



Proefstation voor de
Rundveehouderij,
Schapenhouderij en
Paardenhouderij

Waiboer-
hoeve

ROC's

Regionale
Onderzoek
Centra

Publikatie nr. 99

Mineralenstroom milieumodule in BBPR

Maart 1995

Colofon



Uitgever:

Proefstation voor de Rundveehouderij,
Schapehouderij en Paardenhouderij (PR)
Runderweg 6, 8219 PK Lelystad.
Telefoonnr. 03200-93211, Fax. 03200-41584.

Redactie en fotografie:

Afdeling Voorlichting van het PR

Drukker:

Drukkerij Cabri bv
Lelystad

ISSN 0921-2291

Eerste druk 1995 / oplage 5000

De onderzoekcentra



Overname is toegestaan, mits van
uitdrukkelijke bronvermelding voorzien.

Losse nummers zijn uitsluitend verkrijgbaar door
f 12,50 over te maken op Postbanknr. 2307421
van het Proefstation PR, Runderweg 6,
8219 PK Lelystad met vermelding:
Publikatie PR nr. 99

Geïnteresseerden kunnen donateur van
het PR worden.

Informatie is verkrijgbaar bij het PR.

De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid
voor gevolgen bij gebruik van in deze publikatie
vermelde gegevens.

Proefstation voor de
Rundveehouderij,
Schapenhouderij en
Paardenhouderij (PR)

Waiboer-
hoeve

Regionale
Onderzoek
Centra
(ROC's)

Mineralenstroom milieumodule in BBPR

R. Schreuder
J.C. van Middelkoop
J. Aalenhuis
F. Mandersloot

Voorwoord

Een mineralenbalans van een melkveebedrijf geeft inzicht in de totale aanvoer en afvoer van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Wanneer de aanvoer de afvoer overtreft is er sprake van een overschot. Dit overschot kan verloren gaan. De mineralenbalans geeft echter niet aan waar binnen het bedrijf eventuele verliezen optreden en in welke vorm deze plaatsvinden. Daarom heeft het PR binnen het bedrijfsbegrotingsprogramma rundveehouderij (BBPR) een module ontwikkeld die probeert inzicht te geven in de omvang, vorm en plaats van mineralenverliezen op het melkveebedrijf. Met deze module is het nu mogelijk om naast economische en technische kengetallen ook milieutechnische kengetallen in bedrijfsverband met BBPR te berekenen.

In deze publicatie wordt de opbouw van deze module, genaamd Mineralenstroom, beschreven. De module is ontwikkeld op basis van de beschikbare kennis. Het geeft dan ook een beeld van de huidige inzichten. Daarmee wordt ook meteen aangegeven dat de module op basis van

nieuwe inzichten veranderd. Nieuwe kennis wordt zo snel mogelijk in de module toegepast. De praktische uitvoering van het bijeenbrengen van kennis en de ontwikkeling van het computerprogramma is gedaan door een aantal medewerkers van het PR, NMI en IKC-V-RSP. Daarnaast is ook voor een aantal specifieke onderwerpen gebruik gemaakt van onderzoeksresultaten en kennis van andere instituten. De ontwikkeling van de module Mineralenstroom is mede gefinancierd door FOMA.

Deze publicatie is naast een beschrijving voor de gebruikers ook bedoeld als achtergrondinformatie bij studies die gebruik maken van BBPR inclusief de module Mineralenstroom.

Van BBPR zijn diverse versies beschikbaar voor de praktijk. Inlichtingen hierover zijn te verkrijgen bij het PR te Lelystad.

A.T.J. van Scheppingen
Hoofd Afdeling Synthese, PR

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	3
2	Plaats van Mineralenstroom in BBPR	4
	2.1 Bedrijfsbegroting	5
	2.2 Normen Voor de Voederveorziening	5
	2.3 Economische deelprogramma's	5
	2.4 Milieutechnische deelprogramma's	6
3	Opzet en uitgangspunten van Mineralenstroom	7
	3.1 Veestapel	7
	3.1.1 Mestproductie	8
	3.1.2 Mestsamenstelling	8
	3.2 Huisvesting	9
	3.3 Mestopslag	12
	3.4 Bemesting	12
	3.4.1 Mesttoediening	12
	3.4.2 Bemestingsstrategie	13
	3.4.3 Maximale mesttoediening	14
	3.5 Grondgebruik	16
4	Uitvoer	19
	4.1 Inleiding	19
	4.2 Voorbeeldbedrijf	19
	4.3 Stikstofstroom	20
	4.4 Bemesting	22
5	Tenslotte	23
	Samenvatting	25
	Literatuur	27
	BIJLAGEN	29

Inleiding

Melkveehouders moeten in hun bedrijfsvoering steeds meer rekening houden met het milieu. Regelgeving door de overheid over mestproductie en mesttoediening is hiervan een duidelijk voorbeeld. Met de invoering van de derde fase mestbeleid staat voor de tweede helft van de jaren '90 regelgeving met betrekking tot de mineralenverliezen op stapel. Hoe het beleid er uiteindelijk uit zal zien is nog onduidelijk. Wel mag verwacht worden dat melkveebedrijven zich moeten aanpassen aan dit toekomstige beleid. Daartoe kunnen veranderingen in bedrijfsvoering en bedrijfsopzet noodzakelijk zijn. Door vooraf de gevolgen van elk van deze aanpassingen voor het inkomen en het milieu te berekenen, kan een meer gefundeerde keuze gemaakt worden.

Een mineralenbalans van een melkveebedrijf geeft inzicht in de totale aanvoer en afvoer van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Wanneer de aanvoer de afvoer overtreft is er sprake van een overschot. Dit overschot kan verloren gaan. Een mineralenbalans geeft echter niet aan waar binnen het bedrijf eventuele verliezen optreden en in welke vorm deze plaatsvinden. Het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR) heeft voor het bedrijfsbegrotingsprogramma voor de rundveehouderij (BBPR) een milieumodule ontwikkeld. Hierin wordt berekend waar en in welke vorm mineralen verloren gaan. Deze module, genaamd Mineralenstroom, is een eerste aanzet tot berekening van de volledige mineralenkringloop en gaat uit van de momenteel beschikbare kennis. De doelstellingen bij het ontwikkelen van de module zijn geweest:

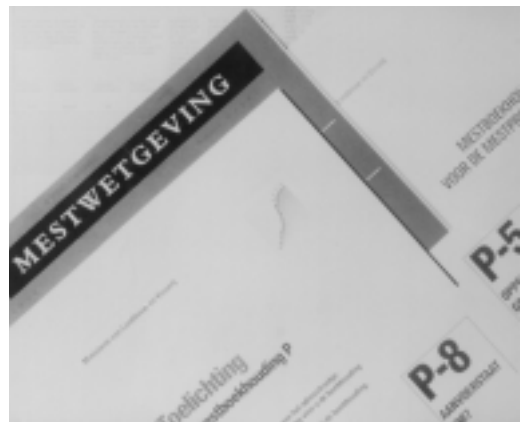
- het verkrijgen van inzicht in de omvang van de verliesposten
- het kunnen doorrekenen van mineralenstromen in bedrijfssituaties

- het vastleggen van de aanwezige kennis

- het aangeven van ontbrekende kennis.

Deze publikatie geeft een beschrijving van de module Mineralenstroom. De aandacht is daarbij meer gericht op de opzet van de module dan op de gebruikte kengetallen. Deze laatste veranderen immers wanneer er nieuwe kennis beschikbaar komt. Deze nieuwe kennis wordt zo snel mogelijk in de module Mineralenstroom opgenomen.

Bij het bespreken van de diverse onderdelen ligt het accent op de stikstofstroom. In hoofdstuk 2 wordt de plaats van Mineralenstroom binnen het BedrijfsBegrotingsProgramma Rundveehouderij (BBPR) gegeven. Aansluitend worden de diverse onderdelen besproken in hoofdstuk 3. De normaal gezette tekst geeft een globale beschrijving van de module. De in de module opgenomen aannames (versie BBPR 2.05, 1 januari 1995) zijn cursief weergegeven. De uitvoer van Mineralenstroom wordt in hoofdstuk 4 toegelicht.



Regelgeving door de overheid over mestproductie is vastgelegd in de mestwetgeving.

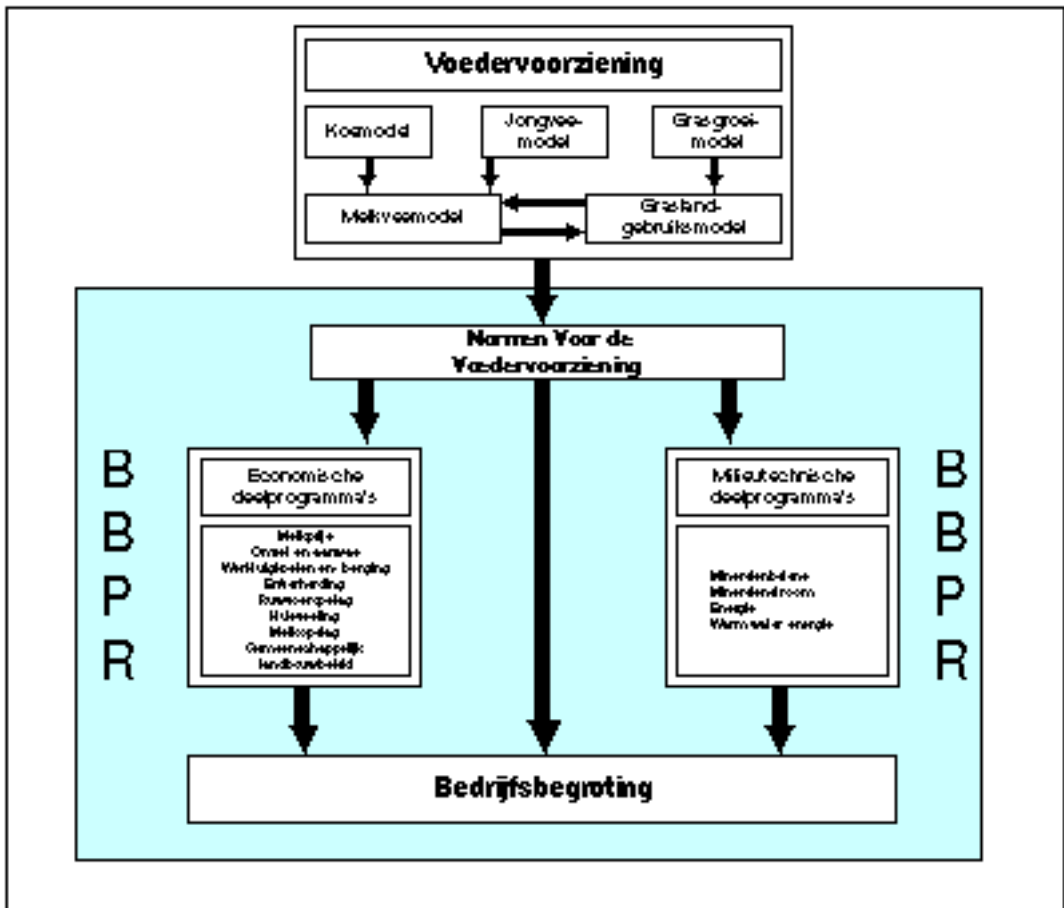
2 Plaats van Mineralenstroom in BBPR

Door het PR is voor het uitvoeren van berekeningen in bedrijfsverband BBPR ontwikkeld (Van Alem en Van Scheppingen, 1993; Kanis en Van Alem, 1993; Van der Kamp e.a., 1992). Rekening houdend met specifieke bedrijfsomstandigheden berekent BBPR technische, milieutechnische en bedrijfseconomische kengetallen. Mineralenstroom maakt deel uit van BBPR. Uitgangspunt bij berekeningen met BBPR is steeds de huidige advisering op het gebied van voeding en bemesting. Daartoe wordt BBPR regelmatig aangepast. Vergelijking van resultaten van de huidige bedrijfsvoering met kengetallen uit BBPR geeft in-

zicht in de rendabiliteit van het bedrijf en de doelmatigheid op technisch en milieutechnisch gebied. Door alternatieven voor de huidige bedrijfsvoering door te rekenen is het mogelijk de gevolgen van een verandering in de bedrijfsvoering te schatten.

