overwegingen, bij gebruikmaking van formule (10a) op bladzijde 72 van nota 1137 welke door het wegvallen van α_w overgaat in

$$N_0 = N_{p1} + \frac{N_1 - (1-\beta)(10,24n)}{(1-\alpha_z)(1-\beta)}$$

Op dezelfde bladzijde staan de door Steenvoorden herziene waarden van α_z welke in onderstaand overzicht nog eens tegenover de oude worden gesteld:

oude α_z waarden		nieuwe α_z waarden	
Weer	α_z	Vochtconditie bodem	α_z
nat	0,70	pF 0	0,85
gemiddeld	0,60	pF 1,7	0,76
droog	0,50	pF 2,4	0,65
		pF 2,9	0,45
		pF 3,4	0,20

Uitgegaan zal worden van een schatting voor de waarde van α_z van ongeveer 0,6. Hiervoor geldt de overweging, dat vooral het eerste deel van het groeiseizoen in 1979 natter was dan in 1978, terwijl bij het vaststellen van de waarde van α_z in 1978 (0,4) onvoldoende rekening is gehouden met het effect van de berekening. In onderstaande tabel is de berekening van de waarde van N_o , uitgaande van een schatting van α_z van 0,45 - 0,55, verricht.

Tabel XVIII. Benadering van de waarde van N_o met N_1 als uitgangspunt en voor α_z de waarde 0,45-0,55 (in kg N/ha)

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
10,24 n	58	60	23	55	40	89	21	69
N_1 (tabel XI)	220	195	165	167	167	214	217	200
$1-\beta$ (tabel XII)	0,81	0,72	0,70	0,66	0,73	0,79	0,82	0,73
N_{pl} (tabel XIV)	421	351	412	399	402	530	372	369
gekozen α_z	0,55	0,55	0,45	0,50	0,50	0,55	0,55	0,55
N_o	895	820	799	796	780	1042	914	826

11.2. Denitrificatie (N_d)

De denitrificatie is berekend met de modelmatig verkregen formule $N_d = \alpha_z (N_o - N_{pl})$. Hierbij dient nogmaals aangetekend, dat het hier de zomerdenitrificatie betreft, dat de winter denitrificatie verwaarloosbaar klein wordt geacht en dat derhalve de verhouding $\alpha_z = 3 \alpha_w$ voor dit ene jaar niet van toepassing is.

Tabel XIX. Denitrificatie (N_d) in kg N/ha

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
N_d (kg N/ha)	261	258	174	199	189	282	298	251

11.3. Humificatie (N_h)

De humificatie wordt in het model van RIJTEMA weergegeven door de volgende formule:

$$N_h = 30 \left[0,27a + \frac{0,47}{0,375P + 0,25} \right] P + 25,7 n + 0,12 N_o$$

De humificatie omvat drie componenten namelijk de oogstverliezen, de wortelmassa en de immobilisatie (vastlegging). De oogstverliezen worden vastgesteld door a . In hoofdstuk 7.1.2. is rekening gehouden met een oogstverlies van 10% bij zomerstalvoeding en 25% bij maaien voor conservering. Het oogstverlies a wordt derhalve gesteld op 0,2. In hoofdstuk 4.3 van nota 982 wordt afgeleid, dat 27% van de oogstverliezen wordt vastgelegd. Ook wordt afgeleid, dat het aandeel van de organische mest, dat wordt vastgelegd voorgesteld kan worden door $25,7 n$, waarin n de veebezetting in gve/ha is. De humificatiecoëfficiënt voor de wortelmassa zou 47% bedragen, doch volgens meer recente inzichten zou dit percentage wellicht hoger liggen. Tenslotte is er ook nog de stikstof, die door bacteriologische activiteit uit minerale N tot organische N wordt omgezet en welke 12% van N_o zou bedragen.

In tabel XX is de berekening van de met humificatie gemoeide hoeveelheden minerale stikstof op de voet gevolgd.

Tabel XX. Humificatie (N_h) in kg N/ha

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Wortelmassa = 0.47: (0,375 P + 0,25)	0,103	0,127	0,106	0,109	0,108	0,080	0,119	0,120
Verlies 0,27a	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054
Wortelm. + verlies								
kg N/ha	54	50	54	53	53	61	51	51
25,7 n	144	150	57	138	100	223	53	172
0,12 N_o	107	98	96	95	94	125	110	99
N_h totaal	305	298	207	233	247	409	214	322

(In geval de humificatie van de wortels hoger zou liggen dan 0,47 en bijvoorbeeld 1 zou bedragen, zou N_h totaal $\pm$ 60 kg N/ha hoger worden).

11.4. Mineralisatie (N_m)

Onder mineralisatie kan kortweg worden verstaan de hoeveelheid stikstof in omloop verminderd met alle stikstof die reeds in minerale vorm is toegedien. Dit kan worden omschreven als: N_o minus N_{add} =

$N_{kunstmest}$, $N_{neerslag}$ en $N_{atm.binding}$

N_{eff} van de organische mest, hetgeen bestaat uit:

het minerale aandeel van de organische mest

= $N_m = 0,565 N_t$ voor drijfmest bij voorjaarsbemesting

= $N_m = 0,55 N_t$ voor weidemest.

N_{naw} = het deel, dat dit jaar nog mineraliseert =

(org.mest) $0,025 N_t$ van weidemest en $0,005 N_t$ van drijfmest

het deel, dat van vorige jaren nog mineraliseert =

$0,35 N_t$ van weidemest en $0,27 N_t$ van drijfmest:

totaal $0,84 N_t$ van drijfmest en $0,925 N_t$ van weidemest

Opbrengstverliezen = $(30 \times a \times P) \times 0,73$

Wortelresten = $\left(\frac{30P}{0,375P + 0,25} \right) \times 0,53$

Rest nawerking van het vorig jaar = $\beta(1 - \alpha_2)(N_o - N_{pl})$

In tabel XXI wordt de berekening van de voor de mineralisatie-berekening benodigde aftrekposten stap voor stap volgens bovenstaand schema verricht.

Tabel XXI. Aftrekpostenberekening in kg N/ha

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
N _{add} (tabel VI)	445	409	442	508	518	513	402	473
N _{org} (eff. + naw.) drijfmest (tabel IV)	92	92	92	92	92	92	92	92
N _{org} (eff. + naw.) weidemest (tabel V)	152	126	34	128	84	215	48	89
Opbr. verl. (0,73 x 30.a.P) (tabel XIV)	50	40	49	47	48	66	43	43
Wortels (0,53 x) (tabel XIV)	40	39	40	40	40	41	40	40
Rest naw. N _o (tabel XVII)	41	59	65	67	51	48	44	56
Totaal aftrekposten	820	765	721	882	833	975	669	793

Door bovenstaand totaal aan aftrekposten van de berekende waarde voor N_o af te trekken, blijft de post mineralisatie over. Deze zou in dit geval als volgt worden:

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
mineralisatie in kg N/ha	75	55	78	-88	-53	67	245	33

De berekende hoeveelheden lijken wat klein, terwijl de percelen 4 en 4A zelfs negatieve uitkomsten opleveren en perceel 5B een onevenredig grote. Hierbij dient evenwel bedacht, dat N_o berekend is op grond van een aanname van de grootte van α_z .

Een geringe wijziging in de geschatte waarde van α_z heeft reeds een aanzienlijke wijziging in de waarde van de te berekenen gemineraliseerde hoeveelheden. Een proeve van de grootteorde van de wijziging in de waarde van α_z door een dergelijke manipulatie kan geleverd worden door de met mineralisatie gemoeide hoeveelheid stikstof te fixeren op bijvoorbeeld 150 kg N/ha en dan via de daardoor gewijzigde N_o de nieuwe waarde voor α_z te berekenen.

Deze berekening volgt hierna:

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
N_o (nieuw)	970	915	871	1032	983	1125	819	943
$(N_o - N_{pl})$ (nieuw)	549	564	459	633	581	595	447	574
α_z (nieuw)	0,61	0,63	0,54	0,69	0,67	0,69	0,45	0,64

Hieruit blijkt wel, dat een vrij geringe wijziging in de waarde van α_z grote gevolgen kan hebben voor de grootte van de te berekenen mineralisatie. Wellicht kan, indien méér inzicht is verkregen in de werkelijke grootte van de mineralisatie, deze kennis als ingang gebruikt worden om een vastere basis te verlenen aan de vaststelling van de waarde van α_z . Thans zal echter volstaan moeten worden met de voorlopige conclusie, dat mineralisatie zeker plaats zal hebben gevonden, omdat alle voorwaarden daarvoor aanwezig zijn, maar dat kwantificering ervan vooralsnog niet exact mogelijk is omdat dit geschiedt op grond van aannamen, omtrent de waarde van parameters waarbij geringe variaties in die waarden rondom een waarschijnlijk gemiddelde mogelijk zijn en toch een overwegende invloed kunnen uitoefenen op de te berekenen N_o .

12. CONCLUSIE EN DISCUSSIE

Als belangrijkste conclusie komt naar voren dat de posten op de stikstofbalans, die niet tot de zogenaamde moeilijke posten behoren, zich redelijk laten kwantificeren op grond van de gevolgde procedure, waarbij de belangrijkste informatiebronnen zijn: de grasland-gebruikskalender, een gedegen bemonsteringssysteem en een juist inzicht in het vochtverloop, aan de hand waarvan uitspoelingsdiepten en de waarde van β kan worden bepaald, welke de basis vormt van verdere berekeningen.

De zogenaamde moeilijke posten zelf, te weten denitrificatie, humificatie en mineralisatie blijven moeilijk te kwantificeren, evenals het begrip: stikstof in omloop, omdat hiertoe geen onderzoek mogelijk is en alleen modelmatig verkregen formules ten dienste staan, waarvan de parameterwaarden welke in het model gegeven zijn,

wel geldig zijn als gemiddelde waarden over een reeks van jaren, maar voor een bepaald onderzoeksjaar afwijkingen van dat gemiddelde kunnen vertonen, waarvan de omvang vooralsnog niet bekend is.

De grootte van de posten op de stikstofbalans

In een samenvatting van beide onderzoeksjaren is getracht het belang van de verschillende balansposten voor toevoer en onttrekking aan te geven. Dit is gedaan in procenten omdat op die manier de onderlinge verschillen tussen percelen en onderzoeksjaren wegvallen. Ondanks het feit, dat de zogenaamde moeilijke posten zich slechts met een grote mate van onzekerheid laten kwantificeren en dat bijvoorbeeld uitspoeling zeer gevoelig is voor neerslagverschillen en derhalve van jaar tot jaar sterk kunnen verschillen, is toch een overzicht samengesteld, dat bij de huidige stand van het onderzoek zo goed mogelijk de belangrijkheid van de verschillende balansposten weergeeft:

TOEVOER		ONTTREKKING	
Drijfmest	10%	Gewasproductie	36% (29-43)
Weidemest	15%	Wortelmassa	7%
Neerslag + N-binding	7%	Uitspoeling	13% (7-20)
Kunstmest	50%	Denitrificatie	17% (12-21)
Mineralisatie	18%	Humificatie	27% (23-31)
	100%		100%

Het verschil tussen beide onderzoeksjaren was tweeledig. Er was een duidelijk aanwijsbaar groter neerslagoverschot in de 2e uitspoelingsperiode, wat een duidelijke invloed op de grootte van de uitspoeling heeft gehad. Verder was de weideperiode in het 1e onderzoeksjaar als gevolg van gunstiger weer in de herfst 3 à 4 weken langer dan in het tweede onderzoeksjaar. Dit zijn direct aanwijsbare verschillen. Het is heel goed mogelijk, dat bijvoorbeeld temperatuurverloop en neerslagverdeling in het 1e jaar ook nog een productie- (zie samenvatting jaargemiddelden tabel XXIII)

Tabel XVII. Samenvatting van de berekeningsresultaten van beide onderzoeksjaren

Onderzoeksjaar	2		3		3A		4		4A		5A		5B		5A	
	77/78	78/79	77/78	78/79	77/78	78/79	77/78	78/79	77/78	78/79	77/78	78/79	77/78	78/79	77/78	78/79
	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%
TOEVOER totaal	1060	748	100	100	890	643	100	100	874	747	100	100	1074	591	100	100
Mest																
Drijmest		8	12			14										
direct beschikbaar	50	62			62			12	62	7	10		50	62	8	16
nvw. vorig jaar	15	2			2				2				15	2		
nvw. jaren daarvoor	20	28			28				28				20	28		
Mest			18	20			12	5							14	8
direct beschikbaar	117	94			93	78			77	91			89	33		
nvw. vorig jaar	20	16			16	14			13	14			16	5		
nvw. jaren daarvoor	51	42			40	34			34	23			39	10		
Roggest	466	385	44	51	538	349	60	54	446	448	51	60	426	362	40	58
Neerlaag	20	20	6	8	20	20	7	9	20	20	7	8	20	20	6	10
N-binding	40	40			40	40			40	40			40	40		
Mineralisatie	261	75/150	24		143	55/150	16		244	88/150	28		359	243/150	32	
									188	53/150	23		332	67/150	29	
									873	1037	100		1172	1133	100	
ONTREKING totaal	1170	1239	100	100	1104	1133	100	100	1083	1032	100	100	1172	1133	100	100
Gewasproductie																
Beweidings	476	247	41	20	369	181	45	16	321	177	37	17	352	121	41	11
ruwvoederwinning	98	98	8	8	132	94	8	8	150	150	14	14	131	176	15	15
uitspelings (zw)	73	252	6	20	83	227	8	20	70	199	8	19	88	249	8	22
Horrelmassa	76	76	6	6	77	75	7	7	77	75	9	7	77	75	7	7
Densificatie (zw)	173	261	15	21	115	258	10	23	94	189	11	18	187	298	16	26
Humificatie	372	305	32	25	328	298	30	26	311	247	35	25	227	214	28	19

Opmerking: Omdat in het tweede onderzoeksjaar de mineralisatie berekend is in afhankelijkheid van σ_2 en N_0 is één exacte waarde niet te geven

Tabel XXIII. Gemiddelden van alle gebruikte eenheden en termen voor beide onderzoeksjaren

	Eenheid	1977/'78	1978/'79
n	g.v.e.	5,25	5,05
10,24 n		53,76	51,71
25,7 n		134,9	129,8
P	ton/ha	16,3	11,-
$1:(0,375 P + 0,25)$		0,157	0,227
$30P(1 + \frac{1}{0,375 P + 0,25})$	kg N/ha	566,-	407,- (= N_{PI})
$0,47:(0,375 P + 0,25)$		0,074	0,107
N-drijfmest	kg N/ha	85	92
Idem direct	"	50	62
N-weidemest	"	158	110
N-kunstmest	"	458	404
N_1 winter	"	78,5	193
N_1 zomer	"	10	32
$N_{naja.}$	"	228	259
$N_{voorj.}$	"	107	116
Vervluchtiging	"	29	35
Onttrekking beweiding	"	369	199
Idem masien	"	99	132
Weidedagen g.v.		977	751
Idem j.v.		45	89
Wortelmasa	kg N/ha	76	76
N-mineralisatie	"	222	51 - 150
N-humificatie	"	298	279
N-denitrificatie z + w	"	138	239 (w)
N_o	"	833	859 - 957
β		0,50	0,255
α_z		0,40	0,525 - 0,615
α_w		0,13	nihil

verhogende uitwerking hebben gehad, maar deze invloed is vrijwel niet te achterhalen. Toevoer zowel als onttrekking lijken in het eerste onderzoeksjaar op een hoger plan te liggen als in het tweede onderzoeksjaar, maar naast de hierboven geschetste oorzaken voor dit verschijnsel kan ook de op grond van een verkregen juistere inzicht toegepaste gewijzigde berekening hieraan debet zijn. Zo is bijvoorbeeld de grasconsumptie door het vee tot plausibeler proporties teruggebracht.