BBPR is opgebouwd uit verschillende modules. De opzet van BBPR is in figuur 1 weergegeven. Per onderdeel wordt hierna een korte toelichting gegeven. Publikatie nr. 72 van het PR (Mandersloot e.a., 1991) geeft een uitgebreidere toelichting bij de verschillende onderdelen.

Figuur 1 Structuur BedrijfsBegrotingsProgramma voor de Rundveehouderij (BBPR)



2.1 Bedrijfsbegroting

Bij berekeningen in bedrijfsverband speelt de bedrijfsbegroting een centrale rol. In de bedrijfsbegroting zijn alle onderdelen van het bedrijf opgenomen. Dit gebeurt vanuit een bedrijfseconomische invalshoek. De opbrengsten en de kosten, die gemaakt moeten worden om deze opbrengsten te realiseren, worden met diverse modules berekend. Met de opbrengsten en de kosten worden in de bedrijfsbegroting verschillende economische kengetallen zoals het saldo (opbrengsten minus toegerekende kosten) en het netto bedrijfsresultaat berekend. Het saldo is het meest geschikt voor het beoordelen van bedrijfsaanpassingen waarbij geen investeringen in duurzame produktiemiddelen worden gedaan. Zijn investeringen in bijvoorbeeld stallen of machines nodig, dan is het netto bedrijfsresultaat een betere maatstaf voor het beoordelen van de aanpassing, omdat hierin ook de jaarlijkse kosten voor duurzame produktiemiddelen worden meegenomen.

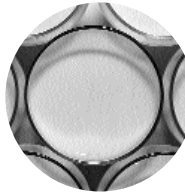
2.2 Normen Voor de Voederverzorging

Bij het berekenen van opbrengsten en kosten speelt de voederverzorging een belangrijke rol. Het onderdeel Normen Voor de Voederverzorging (NVV) berekent hoeveel ruwvoer op het eigen bedrijf geproduceerd kan worden. Naast de ruwvoerproductie geeft NVV ook aan hoeveel ruw- en krachtvoer door het vee wordt opgenomen en welke melkproductie daarmee behaald wordt. Het verschil tussen de ruwvoeropname van de veestapel en de ruwvoerproductie op het eigen bedrijf bepaalt de voeraankoop. Ruwvoeroverschotten worden in NVV altijd verkocht. Publikatie nr. 70 van het PR (Werkgroep Normen voor de Voederverzorging, 1991) licht het onderdeel NVV toe.

Aan NVV ligt een groot aantal berekeningen met andere modellen ten grondslag. Deze betreffen de voeding en produktie van het vee (koemodel, jongveemodel, melkveemodel), de produktie van het grasland (grasgroeimodel) en het graslandgebruik (graslandgebruiksmodel). De resultaten van deze berekeningen zijn verwerkt tot rekenregels die in NVV zijn opgenomen.

2.3 Economische deelprogramma's

Informatie uit NVV kan gebruikt worden in een aantal economische deelprogramma's. Met deze deelprogramma's worden kosten en opbrengsten berekend voor verschillende bedrijfsonderdelen. De volgende programma's maken deel uit van BBPR:



■ **Melkprijs:** berekent de melkprijs, rekening houdend met de in Nederland gangbare uitbetalingssystemen.



■ **Omzet en aanwas:** berekent de opbrengsten uit de verkoop en de kosten van eventuele aankoop van rundvee.



■ **Werktuigkosten en-berging:** berekent de vervangingswaarde en de jaarlijkse kosten van de aanwezige machines en de grootte, vervangingswaarde en jaarlijkse kosten van de werktuigberging.



■ **Erfverharding en ruwvoeropslag:** berekent de oppervlakte, vervangingswaarde en jaarlijkse kosten van respectievelijk de erfverharding en de ruwvoeropslag. Bij de ruwvoeropslag spelen hoeveelheid en soort ruwvoer een belangrijke rol.



■ **Huisvesting en mestopslag:** berekent de vervangingswaarde en de jaarlijkse kosten voor respectievelijk de huisvesting van melkvee en jongvee en de opslag van mest, afhankelijk van de eisen die aan de stal en de mestopslag gesteld worden.



■ **Gemeenschappelijk Landbouwbeleid:** berekent het maximaal verkrijgbare premiebedrag, op basis van het Europese landbouwbeleid.

2.4 Milieutechnische deelprogramma's

De module Mineralenstroom is een van de milieutechnische deelprogramma's in BBPR.

Naast Mineralenstroom zijn er binnen BBPR de volgende milieutechnische deelprogramma's. Deze programma's richten zich op het mineralen- en energieverbruik:



■ **Mineralenbalans:** geeft een overzicht van de aanvoer en de afvoer van mineralen op het melkveebedrijf.



■ **Warm Water Energie:** berekent hoeveel warmwater en energie voor de reiniging van de melkinstallatie en de melkstal nodig is. Tevens wordt berekend hoeveel af-

valwater ontstaat.



■ **Energie:** berekent het directe energieverbruik, in de vorm van elektriciteit en brandstoffen als dieselolie en gas en het indirecte energieverbruik. Dit laatste is de energie die in door het bedrijf gebruikte goederen en diensten verwerkt is (Hageman en Mandersloot, 1994).

Mineralenstroom geeft een overzicht van de verschillende mineralenstromen binnen het bedrijf. De grootte van de mineralenverliezen, de plaats waar en de vorm waarin deze verliezen optreden worden weergegeven. Ook wordt in deze module berekend hoeveel N, P en K nodig is voor bemesting. Met het toedienen van dierlijke mest wordt in een deel van deze behoefte voorzien. Het overige deel wordt aangevuld met kunstmest.

3 Opzet en uitgangspunten van Mineralenstroom

Om inzicht te krijgen in de omvang, de vorm en de plaats van mineralenverliezen op het melkveebedrijf is het noodzakelijk om de mineralenstromen binnen het bedrijf te volgen. Hiervoor is in de module Mineralenstroom het melkveebedrijf in vijf onderdelen verdeeld. In figuur 2 zijn deze onderdelen schematisch weergegeven.

- **Veestapel.** Dieren nemen met ruw- en krachtvoer mineralen op. Een deel van de mineralen is nodig voor de productie van melk en vlees. De rest wordt uitgescheiden in de faeces en in de urine.
- **Huisvesting.** Van de mest die door het vee wordt uitgescheiden komt een groot deel in de stal terecht. Vanaf de stalvloer en vanuit de kelder gaat stikstof verloren door de emissie van ammoniak.
- **Mestopslag.** Op veel bedrijven is externe mestopslag aanwezig. Ook vanuit deze opslag emitteert ammoniak.
- **Bemesting.** Toedienen van mest gaat gepaard met emissie van ammoniak. De niet vervluchtigde stikstof en de overige mineralen voorzien voor een deel in de behoefte van het gewas. Zonodig kan met kunstmest aangevuld worden.

- **Grondgebruik.** Een deel van de mineralen die aan de bodem zijn toegediend, wordt door het gewas opgenomen. Via het geproduceerde ruwvoer komen de mineralen beschikbaar voor de veestapel, waarmee de mineralenkringloop rond is. De mineralen die niet door de plant zijn opgenomen, worden in de bodem vastgelegd of gaan via emissie of uitspoeling verloren.

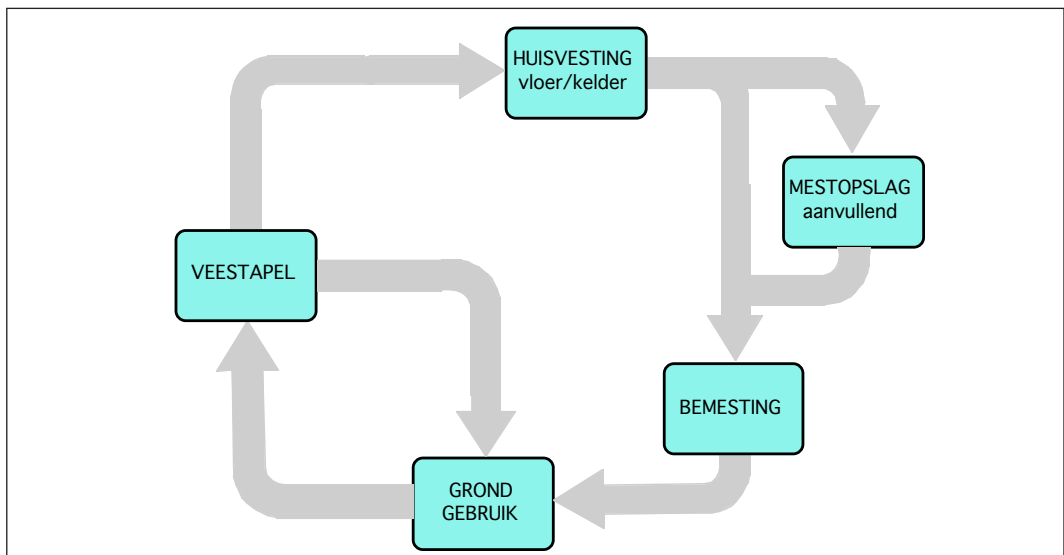
Bij het bespreken van de diverse onderdelen van Mineralenstroom ligt het accent op de stikstofstroom. Wanneer er geen opmerkingen over fosfor of kalium worden gemaakt dan zijn er geen verliezen of is er geen aanvoer van deze mineralen.

Bij de beschrijving is de aandacht meer gericht op de opzet van de module dan op de gebruikte kengetallen. Deze laatste veranderen immers wanneer er nieuwe kennis beschikbaar komt. Deze nieuwe kennis wordt zo snel mogelijk in de module Mineralenstroom opgenomen.

3.1 Veestapel

De mestproductie van het vee en de mestsamenstelling worden berekend vanuit de opgenomen

Figuur 2 De verschillende onderdelen van de mineralenstroom op het bedrijf



hoeveelheid ruw- en krachtvoer, de verteerbaarheid en mineralengehalten van de voedermiddelen en de in melk en vlees vastgelegde mineralen.

3.1.1 Mestproductie

De mestproductie wordt berekend op basis van de opname van droge stof en de verteerbaarheid hiervan. In de module is verondersteld dat de niet verteerde droge stof wordt uitgescheiden in de faeces. Daarnaast wordt ook met urine droge stof uitgescheiden. Samen vormt dit de totale hoeveelheid droge stof in de mest. Door een droge-stofgehalte in de mest te veronderstellen is het totale volume van de door het vee uitgescheiden mest te berekenen.

Voor een aantal voedermiddelen zijn de verteringscoëfficiënten voor droge stof en eiwit vermeld in tabel 1. Bij een hogere melkproductie verloopt de vertering minder efficiënt. Vanaf een melkproductie van 5000 kg daalt de verteringscoëfficiënt van de droge stof met 3 % per 1000 kg melk.

In Mineralenstroom is uitgegaan van een droge-stofgehalte in de mest van 9,5 %, zoals vermeldt in het Handboek voor de Rundveehouderij (IKC-V-RSP, 1993). Wanneer in de stal spoelwater aan de mest wordt toegevoegd, wordt een percentage van 8,0 % verondersteld.

De uitscheiding van mest in de stal gedurende de zo-

Tabel 1 Verteringscoëfficiënten van enkele voedermiddelen.

voedermiddel	verteringscoëfficiënt droge stof
weidegras	0,65-0,75 ¹⁾
graskuil	0,65-0,75 ¹⁾
maiskuil	0,70
standaard krachtvoer	0,80
eiwitrijk krachtvoer	0,80
extra eiwitrijk krachtvoer	0,80
voederbiet	0,86

¹⁾ Verteringscoëfficiënt wordt berekend met de voederwaarde, N-gehalte en ruw asgehalte.

merperiode is afhankelijk van de tijd die de dieren in de stal doorbrengen. Deze hoeveelheid komt in de mestopslag terecht. Onderzoek van het PR in de 70'er jaren heeft aangetoond dat bij beperkt weiden (koeien 's nachts op stal) 50 % van de uitgescheiden mest in de stal terecht komt en bij onbeperkt weiden (koeien weiden dag en nacht) 10 %.