Het verdient aanbeveling, de berekeningsresultaten in beide jaren in tabel XXII niet te vergelijken, zonder eerst kennis te nemen van de ingrijpende gevolgen van de gewijzigde berekeningsmethode, waardoor β een aanzienlijk lagere waarde heeft gekregen, de vaste verhouding: $\alpha_z = 3\alpha_w$ is verlaten en N_0 op een andere wijze is benaderd. Vooral het aandeel van de mineralisatie is hierdoor aanzienlijk kleiner geworden, maar een geringe wijziging in de waarde van α_z doet de berekende waarde van de mineralisatie aanzienlijk toenemen.

Voorts zijn er een tweetal aspecten, die nogal wat verschillen hebben veroorzaakt in de berekeningsresultaten van beide onderzoeksjaren en die niet het gevolg zijn van een gewijzigde berekeningsmethode. Dit zijn 1e: het veel grotere neerslagoverschot in de winter 1978/1979 waarvan een veel grotere uitspoeling het gevolg was en 2e: een veel juistere toepassing van gecorrigeerde normen voor gewasconsumptie voor het vee, waardoor een veel geloofwaardiger gewasproductie tot stand is gekomen, maar de onttrekking door beweiding aanzienlijk is afgenomen.

Omdat drie bovengenoemde oorzaken, die onafhankelijk van elkaar optreden (één op het gebied van de vochthuishouding, één in het vlak van de interpretatie van bedrijfstechnische maatregelen en één op het gebied van de rekentechniek) door elkaar heen invloed uitoefenen op de resultaten, wordt een directe vergelijking van de invloed van de samenstellende posten op de stikstofbalans in beide onderzoeksjaren daardoor sterk vertroebeld. En het zijn vooral de zogenaamde moeilijke posten, waarvan een directe bepaling door waarnemingen niet mogelijk is, die een wat onzeker berekeningsresultaat opleveren, waaraan voorlopig niet méér dan het praedicaat

van een waarschijnlijke grootteorde kan worden meegegeven.

Voor de kwantificering van de gevolgen van de invloed, welke bepaalde factoren op de uiteindelijke resultaten kunnen uitoefenen is een berekeningswijze gevolgd, welke als gevoeligheidsanalyse bekend staat en welke aantoonst, hoe ingrijpend de gevolgen kunnen zijn, indien bepaalde parameters waarvoor in het huidige stadium van onderzoek alleen nog maar een vrij grove benadering mogelijk is, verkeerd worden ingeschat. Verkeerd inschatten van de waarde voor deze parameters is steeds mogelijk, omdat de voorhanden zijnde schattingsmogelijkheden gebaseerd zijn op gemiddelden over een reeks van jaren, terwijl toepassing daarvan op de gegevens van één bepaald onderzoeksjaar tot aanzienlijke resultaatsverschuivingen kan leiden.

Wellicht kunnen uit een dergelijke gevoeligheidsanalyse aanwijzingen verkregen worden, welke parameters in eerste instantie een versteviging van hun waardebepaling behoeven.

13. GEVOELIGHEIDSANALYSE

In principe komt een dergelijke analyse erop neer, dat in een formule, waarin één variabele in afhankelijkheid van een aantal factoren voorkomt, de waarde van één factor wordt verhoogd (of verlaagd) teneinde de invloed van deze ene factor op de variabele na te gaan.

In principe zouden de verschillen tussen vrijwel alle factoren in beide onderzoeksjaren als uitgangspunt voor een dergelijke techniek kunnen dienen, maar het lijkt zinvoller uit te gaan van het tweede onderzoeksjaar, omdat toen aan veel berekeningen een vastere basis is gegeven kunnen worden als gevolg van vooral frequentere en meer gerichte monsternamen.

In de bepaling van de getalwaarde van vooral α en β in het eerste onderzoeksjaar is als gevolg van het ontbreken van voldoende kennis omtrent bijvoorbeeld vochtverloop wel een subjectief element binnengeslopen, wat een deel van de verschillen tussen de gebruikte getalwaarden in beide jaren van genoemde factoren kan verklaren.

Aangezien evenwel ook duidelijk productiebepalende factoren als klimaat en bedrijfsvoering een rol spelen, die wèl in het eerste onderzoeksjaar exact zijn geregistreerd en in de berekening zijn opgenomen, lijkt het zinvol om de wijziging in getalwaarde van één enkele factor in de gevoeligheidsanalyse tot ongeveer het peil van het eerste onderzoeksjaar te laten plaatsvinden, omdat daarmee de zeggingskracht ten aanzien van de berekeningsresultaten van het eerste onderzoeksjaar niet onaanzienlijk wordt uitgebreid.

Omdat het hier niet gaat om verschillen tussen percelen onderling lijkt het een juist uitgangspunt uit te gaan van jaargemiddelden over alle onderzoekspercelen, zoals die berekend kunnen worden uit de samenvattende tabel XXII en voor de daarin niet voorkomende factoren in de verschillende tabellen in de tekst. Al deze jaargemiddelden zijn samengebracht in tabel XXIII.

De formule voor de uitspoeling lijkt het meest geschikt om een dergelijke gevoeligheidsanalyse op toe te passen, omdat hierin de belangrijkste factoren voorkomen. Deze formule luidt:

$$1e. N_1 = (1-\beta-\alpha_w) \left[10,24 n + (1-\alpha_z) \left\{ N_o - 30 \left(1 + \frac{1}{0,375P + 0,25} \right) P \right\} \right]$$

en kan geschreven worden als:

$$2e. N_1 = (1-\beta-\alpha_w) \left[10,24 n + (1-\alpha) (N_o - N_{pl}) \right]$$

en als:

$$3e. N_1 = (1-\beta-\alpha_w) N_{naj}$$

De sleutel tot de berekeningen van de moeilijke posten is de vaststelling van N_o , waarmee de denitrificatie de mineralisatie en een klein deel van de humificatie wordt berekend. N_o kan worden berekend uit N_{naj} of uit N_1 maar dan is kennis van β tevens nodig. N_1 kan redelijk exact vastgesteld worden, maar voor de vaststelling van N_{naj} is een keuze van de uitspoelingsdiepte noodzakelijk, die tevens van belang is voor de grootte van β . Omdat N_{naj} en β beide gebruikt kunnen worden om via de 3e versie van bovenstaande N_1 -formule α_z vast te stellen, lijkt het zinvol om vooral eerst de invloed

vast te stellen van β en N_{naj} in de vaststelling waarvan een zeker arbitrair element schuilt. De gevoeligheid van α en N_o voor de grootte van β en N_{naj} dient vooral vastgesteld.

Invloed van β op N_o

Voor 1977 geldt: $78,5 = (1-0,50-0,13) [53,76 + 0,6 \times (833-566)]$
 β wordt op het peil van 1978 gebracht = 0,255

$$78,5 = (1-0,255-0,13) [53,76 + 0,6 \times (N_o - 566)]$$

N_o wordt dan 689 (was 833)

Invloed van α op N_o

Voor 1977 geldt: $78,5 = (1-0,50-0,13) [53,76 + 0,6 \times (833-566)]$
 Hierbij dient aangetekend, dat, omdat α_z en α_w in de formule voorkomen, ook de verhouding tussen beide in het geding is. Daarom wordt α_z op het peil van 1978 gebracht = $\pm 0,55$ maar bovendien bij α_z 1978 ook nog α_w zowel op het peil gebracht van 1978 = nihil (B) als ook vastgesteld volgens $\alpha_z = 3\alpha_w$ (α_w is dan 0,12) (A).

Geval A: $\alpha_z = 0,55$ $\alpha_w = 0,18$

$$78,5 = (1-0,50-0,18) [53,76 + 0,45 \times (N_o - 566)]$$

N_o wordt dan 992 (was 833)

Geval B: $\alpha_z = 0,55$ $\alpha_w = \text{nihil}$

$$78,5 = (1-0,50) [53,76 + 0,45 \times (N_o - 566)]$$

N_o wordt dan 796 (was 833)

Invloed van n op N_o

Voor 1977 geldt: $78,5 = (1-0,50-0,13) [53,76 + 0,6 \times (833-566)]$
 n wordt op het peil gebracht van 1978, waardoor $10,24 n = 51,71$

$$78,5 = (1-0,50-0,13) [51,71 + 0,6 \times (N_o - 566)]$$

N_o blijft ongewijzigd = 833

Invloed van P op N_0

Voor 1977 geldt: $78,5 = (1-0,50-0,13) [53,76 + 0,6 \times (833-566)]$

P wordt op het peil van 1978 gebracht (= 11) waardoor

N_{pl} 407 gaat bedragen (was 566)

$78,5 = (1-0,50-0,13) [53,76 + 0,6 \times (N_0-407)]$

N_0 wordt 671 (was 833)

Invloed van N_1 op N_0

Voor 1977 geldt: $78,5 = (1-0,50-0,13) [53,76 + 0,6 \times (833-566)]$

N_1 wordt op het peil van 1978 gebracht = 193

$193 = (1-0,50-0,13) [53,76 + 0,6 \times (N_0-566)]$

N_0 wordt dan 1345 (was 833)

Uit bovenstaande gevoeligheidsanalyses komt het volgende beeld naar voren:

Een v e r l a g i n g van β van 0,50 tot 0,255 (met 50%) heeft een v e r l a g i n g van N_0 tot gevolg van 833 tot 689 (met 17%).

Een v e r h o g i n g van α_z van 0,4 tot 0,55 (met 37,5%) heeft een v e r h o g i n g van N_0 tot gevolg van 833 tot 992 (met 19%).

Wordt bovendien α_w tot nul teruggebracht, dan wordt N_0 v e r l a a g d tot 796 (met 4,5%).

Een v e r l a g i n g van n van 5,25 - 5,05 (met 4%) heeft vrijwel géén invloed op de grootte van N_0 .

Een v e r l a g i n g van P van 16,3 tot 11 (met 33%) heeft een v e r l a g i n g van N_0 tot gevolg van 833 tot 671 (met 19%).

Een v e r h o g i n g van N_1 van 78,5 tot 193 (met 146%) heeft een v e r h o g i n g van N_0 tot gevolg van 833 tot 1345 (met 61%).

Wil men de invloed van de verschillende parameters op de grootte van N_0 geheel los zien van de feitelijke situatie in beide onderzoeks-jaren dan kunnen de resultaten in een schema worden ondergebracht als in bijlage F. De gekozen waarden voor de verschillende parameters zijn wel enigszins binnen de reële mogelijkheden gehouden, maar hebben

een grotere reikwijdte dan toevallig overeenkomt met het verschil in parameterwaarde tussen 1977 en 1978, hetgeen dit schema een grotere representativiteit verleent.

In bijlage G zijn de berekeningsresultaten zodanig gerangschikt dat de invloed per stijgende parameterwaarde bij overigens gelijkblijvende waarden van de andere parameters duidelijker is te volgen.

Hieruit vallen de volgende conclusies te trekken:

I n v l o e d v a n N_1

Deze is groot en kan bij gelijkblijvende waarde voor β en α beschreven worden als:

$$\text{toename } N_0 = \frac{\text{toename } N_1}{(1-\alpha_z)(1-\beta-\alpha_w)}$$

Aangezien de toename altijd kleiner dan 1 is, zal een toename van N_1 altijd een grotere toename van N_0 tot gevolg hebben.

I n v l o e d v a n β

De invloed van β op N_0 kan beschreven worden als

$$\text{toename } N_0 = \frac{N_1(\text{toename } \beta)}{(1-\alpha_z)(1-\alpha_w-\beta_1)(1-\alpha_w-\beta_2)}$$

In de teller komt de toename van β onverkort voor, doch in de noemer steeds sterk verkleind door de vermenigvuldiging met termen als $(1-\alpha_z)$ en $(1-\alpha_w)$ die stuk voor stuk kleiner dan 1 zijn.

De waarde van de breuk, waarmee N_1 moet worden vermenigvuldigd om de toename van N_0 te krijgen is daarom steeds aanzienlijk groter dan 1 en de toename van N_0 al gauw 2 x groter dan N_1 en soms tot 5 x groter dan N_1 . Dit is ook te zien op de samenvatting van de toename van N_0 op bijlage G.

I n v l o e d v a n α_z

Op de samenvatting in bijlage G is te zien dat deze van dezelfde grootteorde is als van β . De formule welke de invloed van α_z op de

op de toename van N_o zou kunnen beschrijven is veel complexer van vorm dan die van β omdat niet de toename van α_z ook α_w in de vaste verhouding van $\alpha_z = 3\alpha_w$ groter wordt.

I n v l o e d v a n d e v e r h o u d i n g t u s s e n α_z en α_w

Op bijlage F is te zien dat de grootte van deze verhouding van weinig betekenis is bij lage waarden van β . Bij hogere waarden van β begint de verhouding tussen α_z en α_w een dusdanige invloed aan te nemen, dat er rekening mee gehouden dient te worden en dan wel zodanig dat bij een verhouding $\alpha_z : \alpha_w = 3$ N_o het grootst is en N_o merkbaar kleiner wordt, naarmate $\alpha_z : \alpha_w$ groter wordt dan 3.

14. SAMENVATTING

Als gevolg van het sterk toegenomen en nog steeds toenemende verbruik van stikstofmeststof is er een groeiende behoefte aan méér inzicht in de mate van stikstofuitspoeling.

De uitspoeling staat evenwel niet op zichzelf, doch wordt beïnvloed door waterhuishoudkundige en bedrijfstechnische factoren. Het doel van dit onderzoek is dan ook een inzicht te verkrijgen in alle relaties, die er bestaan tussen stikstofuitspoeling en de beïnvloedende factoren op het gebied van bedrijfsvoering en waterhuishouding. Teneinde dit doel zo goed mogelijk te verwezenlijken, is het onderzoek verricht op een proefboerderij, in dit geval een regionaal onderzoekscentrum voor de rundveehouderij, omdat daardoor het verkrijgen van vooral bedrijfstechnische gegevens zo goed mogelijk gewaarborgd was.

Gedurende 2 jaar (van + april 1977 tot april 1979) zijn gegevens verzameld omtrent bodemgebruik, bedrijfsvoering, bodemprofiel en waterhuishouding. Deze gegevens zijn vertaald en gekwantificeerd tot posten van toevoer en onttrekking op de stikstofbalans.