3.1.2 Mestsamenstelling

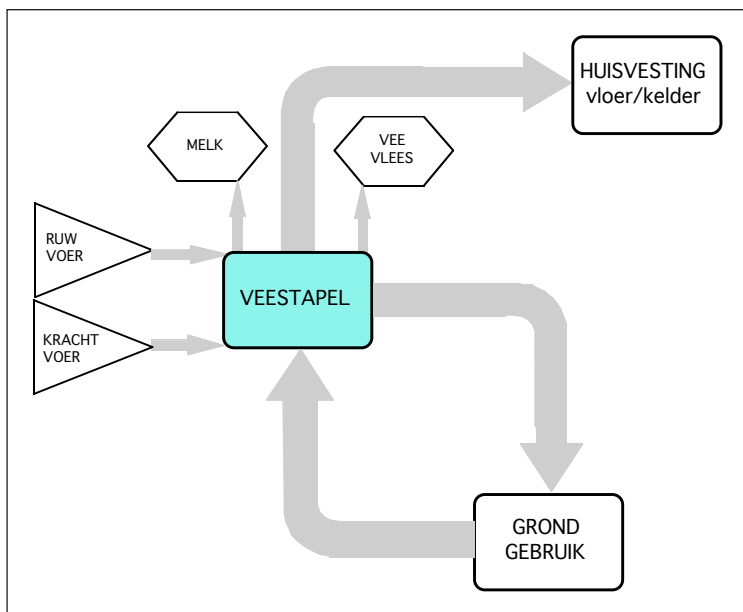
Met voedermiddelen worden mineralen opgenomen. Uit de voeropname en de mineralengehalten van elk voedermiddel wordt de opname van mineralen berekend. Van de opgenomen mineralen komt een deel in het maag-darmkanaal terecht. Deze mineralen worden in het bloed opgenomen. Het overige deel van de mineralen wordt uitgescheiden via de faeces. Van de mineralen die in het bloed worden opgenomen wordt een

deel benut voor de productie van melk, groei van het dier en eventueel groei van een kalf. De niet benutte mineralen worden met de urine uitgescheiden. De mestsamenstelling wordt berekend door de uitgescheiden hoeveelheid mineralen te delen door het volume van de uitgescheiden mest.

Voor enkele voedermiddelen staan de gehalten voor N, P en K in tabel 2.

De stikstof in de mest bestaat uit een organische en een minerale fractie. Uit onderzoek van Elzing en Kroodsma (1994) en Jarvis et al. (1989) blijkt dat 70 tot 80 % van de stikstof in

Figuur 3 De aan- en afvoer van mineralen in de deelbalans veestapel



Tabel 2 Standaard mineralengehalten en verteringscoëfficiënten (vc) eiwit van enkele voedermiddelen

Voedermiddel	N	P	K	vc
weidegras (g/kg ds)	31,0 - 41,0 ¹⁾	4,0	36,0	0,75-0,82 ¹⁾
graskuil (g/kg ds)	26,0 - 34,0 ¹⁾	3,9	36,0	0,68-0,74 ¹⁾
maiskuil (g/kg ds)	13,8	2,2	15,0	0,55
standaard krachtvoer (g/kg)	21,0	4,5	15,0	0,80
eiwitrijk krachtvoer (g/kg)	31,0	5,0	16,0	0,85
extra eiwitrijk krachtvoer (g/kg)	54,0	11,0	20,0	0,85
voederbiet (g/kg ds)	13,4	1,8	25,2	0,67

¹⁾ N-gehalte en verteringscoëfficiënt zijn afhankelijk van N-bemesting.

urine uiteindelijk in de minerale stikstoffractie van de mest terecht komt. In Mineralenstroom is uitgegaan van 80 %. De overige 20 % wordt beschouwd als organische stikstof. Alle stikstof die in faeces zit wordt beschouwd als organische stikstof.

Evenals voor droge stof verloopt de vertering van eiwit bij hogere produktieniveaus minder efficiënt. Voor eiwit is met de helft van de efficiëntieverlaging van droge stof gerekend.

Aangenomen wordt dat van de totale hoeveelheid uitgescheiden fosfor 3 % in de urine terecht komt. Voor kalium is dit 80 %.

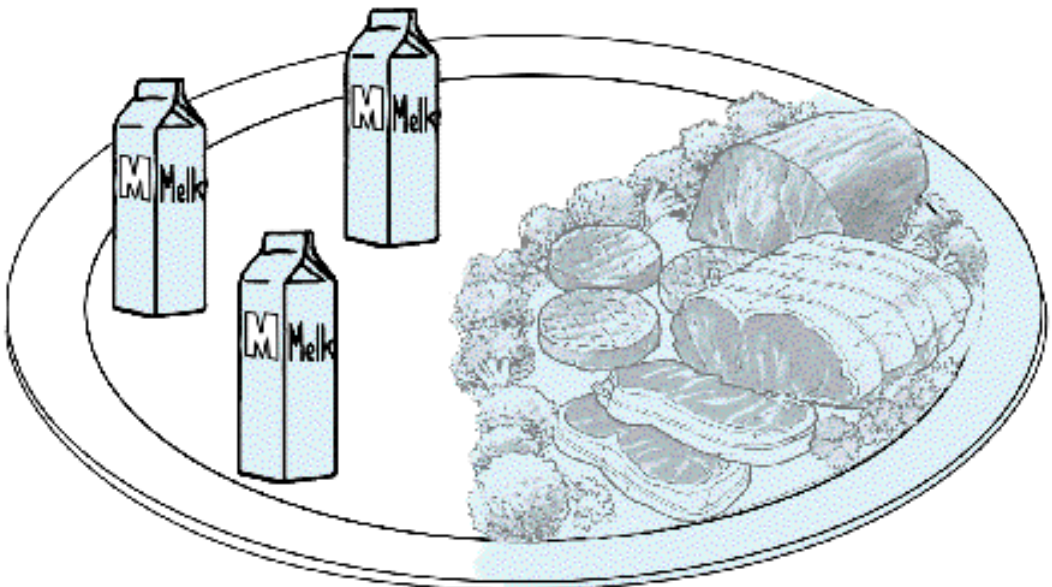
3.2 Huisvesting

In de stal leidt uitscheiding van mest en urine door vee tot vervluchtiging van ammoniak vanaf de vloer en vanuit de kelder. In Mineralenstroom

wordt, op basis van onderzoek van IMAG-DLO, uitgegaan van een vaste ammoniakemissie per koe per maand. Deze emissie is opgedeeld in emissie vanaf de vloer en emissie vanuit de kelder.

In de zomerperiode is de emissie vanaf de vloer afhankelijk gesteld van de tijd dat er dieren in de stal aanwezig zijn en dus van het beweidingssysteem. De emissie vanuit de kelder vindt gedurende het gehele jaar plaatst.

Uit onderzoek van het IMAG-DLO (Kroodsmas et al., 1989) is afgeleid dat in de winter de ammoniakemissie uit een stal met een roostervloer 1,1 kg NH₃ per koe per maand bedraagt. Dit betekent bij een stalperiode van 6 maanden 6,6 kg ammoniak per dier. Het IMAG-DLO geeft een bandbreedte aan van 5 tot 8 kg ammoniak per



Een deel van de mineralen wordt vastgelegd in melk en vlees.

koe in de stalperiode, waarbij de onder- en de bovengrens nog verder uiteen kunnen lopen afhankelijk van het rantsoen (Monteny en Verboon, 1994).

Uit ander IMAG-DLO onderzoek (Kroodtsma en Huis in 't Veld, 1989) is gebleken dat bij volledig opstallen 60 % van de emissie afkomstig was van de roostervloer en de overige 40 % uit de kelder.

Bij beperkt weiden (15 uur per etmaal in de stal) in het voorjaar is door het IMAG-DLO een emissie van 1,35 kg ammoniak per koe per maand gemeten (Oosthoek en Verboon, 1990). Omgerekend is dit bij volledig opstallen 1,74 kg ammoniak per koe per maand. Dit getal is in Mineralenstroom gebruikt voor het berekenen van de ammoniakemissie in de zomerperiode. Hierdoor kan de ammoniakemissie in de weideperiode onderschat zijn. Bij onbeperkt weiden is verondersteld dat de dieren slechts 4 uur per etmaal in de stal zijn. Dit betekent dat de vloeremissie bij onbeperkt weiden slechts 17 % (4/24) is ten opzichte van volledig opstallen. Bij beperkt weiden is de vloeremissie 62,5 % ten opzichte van volledig opstallen in de zomer.

De stalemissie voor pinken en kalveren is respectievelijk

0,52 en 0,27 van die van melkkoeien. Deze correctiefactoren zijn afgeleid uit de verhouding tussen de hoeveelheden mengmest die koeien enerzijds en pinken en kalveren anderzijds produceren.

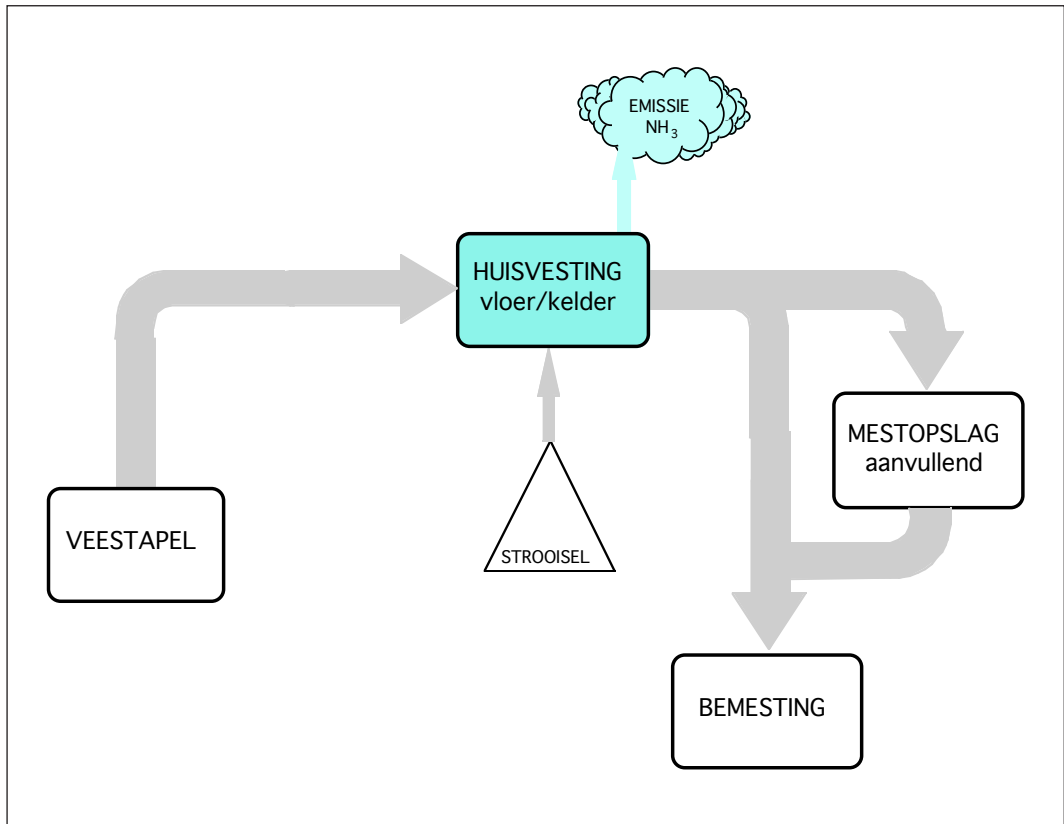
In Mineralenstroom is geen rekening gehouden met het bevuilde oppervlak bij het berekenen van de emissie uit de huisvesting. Ook de stikstofconcentratie in de mest heeft in Mineralenstroom geen invloed op de ammoniakemissie vanuit de huisvesting.

In Mineralenstroom is het mogelijk de emissie vanuit de stal te beperken door gebruik te maken van:

- een spoelsysteem
- een hellende dichte vloer.
- het aanzuren van mest

Door het toepassen van een spoelsysteem wordt de vloer regelmatig gereinigd. Hiermee wordt stikstof van de vloer verwijderd. De emissie vanaf de vloer neemt hierdoor af. Bij gebruik van een spoelsysteem is het mestvolume groter waardoor een grotere mestopslag nodig is.

Figuur 4 De aan- en afvoer van mineralen bij de deelbalans huisvesting



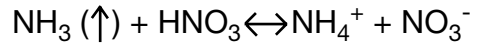
Bij een dichte hellende vloer met giergoot wordt de urine sneller afgevoerd. Doordat de tijd dat urine op de vloer aanwezig is wordt bekort neemt de emissie vanaf de vloer af. De dichte vloer zorgt tevens voor een afdekking van de kelder. Hierdoor neemt de emissie vanuit de kelder sterk af.

Aanzuren van mest met salpeterzuur in de mestkelder vermindert de ammoniakemissie. Het evenwicht in de zuur-base reactie tussen ammoniak (NH_3) en ammonium (NH_4^+), vereenvoudigd weergegeven in figuur 5, verschuift naar ammonium. Hierdoor vermindert de ammoniakvervluchting. Toevoegen van salpeterzuur aan de mest leidt tot een toename van de hoeveelheid stikstof in de mest. De bemestende waarde van de drijfmest neemt hierdoor toe.

Uit onderzoek bij het IMAG-DLO (Huis in 't Veld e.a. 1993) is gebleken dat bij een hoeveelheid spoelwater van 50 l per koe per dag de stalemissie afneemt met 50 %. In Mineralenstroom is aangenomen dat de emissie vanaf de vloer afneemt met 70 % en vanuit de kelder met 20 %.

Door de snelle afvoer van urine bij een dichte hellende vloer wordt de emissie vanaf de vloer 13 % lager. Door de dichte vloer is de emissie vanuit de kelder met 80 %

Figuur 5 Aanzuren van mest



gereduceerd (Kant e.a., 1992).

Praktijkonderzoek (Van Lent, 1991 a,b) heeft aangetoond dat bij aanzuren de ammoniakemissie vanuit de kelder met 75 % afneemt. Het stikstofgehalte in de mest verdubbelt.

Naast het verlies van stikstof via ammoniakemissie vindt er in de huisvesting ook aanvoer van stikstof plaats. Met het strooisel worden stikstof, fosfor en kalium aangevoerd en aan de mest toegevoegd. De hoeveelheden zijn echter gering. Tevens komen voerresten in de mest terecht.

Als strooisel kan zaagsel of stro worden gebruikt. In de winterperiode verbruikt een koe per dag 0,27 kg zaagsel of 0,66 kg stro. Tijdens de zomerperiode is het verbruik afhankelijk van het beweidingssysteem. Bij dag en nacht weiden is het verbruik 0,08 kg zaagsel of 0,22 kg stro per koe per dag. Bij 's nachts opstallen wordt uitgegaan van 0,19 kg zaagsel of 0,44 kg stro per koe per dag.

De algemene normen van 5 % vervoederingsverliezen



Een hellende dichte vloer met giergoot geeft een lagere ammoniakemissie.

voor ruwvoer en 2 % voor krachtvoer zijn in Mineralenstroom gehanteerd.

3.3 Mestopslag

Soms kan niet alle mest in de stal worden opgeslagen. Een deel van het jaar wordt dan mest in een aanvullende mestopslag bewaard. Vanuit deze mestopslag gaat eveneens stikstof via ammoniakemissie verloren. De grootte van het mestoppervlak, de soort opslag, de gebruiksduur en het type afdekking bepalen uiteindelijk de omvang van de ammoniakemissie. De emissie is te verminderen door de mestopslag af te dekken. In Mineralenstroom kan gekozen worden uit een drijvende afdekking, een overkapping van beton, een kunststof tent overkapping en uit een strokorst.

Tijdens het bewaren van de mest in de opslag wordt organische stikstof omgezet naar minerale stikstof.

Uit onderzoek van De Bode (1990) is afgeleid dat de emissie per dag vanuit een niet-afgedekte silo in de zomer 12,84 g N per m² mestoppervlak en in de winter 8,88 g N per m² mestoppervlak bedraagt. Tevens bleek dat tijdens bewaring van mest organisch gebonden stikstof wordt omgezet naar minerale stikstof (De Bode, 1990). Deze mineralisatie is in de zomer 0,25 % per dag van de aanwezige organische stikstof. In de winter is dit 0,10 %.

Het afdekken van een open mestopslag zorgt voor een reductie van de emissie. In tabel 3 staan voor vier afdekmethoden de reductiepercentages ten opzichte van het niet afdekken van een open mestopslag.

Tabel 3 Gemiddelde emissiereductie bij verschillende typen afdekkingen van de mestopslag ten opzichte van geen afdekking tijdens de zomer en de winter

afdekking	emissiereductie (%)	
	zomer	winter
drijvende afdekking	84	80
tent-overkapping	84	71
betonnen overkapping	84	75
strokorst ¹⁾	70	55

¹⁾ In de praktijk wettelijk niet toegestaan

Uit onderzoek van Huis in 't Veld e.a. (1993) is afgeleid dat een spoelsysteem in de stal waarbij 50 l spoelwater per koe per dag wordt gebruikt, een emissiereductie vanuit de mestopslag geeft van 20 %. Aanzuren van mest tot pH 4 vermindert de emissie vanuit de mestopslag met 93 % ten opzichte van niet aangezuurde mest (Van Lent, 1991a,b).

3.4 Bemesting

In Mineralenstroom wordt eerst zoveel mogelijk dierlijke mest van het eigen bedrijf gebruikt om in de mineralenbehoefte van de gewassen te voorzien. Wanneer er met eigen dierlijke mest nog onvoldoende mineralen zijn toegediend wordt met kunstmest aangevuld tot de behoefte.

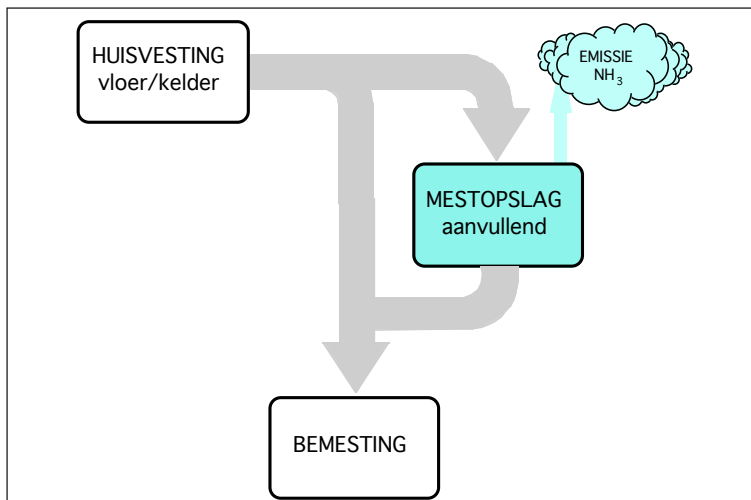
Dierlijke mest kan via verschillende methoden toegediend worden. De methode en het tijdstip van toediening beïnvloeden de ammoniakemissie bij toedienen en de werkingscoëfficiënt die uiteindelijk voor het gewas uit de dierlijke mest beschikbaar komt.

3.4.1 Mesttoediening

Na het toedienen van dierlijke mest op het land emitteert ammoniak. De emissie is afhankelijk van de minerale N-fractie in de mest en van de toedieningsmethode.

In Mineralenstroom is mesttoediening op drie tijdstippen mogelijk, voor de eerste snede (voorjaar), na de eerste snede (zomer) en in de nazomer. Er wordt rekening gehouden met mineralisatie van een deel van de organische stikstof tijdens het weideseizoen. Bij mest die in het voorjaar is toegediend mineraliseert

Figuur 6 De aan- en afvoer van mineralen bij de deelbalans mestopslag



Tabel 4 De methode van mesttoediening en de gemiddelde emissiereductie ten opzichte van bovengrondse toediening

mesttoedieningsmethode	emissie (% minerale N)	emissie-reductie (%)
grasland		
bovengrondse toediening ¹⁾	60	
injecteren	1	98
zodeinjectie	2,5	95
zodebemesting	10	83
inregenen ¹	15	75
verregenen ¹	20	67
sleeppoetenmachine	25	58
sproeiboom	30	50
bovengronds toedienen van aangezuurde mest pH 4,5 ¹⁾	10	85
bovengronds toedienen van aangezuurde mest pH 4 ¹⁾	4	93
bouwland		
bovengronds toedienen en direct onderwerken met ploeg	2,5	95 ²⁾
bovengronds toedienen en in dezelfde werkgangonderwerken met cultivator	2,5	95

¹⁾ wettelijk niet toegestaan

²⁾ binnen 1 uur onderwerken. Na 3 uur neemt de reductie af tot 75 %, na 6 uur tot 55 %.

meer stikstof dan bij mest die later in het seizoen wordt toegediend.

In tabel 4 staan, voor een aantal toedieningsmethoden, de ammoniakemissie en de emissiereductie ten opzichte van bovengrondse toediening. Bij het bovengronds toedienen van mest is ervan uitgegaan dat 60 % van de in de mest aanwezige minerale stikstof door ammoniakemissie verloren gaat (Bussink en Klarenbeek, 1990; Van der Meer, 1991b; Monteny, 1991; Vertregt en Selis,

1990). De werking van de minerale stikstof, na aftrek van de ammoniakverliezen bij toediening, en alle fosfor en kalium die met organische mest in de grond gebracht wordt is op 100 % gesteld. Op de drie uitrijtijdstippen wordt een werking van respectievelijk 24, 24 en 6 % van de organische stikstof verondersteld (Westhoek en Noij, 1992).

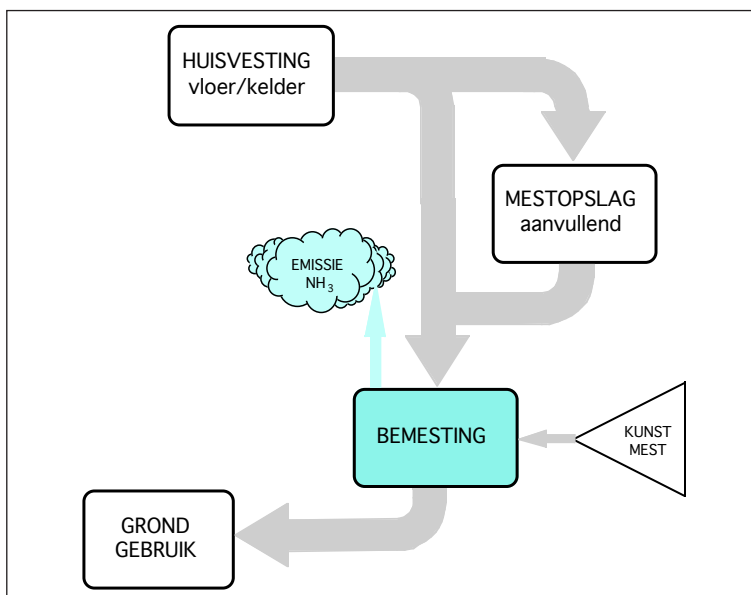
3.4.2 Bemestingsstrategie

In de voorgaande paragrafen is over fosfor (P) en kalium (K) gesproken als de afzonderlijk elementen. Bij bemesting wordt gesproken over fosfaat (P_2O_5) en kali (K_2O). Het is in Mineralenstroom mogelijk om voor de fosfaat- en kalibemesting twee strategieën te volgen:

- bemesting volgens het huidige landbouwkundig advies
- bemesting gelijk aan de afvoer van fosfaat en kali met het geoogst product eventueel vermeerderd met acceptabele verliezen (ook wel bemesting volgens onttrekking genoemd)

Landbouwkundig advies
Bij bemesting volgens het

Figuur 7 De aan- en afvoer van mineralen bij de deelbalans bemesting





Mest toedienen met een zodebemester geeft een emissiereductie van 83% ten opzichte van bovengronds uitrijden.

landbouwkundig advies wordt aan de hand van het P-AL- (of Pw- voor bouwland) en K-getal de respectievelijke fosfaat- en kalibemesting vastgesteld. Voor grasland wordt rekening gehouden met het aantal sneden, snedezwaarte en beweidingssysteem.