Voorzover de posten bestaan uit direct meetbare eenheden gaf de kwantificering geen moeilijkheden. Dit betreft bij de toevoer vooral de posten kunstmest, drijfmest en weidemest en bij de onttrekking gewasproductie (vastgesteld aan de hand van aantal weidedagen

en grasconsumptie + maaien) en uitspoeling (berekend aan de hand van afvoer en minerale stikstofconcentratie in het bovenste grondwater en uit het verschil tussen aanwezige hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in najaar en voorjaar). Buiten deze posten komen op de stikstofbalans nog een aantal posten voor (bij toevoer: mineralisatie en bij aftrekking: humificatie en denitrificatie) die op geen enkele wijze in het veld zijn te meten.

Voorshands is de enige mogelijkheid tot kwantificering van deze posten de toepassing van modelmatig verkregen formules, welke door RIJTEMA zijn ontwikkeld. Een bijkomend doel van dit onderzoek is dan ook het testen van deze formules op de praktijk geweest.

Voor beide onderzoeksjaren zijn dan ook mede deze 'moeilijke' posten gekwantificeerd. In dit stadium van onderzoek kan evenwel aan de resultaten nog niet het brevet van onfeilbaarheid worden meegegeven. Debet hieraan is de introductie van het fictieve begrip: stikstof in omloop en de bepaling van de waarde van een tweetal parameters: de denitrificatiecoëfficiënt α en β , welke de fractie minerale stikstof aangeeft, die in het najaar aanwezig is en gedurende de winter niet uitspoelt of denitrificeert. De praktijkwaarden van deze factoren zijn voorlopig binnen dusdanig ruime grenzen vaststelbaar, dat de berekeningsresultaten voor wat betreft genoemde 'moeilijke' posten nog met enige reserve dienen gepresenteerd. Dit geldt het sterkst voor de posten humificatie en denitrificatie, omdat deze, naar het zich laat aanzien, ongeveer de helft van de totale onttrekking kunnen uitmaken.

Vergeleken bij deze onzekerheden zijn enkele andere van veel geringere importantie. Bedoeld wordt hier in de eerste plaats de oogst- en beweidings- en organische mestverliezen, welke nogal uiteenlopend worden beoordeeld en de verdeling van de uitwerking van organische mest in directe en in de vorm van nawerking op korte en lange termijn, waarover meningsverschillen mogelijk zijn.

Een eerste stap op de weg naar de kennis van de ingewikkelde materie van de stikstofkringloop op het graslandbedrijf is hiermee echter gezet en het belangrijkste winstpunt lijkt het verkregen inzicht in de grootteorde van de verschillende posten op de stikstofbalans en in de wederzijdse beïnvloeding.

15. VERDER ONDERZOEK

Bij de berekeningen die noodzakelijk waren voor kwantificering van de verschillende balansposten, is de sleutelpositie van de parameter β sterk naar voren gekomen. In principe zou de vaststelling van de waarde van β vanuit de waterhuishouding zowel als vanuit de stikstofhuishouding kunnen plaatsvinden. Vanuit de waterhuishouding geeft deze procedure weinig moeilijkheden en een zekere controle op de resultaten vanuit de stikstofhuishouding blijkt mogelijk, maar voor een onafhankelijke vaststelling van de waarde van β vanuit de stikstofhuishouding is kennis van de uitspoelingsdiepte noodzakelijk. Aangezien de criteria voor de vaststelling van de uitspoelingsdiepte naast de bewortelingsdiepte, de hoogste grondwaterstand en de mogelijkheid tot capillaire nalevering nog enige ruimte laat tot subjectieve interpretatie, lijkt het zinvol, vooral de aandacht te richten op een verdere objectieve vaststelling van deze uitspoelingsdiepte teneinde aan de waardebepaling van β een vastere basis te verlenen.

Hetzelfde geldt voor de denitrificatiecoëfficiënt α waarvan de waardebepaling voorshands door middel van schatting op grond van waterhuishoudkundige kenmerken heeft moeten plaatsvinden. Een vaststelling van de waarde van α_z via de verhouding $\alpha_z : \alpha_w$ lijkt niet de aangewezen weg, omdat deze verhouding voor één bepaald jaar geen vaste waarde lijkt te hebben.

Uit de gevoeligheidsanalyse is gebleken, dat de waardebepaling van de beide parameters β en α van doorslaggevende betekenis is voor de uiteindelijke grootte van N_o , welke op zijn beurt weer in hoge mate de grootte van de mineralisatie bepaalt.

Het zal daarom aanbeveling verdienen te zoeken naar mogelijkheden de hier gebruikte ingang om de grootte te bepalen van N_o via N_1 , α , en β te vervangen door een eigen ingang, waarbij vooral gedacht wordt aan een koppeling aan de drogestofproductie en toepassing van de betrekking

$$N_o = 0,04P - 62,7 \ln \frac{P_{\max} - P}{P_{\max}}$$

Tevens dient elke waarneming en bemonstering met de nodige frequentie en vooral op het juiste tijdstip plaats te vinden, teneinde een optimale zeggingskracht te verkrijgen. Met dat doel worden hieronder nog eens schematisch in het verloop van een onderzoeksjaar de meest gewenste frequenties en tijdstippen van alle benodigde waarnemingen en bemonsteringen weergegeven.