In Mineralenstroom wordt er bij de bemesting van maisland vanuit gegaan dat de bemesting breedwerpig plaatsvindt. Wanneer er niet voldoende mest aanwezig is vindt de aanvulling met kunstmestfosfaat in de rij plaats. Hierbij kan worden volstaan met de helft van de nog geadviseerde hoeveelheid fosfaat. In Mineralenstroom is het tevens mogelijk de rijenbemesting met kunstmest achterwege te laten.

Onttrekking

Bij bemesting volgens onttrekking is de bemesting afgestemd op de afvoer van fosfor met het gewas. Hierbij wordt rekening gehouden met de aan- en afvoer van fosfor door het weidende vee. In Mineralenstroom kan rekening worden gehouden met acceptabele verliezen. De omvang van deze verliezen zijn echter nog onduidelijk.

De hoogte van de eventuele acceptabele verliezen zijn in Mineralenstroom te variëren.

3.4.3 Maximale mesttoediening

De door het vee geproduceerde hoeveelheid mest wordt gebruikt om in de stikstof-, fosfaat- en kalibehoeft van de gewassen te voorzien. In een aantal gevallen overtreft de dierlijke mest de gewasbehoefte. Er zijn dan in Mineralenstroom twee opties mogelijk.

- Er wordt niet meer dierlijke mest toegediend dan volgens de behoefte aan stikstof, fosfaat of kali nodig is. Het mineraal waarvoor als eerste in de behoefte voorzien wordt bepaalt de hoeveelheid toe te dienen organische mest. Hierbij kan eventueel rekening worden gehouden met onvermijdbare verliezen.
- Wanneer bij toepassing van het landbouwkundig advies niet alle dierlijke mest te plaatsen is,

Tabel 5 N-levering bodem (kg N/ha/jaar) en NLV-klasse

NLV-klasse	N-levering
NLV 1	300
NLV 2	230
NLV 3	200
NLV 4	140

De gemiddelde depositie in Nederland voor stikstof is 49 kg N/ha/jaar.

mag bemest worden tot de door de overheid vastgestelde fosfaatgebruiksnorm.

Voor 1995 zijn deze fosfaatgebruiksnormen vastgesteld op 150 kg P_2O_5 per ha op grasland en 110 kg P_2O_5 per ha op mais- en bouwland.

Dierlijke mest die niet op het bedrijf geplaatst kan worden wordt buiten het bedrijf afgezet. In bijlage 1 is aan de hand van een voorbeeld het bemestingsonderdeel nader toegelicht. De uitgangspunten bij de berekening in bijlage 1 staan in hoofdstuk 4.

3.5 Grondgebruik

De met dierlijke mest en kunstmest toegediende mineralen komen in de bodem terecht. Via weidend vee en door depositie en stikstofbinding via vlinderbloemigen en vrij levende bacteriën komen eveneens mineralen in de bodem terecht. De mineralen kunnen door het gewas worden opgeno-

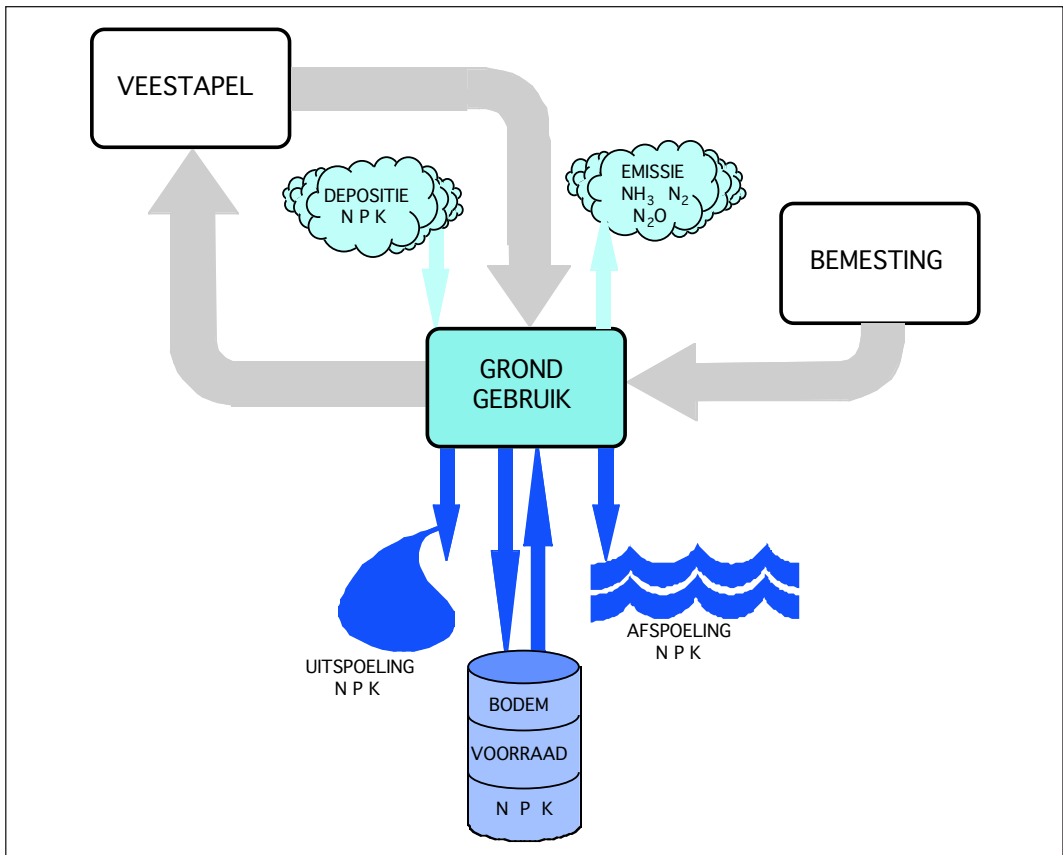
men of verloren gaan. Het verlies treedt op via onder andere uitspoeling en denitrificatie. Een groot deel van het verlies tijdens grondgebruik kan momenteel niet verklaard worden. Een deel van het niet verklaarde verlies is waarschijnlijk vastlegging van minerale stikstof in organische stof (immobilisatie) en toevoegen van organisch gebonden stikstof uit dierlijke mest aan de bodemvoorraad. Er is echter nog onvoldoende bekend over deze processen om ze in Mineralenstroom te kwantificeren.

Mineralisatie en depositie

Naast de aanvoer van stikstof via dierlijke mest en kunstmest komt er ook stikstof beschikbaar via mineralisatie en depositie van stikstof. De locatie bepaalt de stikstofdepositie. De mineralisatie is afhankelijk van grondsoort en grondwatertrap.

In het vernieuwde N-advies (Vellinga e.a., 1993) wordt

Figuur 8 Aan- en afvoer van mineralen bij de deelbalans grondgebruik



Tabel 6 Basisuitspoeling (kg N per ha per jaar) en de totale stikstofuitspoeling en denitrificatie (als % van de toegediende werkzame stikstof) bij verschillende combinaties van grondsoort, grondgebruik en stikstofniveau (kg N per hectare per jaar)

Gebruik	Basis uitspoeling	Toegediende werkzame stikstof uit drijfmest, kunstmest en urine (in kg N/jaar)						
		100	200	300	400	500	600	700
Grasland op zand	15	1	2	7	15	23	28	29
Grasland op klei	5	1	2	5	6	6	7	7
Grasland op veen	5	0	1	2	3	3	3	3
Maisland op zand	45	18	23	28	33	38	43	48
Bouwland op zand	45	25	25	25	25			
Bouw- en Maisland op klei	25	7	9	10				

Bron: Goossensen en van den Ham (1992)

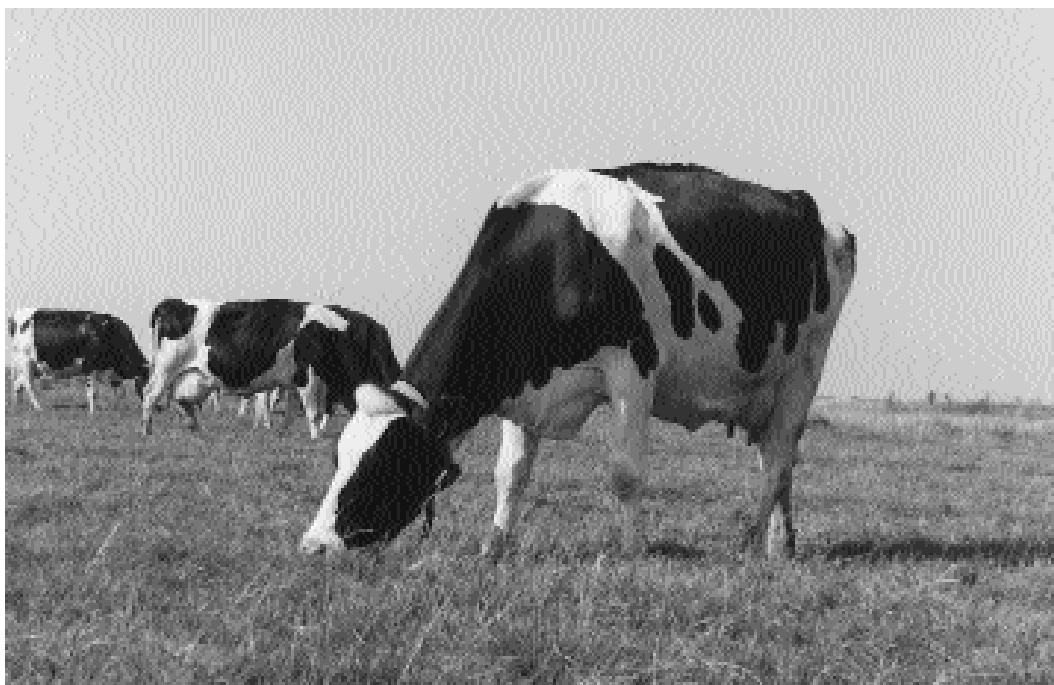
op basis van grondsoort, organische-stofgehalte en ontwatering een grond ingedeeld in één van de 4 klassen van stikstofleverend vermogen (NLV). Het stikstofleverend vermogen is opgebouwd uit de mineralisatie, tweederde van de depositie van stikstof uit de lucht en de binding van stikstof uit de lucht. Voor de vier NLV-klassen staat het stikstofleverend vermogen in tabel 5.

Beweidingsemisatie

Bij beweiding komen faeces en urine direct op het land terecht. Hierbij treedt vanuit de minerale stikstof fractie in de urine ammoniakemissie op.

Bussink (1990, 1991) geeft aan dat de emissie die optreedt tijdens beweiding 8% bedraagt van de tijdens beweiding uitgescheiden N. In Mineralenstroom is verondersteld dat de stikstof uit faeces en urine geen bemestende waarde heeft.