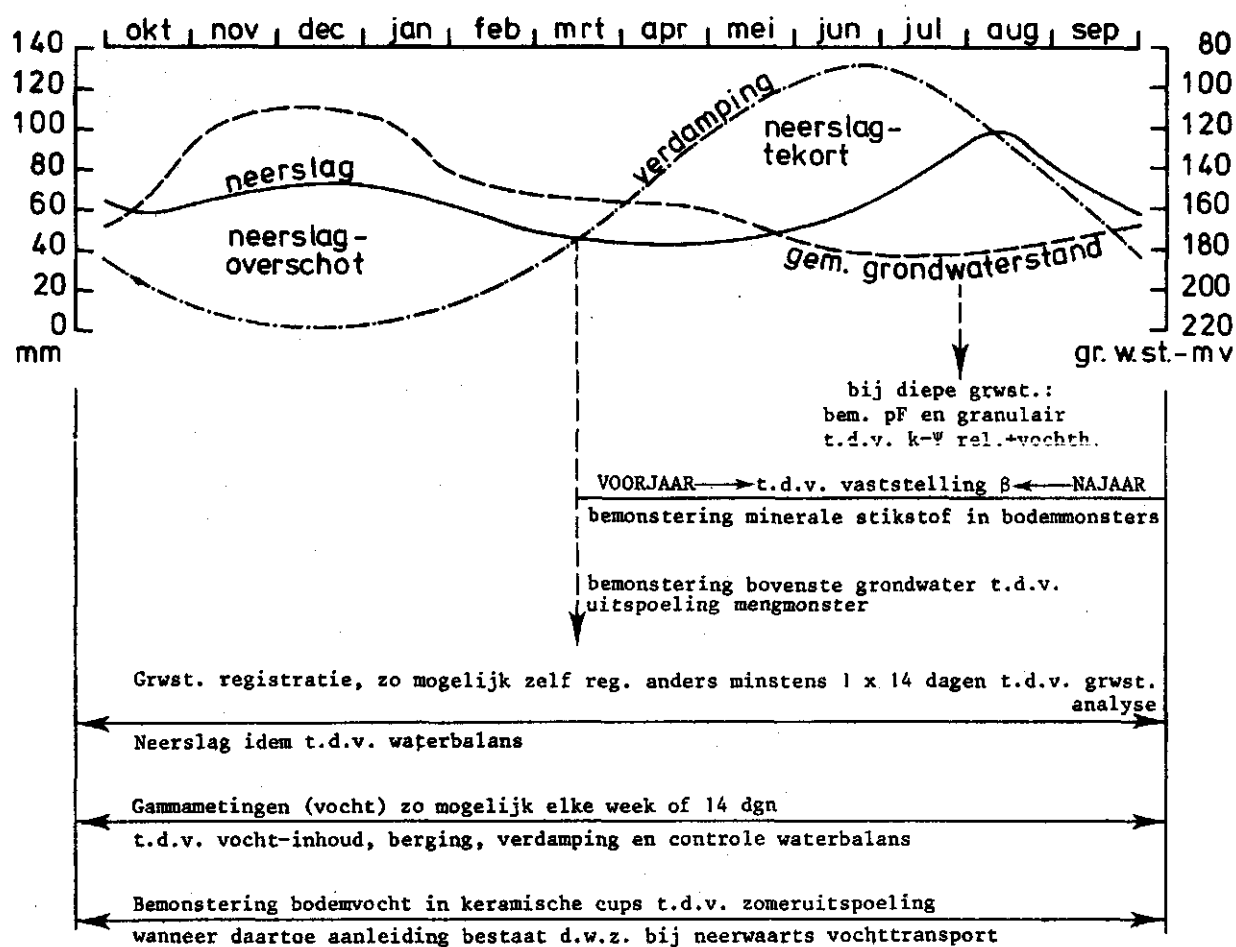
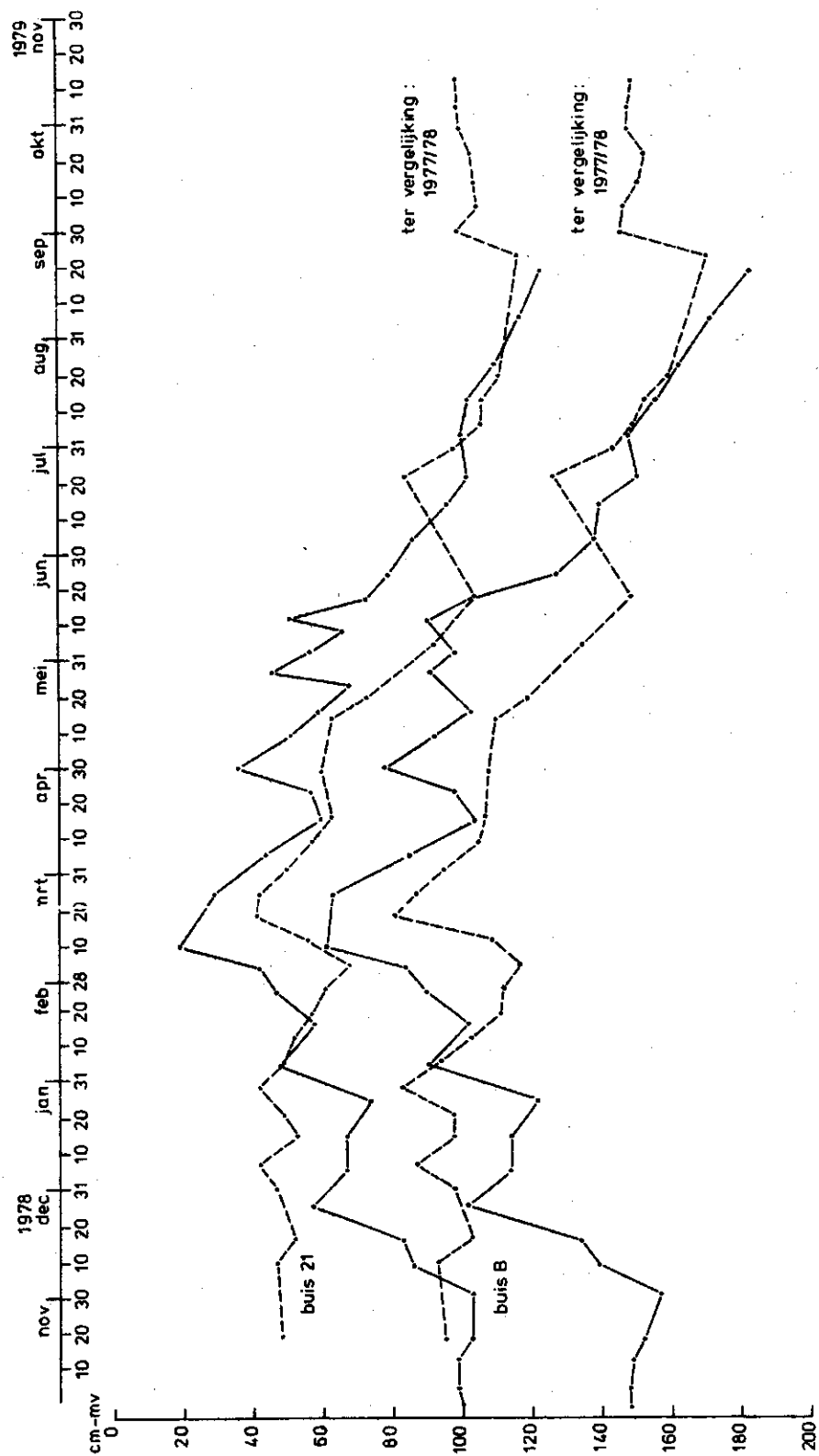


Fig. 3. Schema van tijdstippen van noodzakelijke waarnemingen en bemonsteringen

Bijl. A



Bijl. B

Neerslag en verdamping

	N	0,8 E _o	N _o	E _o		N	0,8 E _o	N _o	E _o
1978 - 1-10 april	0	18		18	1979 - 1-10 jan.	11	0	11	
10-20	12	17		5	10-20	12	0	12	
20-30	14	23		9	20-30	15	1	14	
1-10 mei	27	22	5		1-10 febr.	16	3	13	
10-20	19	24		5	10-20	24	3	21	
20-30	2	31		29	20-30	7	2	5	
1-10 juni	12	29		17	1-10 maart	35	10	25	
10-20	12	29		17	10-20	69	10	50	
20-30	48	22	26		20-30	34	17	17	
1-10 juli	58	18	40		1-10 april	12	15		3
10-20	6	22		16	10-20	4	23		19
20-30	4	32		28	20-30	31	18	13	
1-10 aug.	6	19		13	1-10 mei	26	22	4	
10-20	15	21		6	10-20	15	30		15
20-30	17	20		3	20-30	50	33	17	
1-10 sept.	7	17		10	1-10 juni	14	29		15
10-20	5	16		11	10-20	34	29	5	
20-30	35	10	25		20-30	6	31		25
1-10 okt.	19	9	10		1-10 juli	5	28		23
10-20	2	6		4	10-20	12	24		12
20-30	18	4	14		20-30	8	30		22
1-10 nov.	4	2	2		1-10 aug.	29	32		3
10-20	4	3	1		10-20	8	24		16
20-30	14	1	13		20-30	15	29		14
1-10 dec.	21	1	20		1-10 sept.	17	19		2
10-20	26	1	25		10-20	1	16		15
20-30	54	1	53		20-30	4	13		9
					1-10 okt.	12	11	1	
					10-20	15	7	8	
					20-30	9	4	5	

N = neerslagoverschot

E_o = verdampingsoverschot

Totale neerslag 20/4'78-20/4'79 688 mm

Totale verd. (0,8 E_o) 20/4'78-20/4'79 467 mm

Neerslagoverschot 221 mm

Totale N 411 zelfde periode

Totale V_o 190 zelfde periode

N_o 221 mm

Bemonsteringsschema

Perceel	2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
N-mineraal (grondmonsters)	14 dec. '78	20 nov. '78	20 nov. '78	24 nov. '78	24 nov. '78	29 nov. '78	29 nov. '78	14 dec. '79
	28 maart '79	21 maart '79	21 maart '79	27 maart '79	27 maart '79	28 maart '79	28 maart '79	6 april '79
	24 okt. '79	24 okt. '79	24 okt. '79	25 okt. '79	25 okt. '79	16 okt. '79	16 okt. '79	9 okt. '79
Bovenste grondwater (mengmonsterbuis met filter)	27 april '79	3 mei '79	3 mei '79	4 mei '79		7 mei '79	9 mei '79	10 mei '79
		25 okt. '79	25 okt. '79	26 okt. '79	26 okt. '79	16 okt. '79	16 okt. '79	10 okt. '79
Bovenste grondwater (één centrale plek keramische cups diep + 125 cm)				16 mei '79		16 mei '79	18 mei '79	18 mei '79
				27 juni '79			27 juni '79	27 juni '79
Bodemvocht (keramische cups) + 125 cm diep.				11 juli '79		27 juni '79		19 juli '79
				19 juli '79		11 juli '79	11 juli '79	
				26 juli '79		19 juli '79	19 juli '79	
				18 sept. '79		26 juli '79	25 juli '79	18 sept. '79

Bijl. D

Analyseresultaten

1. Minerale stikstof in grondmonsters in mg N/kg droge grond

	Bem. diepte in cm	Perceel							
		2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A
Najaar 1978	0- 10	16	16	26	30	27	20	24	18
	10- 25	16	15	24	25	26	20	20	18
	25- 50	17	15	30	25	30	16	20	22
	50-100	15	22	29	19	25	15	17	26
	100-150	15					18		
Voorjaar 1979	0- 10	4	6	4	5	15	8	8	9
	10- 25	5	7	10	10	18	6	8	10
	25- 50	5	8	18	18	16	8	10	10
	50- 75	5	9	15	10	10	6	8	9
	75-100	6	13	11	9	8	6	9	10
Najaar 1979	0- 10	18	17	64	14	27	29	12	21
	10- 25	27	20	42	28	27	36	17	23
	25- 50	14	13	10	11	8	18	9	9
	50-100	15	12	6	6	9	6	4	4
	100-150	3	9	8	8	7	3	4	2

2. Bovenste grondwater (mengmonster) bemonsteringsdiepte + 50 cm beneden freatisch vlak

[illegible]

Drijfmaat tussen januari en maart									
2	3	3A	4	4A	5A	5B	6A		
1,95 ha (hoog) 25 ton/ha	1,25 ha 25 ton/ha	1,25 ha (a.d. beek) 25 ton/ha	1,35 ha 25 ton/ha	1,35 ha (a.d. beek) 25 ton/ha	2,15 ha 25 ton/ha	0,90 ha 50 ton/ha	2,25 ha 50 ton/ha		
8/3 75 N	8/3 75 N	8/3 75 N	8/3 100 N	8/3 100 N	8/3 85 N	8/3 72 N	8/3 72 N		
3 t/m 8/5 106 mk + 2 va (samen met 2A)	9 t/m 11/5 108 mk	12/5 70 N	20 t/m 29/4	20 t/m 29/4	24/4 104 mk + 4 va	20 t/m 24/5 maaien	17/4 64 N		
8/5 70 N	12/5 70 N	29/5 t/m 1/6 maaien v.d.r.kuul 4000 kg ds/ha + 2 va 83 N	2 t/m 6/5	2 t/m 6/5	29/4 t/m 2/5 108 mk	v.d.r.kuul 2100 kg ds/ha	24/5 80 N		
27/5 t/m 1/6	5 t/m 9/6	2/6 83 N	12 t/m 14/5 108 mk	17 t/m 19/5 maaien	21 t/m 26/5 110 mk + 3 va	PROEF	24/5 78 N		
112 mk (samen met 2A)	maaien v.d.r.kuul 2500 kg ds/ha	2/6 83 N	16/5 77 N	19/5 87 N	30/5 79 N	6 t/m 18/6 15 ka	12 t/m 15/6 81 mk		
2/6 105 N	9/6 82 N	83 mk	12 t/m 15/6 maaien	v.d.r.kuul 2000 kg ds/ha	16 t/m 18/6 83 mk	20/6 58 N	16/6 72 N		
10 t/m 14 juli maaien	23 t/m 24/6	26/6 46 N	20/6 77 N	20/6 54 N	7/7 54 N	2 t/m 4/7 81 mk	11 t/m 15/7 81 mk		
v.d.r.kuul 2600 kg ds/ha	26/6 46 N	25 t/m 20/7	8 t/m 10/7	81 mk	30/6 t/m 4/7	15 t/m 19/8 maaien	16/7 64 N		
16/7 70 N	21 t/m 24/7	1/8 72 N	10/7 83 N	10/7 83 N	81 mk	v.d.r.kuul 1800 kg ds/ha	13 t/m 16/8 72 mk		
8 t/m 12/8 73 mk	26/7 50 N	8 t/m 20/8 15 ka	25 t/m 31/7	79 mk	7/7 66 N	23/8 33 N	4 t/m 7/9 73 mk + 1 va		
16/8 40 N	17 t/m 18/8 72 mk	PROEF	1/8 74 N	74 N	7/8 65 N	11 t/m 12/9 maaien	8/9 27 N		
28 t/m 30/8 73 mk	24/8 36 N	24/8 36 N	19 t/m 21/8	70 mk	26 t/m 27/8 71 mk	PROEF 30 koeien	18 t/m 21/9 73 mk		
+ 1 va (samen met 2A)	12 t/m 14/9	73 mk	23/8 37 N	23/8 37 N	3/9 73 mk + 1 va	1000 kg ds/ha	(samen met 68 = 1,20 ha)		
1 t/m 2/9 73 mk + 1 va (samen met 2A)	2 t/m 3/10	92 mk + 5 va	8 t/m 11/9	73 mk	8 t/m 12/9 maaien	15/9 33 N	6 t/m 17/10 15 ka		
8/9 25 N	18 t/m 21/9 19 dr.k + 38 pi + 2 ka (samen met 2A)	24/8 36 N	29/9 t/m 1/10	92 mk + 6 va	v.d.r.kuul 2400 kg ds/ha (op 1/3 opp.)	PROEF			
15 t/m 17/9 73 mk (samen met 2A)	4 t/m 5/10 92 mk + 4 va (samen met 2A)				26 t/m 29/9 93 mk + 6 va				

OPMERKINGEN:
VREDEZETTING
in gve/ha

BLIJDREING
de gehele weideperiode vanaf 21/5 3 kg ds/dier/dag uit snijmaais

+ volgens koppelingssysteem 0,8 kg ds/dier/dag

proefkalveren 1 kg kr.v/dier/dag

Totale kunstmestgift 385 kg N/ha

349 kg N/ha

382 kg N/ha

448 kg N/ha

453 kg N/ha

413 kg N/ha

(2A(0,95 ha) a.d. beek)

Alle kunstmestgiften direct uitgedrukt in kg N/ha

LEGENDA:

mk = melkkoeien
dr.k = droegstaande koeien
va = varzen
pi = pinken
ka = kalveren

Bijl. F

Berekening van de invloed op N_0 van de verschillende parameters welke in de formule voor berekening van de uitspoeling voorkomen

$$N_1 = (1 - \beta - \alpha_w) \left[10,24 n + (1 - \alpha_z (N_0 - 30P(1 + \frac{1}{0,375 P + 0,25}))) \right] \text{ of}$$

$$N_o = N_{p1} + \frac{N_1 - 52(1 - \beta - \alpha_w)}{(1 - \alpha_z)(1 - \beta - \alpha_w)}$$