Stikstofuitspoeling, denitrificatie en urineplekken Minerale stikstof die in de bodem aanwezig is, kan voornamelijk als nitraat uitspoelen of door denitrificatie als stikstofgas (N_2) en lachgas (N_2O) verloren gaan. Het totale verlies door uitspoeling en denitrificatie is afhankelijk van een groot aantal



Via weidend vee komen er mineralen in de bodem en, via emissie, ook in de lucht terecht.

factoren. De bemesting met stikstof speelt een rol, maar ook grondsoort, ontwatering, graslandgebruik, neerslagoverschot en veebezetting zijn van belang. De berekening van de stikstofuitspoeling en denitrificatie is gebaseerd op het uitspoelingsmodel NITRIKC (Goossensen en Van den Ham, 1992). De grondwaterstand bepaalt welk deel van het totale verlies voor rekening van de nitraatuitspoeling en welk deel voor rekening van denitrificatie komt. Naarmate de grondwaterstand hoger is zal er meer stikstof door denitrificatie verloren gaan en minder uitspoelen. Bij een diepe ontwatering is er alleen sprake van uitspoeling.

In Mineralenstroom wordt allereerst het totale verlies door uitspoeling bij een diepe ontwatering berekend. Het verlies is opgebouwd uit:

- basisuitspoeling
- uitspoeling door het gebruik van kunstmest en drijfmest en door de stikstofuitscheiding van weidend vee.

De basisuitspoeling treedt op in een onbemeste situatie en is afkomstig van stikstof uit depositie, mineralisatie en de binding van stikstof uit de lucht door bacteriën. In tabel 6 staat voor een drietal grondsoorten de basisuitspoeling.

Ook van de stikstofaanvoer in de vorm van organische mest, kunstmest en urine, gaat een deel verloren door uitspoeling en denitrificatie. Het stikstofniveau bepaalt in sterke mate de grootte van het stikstofverlies. Bij een hoger stikstofniveau gaat meer stikstof verloren. Met urineelozingen worden plaatselijk grote hoeveelheden stikstof toegediend, waardoor in een urineplek een zeer hoog stikstofniveau ontstaat. Er kan dus ook veel nitraat uitspoelen. Het is daarom belangrijk met het aantal en de verdeling van de urineplekken over het grasland rekening te houden. In bijlage 2 wordt nader op de gevolgde procedure ingegaan. Van de met urineelozingen op het land uitgescheiden stikstof gaat een deel verloren via emissie van ammoniak (8 %). Uit onderzoek is gebleken dat daarnaast 25 % van de stikstof in urineplekken niet wordt teruggevonden. Dit is waarschijnlijk (chemo)denitrificatie, genoemd denitrificatie urineplek-



In het programma wordt rekening gehouden met depositie. Een deel van de depositie wordt veroorzaakt door auto's.

ken. Het totale stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie wordt berekend met behulp van de uitgangspunten in tabel 6.

Wanneer op maisland meer dan 300 kg N en op grasland meer dan 700 kg N per ha wordt toegediend worden de percentages van 300 en 700 kg N gehanteerd. Uit proeven is de relatie tussen de nitraatuitspoeling en de grondwaterstand afgeleid, waarbij deze laatste door grondwatertrappen (Gt) weergegeven is. Tijdens deze proeven zijn voor de praktijk gebruikelijke hoeveelheden mest toegediend. De uitspoeling op gronden met een diepe ontwatering (Gt VIII) is op 100 % gesteld. In Mineralenstroom zijn de in tabel 7 weergegeven percentages voor het inrekenen van de uitspoeling en denitrificatie bij andere grondwaterstanden toegepast. Uiteindelijk wordt een gemiddeld stikstofverlies per hectare berekend.

Fosfor en kalium

De kalium die aan het eind van het groeiseizoen nog in de grond aanwezig is zal gedurende de winter grotendeels uitspoelen. Het fosforoverschot zal, wanneer de grond nog niet fosfaatverzadigd is, aan de bodemvoorraad toegevoegd worden of afspoelen. Bij een fosfaatverzadigde

Tabel 7 Relatie tussen grondwatertrap (Gt) en de denitrificatie en nitraatuitspoeling op het vlak 1 meter min maaiveld; in procenten van de uitspoeling bij Gt VII*

GT	Nitraatuitspoeling	Denitrificatie
II	5	95
III	10	90
IV	40	60
V	50	50
VI	60	40
VII	75	25
VIII	100	0

Bron: Goossensen en van den Ham (1992)

grond zal een gedeelte van het fosfaatoverschot verloren gaan door uitspoeling.

Er is in Mineralenstroom verondersteld dat er geen mineralisatie van fosfor en kalium plaatsvindt. De gemiddelde depositie van fosfor en kalium is respectievelijk 0,9 kg P en 4,1 kg K per ha per jaar.

Hoe de processen met fosfaat en kalium in de bodem verlopen en hoeveel P en K daarbij betrokken is, is nog onvoldoende duidelijk.

4 Uitvoer

4.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 zijn de mogelijkheden van Mineralenstroom besproken. Aan de hand van een uitvoer van een voorbeeldbedrijf worden enkele kengetallen toegelicht. De uitvoer van Mineralenstroom beslaat een groot aantal pagina's. Deze zijn onder te verdelen in:

- invoer
- mineralenstromen
- bemesting
- mineralenbalans

In 4.2 zijn de uitgangspunten van het voorbeeldbedrijf weergegeven. Paragraaf 4.3 volgt de stikstofstroom op het bedrijf via deelbalansen. De bemesting wordt in 4.4 toegelicht. Voor een uitgebreide bespreking van de invoer en uitvoer van Mineralenstroom wordt verwezen naar de gebruikershandleiding (IKC).

De in het voorbeeld vermelde benuttingspercentages zijn berekende waarden. Zij gelden alleen voor het voorbeeld.

4.2 Voorbeeldbedrijf

Het voorbeeldbedrijf heeft een oppervlakte van 25 ha, waarvan 5 ha gebruikt wordt voor de teelt van snijmais. De 70 zwartbonte melkkoeien produceren 7000 kg melk per koe met 4,4 % vet en 3,4 % eiwit. Het vervangingspercentage bedraagt 30 %. Het bedrijf is gelegen op zandgrond. De N-gift op grasland is 385 kg N/ha. De dieren zijn gehuisvest in een ligboxenstal met een roostervloer. De kelder heeft een opslagcapaciteit van 470 m³ mest. Daarnaast is een mestsilos aanwezig met een opslagcapaciteit van 550 m³ mest. De mestsilos heeft als afdekking een kunststof tent. Op grasland wordt mest toegediend met een zodebemester. Op maisland wordt de mest na bovengronds toedienen direct ondergeploegd. De fosfaat- en kalibemesting zijn uitgevoerd op basis van het landbouwkundig advies, waarbij de fosfaat- en kalitoestand voldoende zijn. De fosfaatgebruiksnorm uit dierlijke mest bedraagt op grasland 150 kg P₂O₅ per ha en op

Tabel 8 Uitgangspunten voorbeeld ¹⁾

Aantal melkkoeien	70
Aantal pinken	22.1
Aantal kalveren	28.5
Grasland melkkoeien (ha)	13
Grasland jongvee (ha)	7
Snijmais (ha)	5
Melk (kg/koe)	7000
Vet (%)	4.4
Eiwit (%)	3.4
N-gift (kg N/ha)	385
Grondsoort	zand met humeus dek < 30
Fosfaattoestand (grasland) PAL	voldoende
Fosfaattoestand (maisland) Pw	voldoende
Kalitoestand (K-getal)	voldoende
Grondwatertrap	Gt IV (GHG 40-80, GLG 80-120)
Beweidingsstelsel melkkoeien	B4 + 6 (4 daags omweiden, 's nacht opstallen met 6 kg snijmais bijvoeding)
Beweidingsstelsel jongvee	O6 (6 daags omweiden)
Vervangingspercentage	30 %
Methode mesttoediening grasland	zodebemester
Methode mesttoediening snijmais	bovengronds toedienen en direct onderploegen
Mestkelder (m ³)	470
Mestsilo (m ³)	550
Afdekking mestsilo	tent

¹⁾ In hoofdstuk 4 wordt overal in de tabellen voor decimalen een „ gebruikt i.p.v. een „ omdat dit in de uitvoer van het programma ook zo is

Tabel 9 Deelbalans voeding ¹⁾

	kg N/ha	kg N/bedr	%
ZOMERPERIODE			
Netto N-opname via het voer	299.4	7486	20.4
N-benutting via melk en vlees	61.2	1530	
Totale afvoer	238.3	5956	
- Faeces in de stal	29.8	745	
- Urine in de stal	55.5	1388	
- Faeces in de wei	44.2	1104	
- Urine in de wei	108.7	2719	
WINTERPERIODE			
Netto N-opname via het voer	249.8	6245	25.7
N-benutting via melk en vlees	64.1	1603	
Totale afvoer	185.7	4642	
- Faeces	73.8	1845	
- Urine	111.9	2797	

¹⁾ In hoofdstuk 4 wordt overal in de tabellen voor decimalen een „ gebruikt i.p.v. een „, omdat dit in de uitvoer van het programma ook zo is

maisland 110 kg P₂O₅ per ha. De uitgangspunten van het voorbeeldbedrijf staan in tabel 8.

4.3 Stikstofstroom

De opname van stikstof en de in melk en vlees en mest benutte stikstof zijn in de deelbalans voeding (tabel 9) weergegeven. De stikstofbenutting is daarbij eveneens uitgedrukt als percentage van de door het dier opgenomen stikstof. In de zomerperiode wordt in deze situatie slechts 20 % van de opgenomen stikstof door de dieren benut voor de productie van melk en vlees. In de winterperiode is dit 26 %. De niet benutte N wordt met faeces en urine uitgescheiden. Op de deelbalans voeding is dit een afvoerpost. In de stal geproduceerde stikstof in faeces en uri-

ne (zomer en winter) is de aanvoer van stikstof voor de deelbalans huisvesting. In de wei geproduceerde stikstof in faeces en urine is aanvoer van stikstof voor de deelbalans grondgebruik.

Huisvesting

Op de deelbalans huisvesting (tabel 10) wordt stikstof via in de stal uitgescheiden mest aangevoerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen winter- en zomerperiode. Daarnaast vindt aanvoer van stikstof plaatst via voerresten en strooisel. De aanvoer van stikstof met strooisel is gering, slechts 0,9 kg N per ha per jaar. Van de aangevoerde stikstof gaat een deel verloren via emissie vanaf de stalvloer en vanuit de kelder. In dit voorbeeld is de ammoniakemissie vanuit de

Tabel 10 Deelbalans huisvesting

	kg N/ha	kg N/bedr	%
Totale N-aanvoer (excl. nitraat N)	285.1	7126	
Waarvan:			
- Mest zomer	85.3	2133	
- Mest winter	185.7	4642	
- Voerrest zomer	3.4	84	
- Voerrest winter	9.8	244	
- Strooisel	.9	23	
Aanvoer nitraat-N via aanzuren			
Totale N-emissie huisvesting	42.5	1063	¹⁾ 14.9
Waarvan:			
- Emissie vloeroppervlak	21.8	544	
- Emissie kelder	20.8	519	
N-afvoer naar opslag/toedienen/afzet	242.5	6064	
Waarvan:			
- Organische N	151.1	3778	
- Minerale N	91.4	2286	

¹⁾ Emissie t.o.v. totale aanvoer N (excl. nitraat-N)

Tabel 11 Deelbalans externe mestopslag

	kg N/ha	kg N/bedr
Aanvoer met mest uit stal	91.1	2278
Emissie uit extra opslag	1.5	39
Afvoer naar toedienen/afzet	89.6	2239

stal 1063 kg. Dit is 15 % van de op de deelbalans huisvesting aangevoerde stikstof. Vanuit de kelder wordt mest direct toegediend. Wanneer de opslagcapaciteit niet voldoende is wordt een deel van de mest tijdelijk opgeslagen in de externe mestopslag.