P	N _{p1}	N ₁	β	α _z	α _w	(1-α _z)	(1-β-α _w)	$\frac{(1-\alpha_z) \times}{(1-\beta-\alpha_w)}$	$\frac{52 \times}{(1-\beta-\alpha_w)}$	$\frac{N_1 - 52(1-\beta-\alpha_w)}{(1-\alpha_z)(1-\beta-\alpha_w)}$	N _o	N _o	N _o
6 =	252	50	0,1	0,2	0,07	0,8	0,83	0,664	43,16	10,3	262	355	446
				0,4	0,13	0,6	0,77	0,462	40,04	21,6	274	367	458
					0,07	0,6	0,83	0,498	43,16	13,7	266	359	450
				0,6	0,20	0,4	0,70	0,280	36,40	48,6	301	394	485
					0,07	0,4	0,83	0,332	43,16	20,6	273	366	457
			0,3	0,2	0,07	0,8	0,63	0,504	32,76	34,2	286	379	470
				0,4	0,13	0,6	0,57	0,342	29,64	59,5	312	405	496
					0,07	0,6	0,63	0,378	32,76	45,6	298	391	482
				0,6	0,20	0,4	0,50	0,200	26,-	120,-	372	465	556
					0,07	0,4	0,63	0,252	32,76	68,4	320	413	504
			0,5	0,2	0,07	0,8	0,43	0,344	22,36	80,3	332	425	516
				0,4	0,13	0,6	0,37	0,222	19,24	138,6	391	484	575
					0,07	0,6	0,43	0,258	22,36	107,1	359	452	543
				0,6	0,20	0,4	0,30	0,120	15,60	286,7	539	632	723
					0,07	0,4	0,43	0,172	22,36	160,7	413	506	597
		100								85,6	338	431	522
										129,8	382	475	566
										114,1	366	459	550
										227,1	479	572	663
										171,2	423	516	607
										133,4	385	478	569
										205,7	458	551	642
										177,9	430	523	614
										370,-	622	715	806
										266,8	519	612	703
										225,7	478	571	662
										363,8	616	709	800
										300,9	553	646	737
										703,3	955	1048	1139
										451,4	703	796	889
		150								160,9	413	506	597
										238,-	490	583	672
										214,5	467	560	651
										405,7	658	751	842
										321,8	574	667	758
										232,6	485	578	669

De resultaten uit bijlage F op overzichtelijke wijze gerangschikt

Invloed van:	N_1	α_z	α_w	β	N ₀ bij N _{pl} :			Invloed van:	N_1	β	α_z		N ₀ bij N _{pl} :		
					252	345	436				α_z	α_w	252	345	436
β	50	0,2	0,07	0,1	262	355	446	wisselende verhouding α_z/α_w	100	0,1	0,2	0,05	334	427	518
			0,10	0,3	286	379	470					0,10	343	436	527
			0,15	0,5	332	425	516					0,15	354	447	538
		0,4	0,13	0,1	274	367	458				0,4	0,20	266	459	550
				0,3	312	405	496					0,05	361	454	545
				0,5	391	484	575					0,10	374	467	558
	100	0,6	0,20	0,1	286	379	470				0,6	0,15	388	481	572
				0,3	372	465	556					0,20	403	494	587
				0,5	539	632	723				0,6	0,05	416	509	600
		0,2	0,07	0,1	338	431	522					0,10	435	528	619
				0,3	385	478	569					0,15	455	548	639
				0,5	478	571	662					0,20	479	572	663
	150	0,4	0,13	0,1	382	475	566				0,3	0,2	379	472	563
				0,3	458	551	642					0,10	395	488	579
				0,5	616	709	800					0,15	414	507	598
		0,6	0,20	0,1	479	572	663					0,2	437	530	621
				0,3	622	715	806				0,4	0,05	422	515	606
				0,5	955	1048	1139					0,10	443	536	627
	150	0,2	0,07	0,1	413	506	597					0,15	468	561	652
				0,3	485	578	669					0,20	499	592	683
				0,5	623	716	807				0,6	0,05	507	600	691
		0,4	0,13	0,1	490	583	672					0,10	539	632	723
				0,3	604	697	790					0,15	577	670	761
				0,5	841	934	1025					0,20	622	715	806
		0,6	0,20	0,1	658	751	842				0,5	0,2	465	558	649
				0,3	872	965	1056					0,10	500	593	684
				0,5	1372	1465	1556					0,15	544	637	728
											0,4	0,05	604	697	788
												0,10	536	629	720
												0,15	582	675	766
		0,6		0,3								0,20	642	735	826
				0,5								0,20	721	814	905
											0,6	0,05	678	771	862
												0,10	747	840	931
												0,15	836	929	1020
												0,20	955	1048	1139

vervolg Bijl. G

Invloed van:	N_1	β	α_z	α_w	N _o bij N _{pl} :			Invloed van:	β	α_z	α_w	N_1	N _o bij N _{pl} :		
					252	345	436						252	345	436
α_z	50	0,1	0,2	0,07	262	355	446	N_1	0,1	0,2	0,07	50	262	355	446
			0,4	0,13	274	367	458			0,4	0,13	100	338	431	522
			0,6	0,20	301	394	485			0,6	0,20	150	413	506	597
met vaste verhouding $\alpha_z/\alpha_w = 3$	100	0,3	0,2	0,07	286	379	470		0,3	0,4	0,13	50	274	367	458
			0,4	0,13	312	405	496			0,6	0,20	100	382	475	566
			0,6	0,20	372	465	556			0,6	0,20	150	490	583	672
	150	0,5	0,2	0,07	332	425	516		0,5	0,4	0,13	50	301	394	485
			0,4	0,13	391	484	575			0,6	0,20	100	479	572	663
			0,6	0,20	539	632	723			0,6	0,20	150	658	751	842
	100	0,1	0,2	0,07	338	431	522		0,3	0,2	0,07	50	286	379	470
			0,4	0,13	382	475	566			0,4	0,13	100	385	478	569
			0,6	0,20	479	572	663			0,6	0,20	150	485	578	669
	150	0,3	0,2	0,07	385	478	569		0,5	0,4	0,13	50	312	405	496
			0,4	0,13	458	551	642			0,6	0,20	100	458	551	642
			0,6	0,20	622	715	806			0,6	0,20	150	604	697	790
	150	0,5	0,2	0,07	478	571	662		0,5	0,4	0,13	50	372	465	556
			0,4	0,13	616	709	800			0,6	0,20	100	622	715	806
			0,6	0,20	955	1048	1139			0,6	0,20	150	872	965	1056
	150	0,1	0,2	0,07	413	506	597		0,5	0,2	0,07	50	332	425	516
			0,4	0,13	490	583	672			0,4	0,13	100	478	571	662
			0,6	0,20	658	751	842			0,6	0,20	150	623	716	807
	150	0,3	0,2	0,07	485	578	669		0,5	0,4	0,13	50	391	484	575
			0,4	0,13	604	697	790			0,6	0,20	100	616	709	800
			0,6	0,20	872	965	1056			0,6	0,20	150	841	934	1025
	150	0,5	0,2	0,07	623	716	807		0,5	0,4	0,13	50	539	632	723
			0,4	0,13	841	934	1025			0,6	0,20	100	955	1048	1139
			0,6	0,20	1375	1465	1556			0,6	0,20	150	1372	1465	1556

Samenvatting

Toename van N_o bij:

α_z β

N ₁	0,2 + 0,6	0,1	0,3	0,5
50		24	86	207
100		141	237	477
150		245	387	749
	β	α_z		
	0,1 + 0,5	0,2	0,4	0,6
50		70	117	253
100		140	234	476
150		210	353	714