Externe mestopslag

Op de deelbalans externe mestopslag (tabel 11) wordt stikstof met mest aangevoerd vanuit de huisvesting. Slechts een klein deel van de aangevoerde stikstof emitteert uit de externe opslag, totaal 39 kg N. Tijdens het bewaren van de mest in de kelder en mestopslag is er 13 kg organische N omgezet naar minerale N.

Mesttoediening

Tabel 12 geeft de deelbalans mesttoediening. Stikstof wordt via mest uit de stal of externe mestopslag aangevoerd. Bij het toedienen van de drijfmest emitteert 217 kg stikstof in de vorm van ammoniak. Dit is 3,7 % van de toegediende stikstof.

De minerale stikstof is direct werkzaam (92 kg/ha). Van de toegediende organisch gebonden stikstof is slechts een deel werkzaam. Beide zijn op de deelbalans grondgebruik terug te vinden bij mesttoediening.

De stikstof die met mest wordt afgevoerd is af te leiden uit de aanvoer van stikstof op de deelbalans mesttoediening en de afvoer van stikstof op de deelbalans huisvesting. Er moet wel rekening worden gehouden met de verliezen die in de ex-



Bij de voederwinning worden mineralen afgevoerd van het land.

terne mestopslag plaatsvinden. Vanuit de deelbalans huisvesting wordt 6025 kg N afgevoerd, hierbij is rekening gehouden met 39 kg N verlies uit de externe mestopslag. De aanvoer van stikstof op de deelbalans mesttoediening bedraagt 5890 kg N. Er is dan 135 kg N met de mest afgevoerd.

Grondgebruik

Op de deelbalans grondgebruik (tabel 13) wordt stikstof aangevoerd via N-levering, depositie buiten groeiseizoen, mesttoediening vanuit de huisvesting en externe mestopslag, beweiding (faeces en urine) en kunstmest. De afvoer van stikstof vindt plaats via de opname van weidegras en voederwinning (graskuil en snijmais). Het stikstofverlies is het verschil tussen de aanvoer en afvoer. Het stikstofverlies op de deelbalans grondgebruik is verdeeld over 5 verliesposten: beweidingsemissie (12,2 kg N/ha), uitspoeling (42,7 kg N/ha), denitrificatie (64,1 kg N/ha), denitrificatie uit urineplekken (26,0 kg N/ha) en niet verklaard

Tabel 12 Deelbalans mesttoediening

	kg N/ha	kg N/bedr	%
Aanvoer Eigen melkveemest	235.6	5890	
Wv: - uit huisvesting	151.4	3786	
- uit externe mestopslag	84.2	2104	
Wv: - organisch	135.2	3380	
- mineraal	100.4	2510	
Totale emissie via mesttoediening	8.7	217	3.7
Totale N-afvoer	226.9	5673	
Waarvan:			
- Org. N: - Eigen melkveemest	135.2	3380	
- Min. N: - Eigen melkveemest	91.7	2293	

Tabel 13 Deelbalans grondgebruik

	kg N/ha	kg N/bedr
Totale N-aanvoer	750.6	18766
Waarvan:		
- N-levering	136.0	3400
- Extra N-levering	.0	0
- Depositie buiten groeiseizoen	17.9	448
- Mesttoediening:		
- Organische N	135.2	3380
- Minerale N (+ evt. nitraat-N)	91.7	2293
- Faeces in de wei	44.2	1104
- Kunstmest	216.9	5422
- Urine in de wei	108.7	2719
Totale N-afvoer	321.7	8042
Waarvan:		
- Beweiding	209.1	5228
- Gewonnen graskuil	76.3	1907
- Gewonnen snijmais	36.3	907
Totaal N-verlies	429.0	10724
Waarvan:		
- Beweidingsmissie	12.2	306
- Uitspoeling	42.7	1068
- Denitrificatie	64.1	1602
- Denitrificatie urineplekken	26.0	650
- Niet verklaard verlies	283.9	7098

verlies (283,9 kg N/ha). Van het totale stikstofverlies kan slechts 146 kg verklaard worden, 66 % van het verlies is onverklaard. De uitspoeling wordt meestal als nitraatconcentratie (NO_3 mg/l) in het grondwater weergegeven. Bij het berekenen hiervan wordt uitgegaan van een neerslagoverschot van 300 mm. Een uitspoeling van 42,7 kg N per ha geeft een berekende nitraatconcentratie in het grondwater van 63 mg/l. Bijlage 3 geeft een schematische weergave van de N-stromen op het voorbeeld bedrijf.

4.4 Bemesting

In tabel 14 staat de behoefte aan stikstof, fosfaat en kali van de drie aanwezige grondcategoriën. Ook zijn in deze tabel de toegediende hoeveelheid dierlijke mest en de hoeveelheden stikstof, fosfaat en kali die met dierlijke mest en kunstmest zijn toegediend vermeld. Daarnaast staat de bemesting boven behoefte, zoals de kalibemesting op zowel grasland voor melkkoeien als grasland jongvee, in deze tabel. De fosfaatbehoefte op maisland bedraagt in het voorbeeld maximaal 120 kg P_2O_5 per ha. In bijlage 1 is de met dierlijke mest toegediende hoeveelheid stikstof, fosfaat en kali per uitrijdstip weergegeven.

Tabel 14 Toegediende dierlijke mest en kunstmest

	kg N	kg P_2O_5	kg K_2O
Behoeftte grasland voor Koeien	383	95	247
Uit organische mest	125	99	372
Uit kunstmest	258		
Bemesting boven behoefte	4	125	
Behoeftte grasland voor Jongvee	390	63	163
Uit organische mest	116	94	353
Uit kunstmest	274		
Bemesting boven behoefte	32	89	
Behoeftte land voor Snijmais	150	60 + 30	280
Uit organische mest	121	83	309
Uit kunstmest	29	19	
Bemesting boven behoefte			29

5 Tenslotte

Mineralenstroom brengt de interne kringloop van N, P en K op een melkveebedrijf in beeld. Op basis van de voeding en het graslandgebruik wordt de stikstof-, fosfor- en kaliumstroom gevolgd. De mestproduktie en -samenstelling worden vanuit de voeding berekend. De mest wordt in het onderdeel bemesting toegediend. Hierbij wordt rekening gehouden met de behoefte van het gewas.

Mineralenstroom berekent de ammoniakemissie vanuit de huisvesting en mestopslag, na mesttoediening en tijdens beweiding. De nitraatuitspoeling wordt behalve op bedrijfsniveau ook per gewas (grasland, snijmais en overige voedergrassen) berekend.

Aan de hand van de fosfaatgebruiksnormen of bemestingsbehoefte wordt de mestafzet vastgesteld.

De uitkomsten van Mineralenstroom vormen een indicatie voor de omvang van de verliezen die op

het melkveebedrijf optreden. Alle bekende aanvoer-, afvoer- en verliesposten zijn in Mineralenstroom opgenomen. De verliezen zijn op basis van de huidige onderzoeksresultaten ingeschat. Wanneer er nieuwe kennis beschikbaar komt wordt deze zo snel mogelijk in de module Mineralenstroom opgenomen.

Uit de modellering van de mineralenstromen komen een aantal onderzoeksvragen. Kort omschreven zijn dat:

- Hoe beïnvloedt de rantsoensamenstelling de ammoniakemissie vanuit de huisvesting
- Hoe groot is de ammoniakemissie vanuit de huisvesting
- Vindt er omzetting van minerale stikstof naar organisch gebonden stikstof in de bodem plaats en hoe
- Wat gebeurt er met organisch gebonden stikstof uit dierlijke mest na toedienen



Van een deel van de mineralen weten we niet precies waar ze blijven. Om hier achter te komen is er nog veel onderzoek nodig. Hier een opstelling voor denitrificatie-meting op ROC Zegveld.

- Hoeveel stikstof verlaat het bedrijf via denitrificatie.

Het stikstofoverschot dat uiteindelijk op de nutriëntenbalans staat, wordt door de afzonderlijke verliesposten (ammoniakemissie, nitraatuitspoeling, denitrificatie en onverklaard verlies) gevormd. De aannames in de berekeningen van de verschillende verliesposten hebben derhalve ook effect op het uiteindelijke stikstofoverschot op het bedrijf.

Een aantal verliesposten is nog onvoldoende onderzocht om ze nauwkeurig te kunnen kwantificeren. Sommige uitgangspunten zijn slechts gebaseerd op enkele metingen en worden nog steeds bijgesteld. Zo is de berekening van de ammoniakemissie vanuit de huisvesting momenteel gebaseerd op een vaste ammoniakemissie per dier en een vaste emissie vanuit de externe mestopslag per m² mestoppervlak. Momenteel wordt onderzocht hoe het rantsoen, via de samenstelling van de mest, de ammoniakemissie vanuit de huisvesting en mestopslag beïnvloedt. Verder is zeker dat de temperatuur invloed heeft

op de ammoniakemissie. Dit is indirect meegenomen door onderscheid te maken in emissiefactoren voor zomer en winter. De door Mineralenstroom berekende stalemissie geeft een indicatie van de omvang van de ammoniakemissie vanuit de huisvesting.

Een groot deel van het stikstofverlies kan niet verklaard worden. Er is nog onvoldoende bekend over de sturende factoren en de omvang van processen die zich in de bodem afspelen. Een deel van het niet-verklaarde verlies wordt via vastlegging toegevoegd aan de voorraad organische stof in de bodem.

In Mineralenstroom is beperkt aandacht besteed aan de P- en K- kringlopen. Met name de processen in de bodem kunnen nog onvoldoende gekwantificeerd worden.

Lopend en nog op te starten onderzoek op het PR zal leiden tot aanpassing, verfijning en verdere uitbreiding van Mineralenstroom. Dit betreft onder andere de omvang van de ammoniakemissie, de niet-verklaarde stikstofverliezen en het verlies aan fosfor en kalium.



Momenteel wordt er op het PR onderzoek gedaan naar de grootte van de ammoniakemissie uit de stal.

Samenvatting

Een mineralenbalans van een melkveebedrijf geeft inzicht in de totale aanvoer en afvoer van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Wanneer de aanvoer de afvoer overtreft is er sprake van een overschot. Dit overschot kan verloren gaan. Deze balans geeft echter niet aan waar binnen het bedrijf eventuele verliezen optreden en in welke vorm deze verliezen plaatsvinden. Het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR) heeft voor het bedrijfsbegrotingsprogramma voor de rundveehouderij (BBPR) een milieumodule ontwikkeld. Hierin wordt berekend waar en in welke vorm mineralen verloren gaan. Deze module, Mineralenstroom, is een eerste aanzet tot berekening van de volledige mineralenkringloop op een melkveehouderijbedrijf en gaat uit van de momenteel beschikbare kennis. De doelstellingen bij het ontwikkelen van de module zijn geweest:

- het verkrijgen van inzicht in de omvang van verliesposten
- het kunnen doorrekenen van mineralenstromen in bedrijfssituaties
- het vastleggen van de aanwezige kennis
- het aangeven van ontbrekende kennis.

Deze publikatie geeft een beschrijving van de milieumodule Mineralenstroom.

Om inzicht te krijgen in de mineralenverliezen is het nodig de stroom van mineralen op een melkveebedrijf te volgen. Hiertoe is in het melkveebedrijf in vijf onderdelen verdeeld.

- **Veestapel.** Dieren nemen met ruw- en krachtvoer mineralen op. Een deel van de mineralen is nodig voor de produktie van melk en vlees. De rest wordt uitgescheiden in de faeces en in de urine.
- **Huisvesting.** Van de mest die door het vee wordt uitgescheiden komt een groot deel in de stal terecht. Vanaf de stalvloer en vanuit de kelder gaat stikstof verloren door de emissie van ammoniak.
- **Mestopslag.** Op veel bedrijven is externe mestopslag aanwezig. Ook vanuit deze opslag emitteert ammoniak.
- **Bemesting.** Toedienen van mest gaat gepaard met emissie van ammoniak. De niet vervluchtigde stikstof en de overige mineralen voorzien voor een deel in de behoefte van het gewas.

Zonodig kan met kunstmest aangevuld worden.

- **Grondgebruik.** Een deel van de mineralen die aan de bodem zijn toegediend, wordt door het gewas opgenomen. Via het geproduceerde ruwvoer komen de mineralen beschikbaar voor de veestapel, waarmee de mineralenkringloop rond is. De mineralen die niet door de plant zijn opgenomen, worden in de bodem vastgelegd of gaan via emissie of uitspoeling verloren.

Op basis van de voeding en het graslandgebruik wordt de stikstof-, fosfor- en kaliumstroom gevolgd. De mestproduktie en samenstelling wordt vanuit de voeding berekend. De mest wordt in het onderdeel bemesting toegediend. Hierbij wordt rekening gehouden met de behoefte van het gewas.

Mineralenstroom berekent de ammoniakemissie vanuit de huisvesting en mestopslag, na mesttoediening en tijdens beweiding. De nitraatuitspoeling wordt behalve op bedrijfsniveau ook per aanwezig gewas (grasland, snijmais en overige voedergewassen) berekend.

Aan de hand van de fosfaatgebruiksnormen of bemestingsbehoefte wordt de mestafzet vastgesteld.

Uit de modellering van de mineralenstromen komen een aantal onderzoeksvragen. Kort omschreven zijn dat:

- Hoe beïnvloedt de rantsoensamenstelling de ammoniakemissie vanuit de huisvesting
- Hoe groot is de ammoniakemissie vanuit de huisvesting
- Vindt er omzetting van minerale stikstof naar organisch gebonden stikstof in de bodem plaats en hoe
- Wat gebeurt er met organisch gebonden stikstof uit dierlijke mest na toedienen
- Hoeveel stikstof verlaat het bedrijf via denitrificatie.

Een groot deel van het stikstofverlies kan niet verklaard worden. Er is nog onvoldoende bekend over de sturende factoren en de omvang van processen die zich in de bodem afspelen. Een deel van het niet-verklaarde verlies wordt via vastlegging toegevoegd aan de voorraad organische stof in de bodem.

In Mineralenstroom is beperkt aandacht besteed

aan de P- en K- kringlopen. Met name de processen in de bodem kunnen nog onvoldoende gekwantificeerd worden.

Lopend en nog op te starten onderzoek op het PR zal leiden tot aanpassing, verfijning en verdere uitbreiding van de module Mineralenstroom.

Literatuur

- Alem, G.A.A van en A.T.J. van Scheppingen, 1993. The development of a farm budgeting program for dairy farms. In: E. Annevelink, R.K. Oving en H.W. Vos (eds), Proceedings XXV CIOSTA-CIGR V Congres - Farmplanning, Labour and labour conditions, Computers in agricultural management, May 10-13, 1993, The International Committee of Work Study and Labour Management in Agriculture (CIOSTA), The International Commission of Agricultural Engineering, Section V (CIGR V), Wageningen, The Netherlands.
- Bode, M.J.C. De, 1990a, Vermindering van ammoniakemissie door korstvorming op rundvee mengmest. IMAG-DLO, Wageningen, rapport nr. 226.
- Bode, M.J.C. De, 1990b. Emissie van ammoniak en geur uit mestilo's en de vermindering van emissie door afdekking; deel 2 - rundermengmest. IMAG-DLO, Wageningen, nota nr. 465.
- Bussink, D.W., 1990, Ammoniakemissionen aus der Rindviehhaltung beim Weiden. In: KTBL/VDI Symposium Ammoniak in der Umwelt. Darmstadt, H26.1 - H26.9
- Bussink, D.W., 1991, Relation zwischen Grünlanddüngungsniveau und NH₃-Emission beim Weidegang. In: Kongressband 1991 Ulm, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Darmstadt, p93-98.
- Bussink, D.W. en J.V. Klarenbeek, 1990. Ammoniakverliezen en andere verliezen uit dunne mest. In: Mestbenutting op grasland. PR, Lelystad, Praktijkonderzoek, 3e jaargang nr 2.
- Elzing, A. en W. Kroodsma, 1993. Relatie tussen ammoniakemissie en stikstofconcentratie in urine van melkvee. IMAG-DLO, Wageningen, rapport nr. 93-3.
- Goossensen, F.R. en A. van den Ham, 1992. Rekenregels voor het vaststellen van de nitraatuitspoeling naar het grondwater. Informatie en Kennis Centrum, Afdeling Veehouderij, Ede, Lelystad, publicatie nr. 33.
- Hageman, I. en F. Mandersloot, 1994, Model energieverbruik melkveebedrijf. PR, Lelystad, PR Publikatie nr. 86.
- Huis in 't Veld, J.W.H., W. Kroodsma en S. Westreenen, 1993. Vermindering ammoniak emissie uit een ligboxenstal door spoelen van roosters. IMAG-DLO, Wageningen, rapport nr. 93-1.
- IKC-V-RSP, 1993, Handboek voor de rundveehouderij. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, afdeling Rundvee, Schapen en Paardenhouderij, Lelystad, publikatie nr. 35.
- Jarvis, Hatch and Roberts, 1989. The effect of grasland management on nitrogen losses from grazed swards through ammonia volatilization; the relationship to excretal N returns from cattle. Journal of Agricultural Science Cambridge nr. 112, p205-216.
- Kamp A. Van der, G.H.M. Wellen en F. Mandersloot, 1992. Milieuaspecten in bedrijfsbegroting: Emissie vanuit huisvesting en opslag. PR, Lelystad, Praktijkonderzoek, 5e jaargang nr. 1.
- Kamp A. Van der, F. Mandersloot en J.C. van Middelkoop, 1992. Milieu-aspecten in de bedrijfsbegroting: stikstofverlies bij mesttoediening, beweiding en voerproductie. PR, Lelystad, Praktijkonderzoek, 5e jaargang nr. 5, p40-44.
- Kanis, J. en G.A.A. van Alem, 1993. BedrijfsBegrotingsProgrammaRundveehouderij. In: J.M.van Berlo, A. Hoogerwerf, M.P. Reinders en P.J.M. Wijngaard, Voordrachten VIAS-Symposium 1993- Informatica toepassingen in de agribusiness, nr 7 (mei 1993), Vereniging voor Informatici werkzaam in de Agrarische Sector.
- Kant, P.P.H, 1992. Ammoniak-emissiemetingen met de Lindvalldoos. PR, Lelystad, Rapport nr. 136.
- Kroodsma, W., J.W.H. Huis in 't Veld, 1989. Ammoniakemissiemeting aan oppervlaktebronnen

in een natuurlijk geventileerde ligboxenstal met behulp van een Lindvalldoos. IMAG-DLO, Wageningen, nota nr. 372.

Kroodsma, W., J.W.H. Huis in 't Veld en R. Scholten, 1989. Ammoniakemissie van rundveestallen. IMAG-DLO, Wageningen, nota nr. 476.

Lent, A.J.H, 1991a. Aanzuren van mest in kelders en silo's (1). PR, Lelystad, Praktijkonderzoek, 4e jaargang nr. 4.

Lent, A.J.H, 1991b. Aanzuren van mest in kelders en silo's (2). PR, Lelystad, Praktijkonderzoek, 4e jaargang nr. 5.

Mandersloot F., A.T.J. van Scheppingen en J. M. A. Nijssen, 1991a. Modellen Rundveehouderij: Overzicht en onderlinge samenhang modellen voor simulatie van melkveebedrijven. PR, Lelystad, PR-publicatie nr. 72.

Mandersloot F. en A.T.J. van Scheppingen, 1991b. Milieu aspecten in bedrijfsbegroting: een eerste aanzet. PR, Lelystad, Praktijkonderzoek, 4e jaargang nr. 3.

Meer, H.G. van der, 1991. Stikstofwerking van op grasland aangewende dierlijke mest. In: Stikstofbenutting en -verliezen van gras- en maisland. Ed. H.G. van der Meer. Werkgroep Stikstofproblematiek van gras- en maisland, Wageningen.

Monteny, G.J., 1991. Stand van zaken onderzoek

vermindering NH₃-emissie: perspectieven voor de toekomst. In Mest en Milieu in 2000: Visie vanuit het landbouwkundig onderzoek, ed. H.A.C. Verkerk, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen.

Monteny, G.J. en M.C. Verboon, 1994. Technische mogelijkheden voor emissiereductie uit stal en opslag. In: Naar veehouderij en milieu in balans. 10 jaar FOMA onderzoek. M.H.A. de Haan en N.W.M. Ogink (red.). Ede.

Oosthoek, J. en M.C. Verboon, 1990. Mestbehandeling en Opslag. In: Mestbenutting op grasland. PR, Lelystad, Praktijkonderzoek, 3e jaargang nr. 2.

Vellinga, Th.V., I.G.A.M. Noij, E.D. Teenstra en L. Beijer, 1993. Verfijning stikstofbemestingsadvies voor grasland. PR, Lelystad, Rapport nr. 148.

Vertregt, N. en H.E. Selis, 1990. Ammoniakemissie bij bovengrondse mestaanwending op grasland. In: Mestbenutting op grasland. PR, Lelystad, Praktijkonderzoek, 3e jaargang nr. 2.

Werkgroep Normen Voor de Voederveorziening, 1991. Normen voor de Voederveorziening. PR, Lelystad, Publicatie nr. 70.

Westhoek, H.J. en I.G.A.M. Noij, 1992. Werking van dierlijke mest op grasland. In: RSP-Bulletin. Informatie en Kennis Centrum, Afdeling Rundvee, Schapen en Paardenhouderij, Lelystad, p1-92.

Bijlage 1. Voorbeeld berekening toediening drijfmest

In tabel 1.1 staat een samenvatting van de resultaten van het graslandgebruik van een voorbeeld bedrijf.

De bijbehorende fosfaatbehoefte voor grasland melkkoeien en jongvee is respectievelijk 95 en 63 kg P₂O₅ /ha. De kalibehoeften zijn respectievelijk 247 en 163 kg K₂O /ha. De fosfaatbehoefte voor maisteelt is 30 kg P₂O₅/ha in de rij en 60 kg P₂O₅/ha breedwerpig, de kalibehoeft 280 kg K₂O /ha. De mineralen gehalten van de drijfmest staan in tabel 1.2. De overige uitgangspunten staan in de paragrafen 4.2 en 4.4.

Er wordt 1574 m³ mest op het bedrijf geproduceerd. Hiervan wordt 35 m³ verplicht afgezet, er wordt dus 1539 m³ mest toegediend.

In de eerste uitrijperiode mag alle beschikbare mest toegediend worden. Er is 994 m³ geproduceerd sinds het legen van de opslag in het vorige groeiseizoen.

De drijfmest wordt eerst toegediend op maisland totdat in de behoefte van N, P₂O₅ of K₂O is voorzien. Na het toedienen van 39,0 m³ /ha is in de breedwerpige fosfaatbehoefte voorzien. Er is dan nog 799 m³ beschikbaar.

De hoeveelheid mest die in de eerste uitrijperiode op grasland wordt uitgereden, wordt bepaald door het minimum dat op basis van behoefte of wettelijke norm kan worden toegediend.

Tabel 1.1 Graslandgebruik ¹⁾

Grasland voor	Koeien	Jongvee
Oppervlakte (ha)	13.0	7.0
Grondsoort	ZANDDUN	ZANDDUN
Grondwatertrap/NLV-klassel	IV 4	IV 4
Veebezetting (#/ha)	5.402	7.904
N-jaargift (kg/ha)	383	390
N-som (kg/ha)	447	452
Maaipercantage		
1e/ov.snedes	37 67	56 59l
Ds-opb		
1e/ov.sne (kg/sn)	2692	2455 2674 2403
N-gehalte		
1e/ov (g/kg ds)	33.0 37.0	31.1 36.2
P-A waardering	Voldoende	Voldoende

¹⁾ In bijlage 1 wordt in de tabellen voor decimalen een „ gebruikt i.p.v. een „ omdat dit in de uitvoer van het programma ook zo is

Tabel 1.2 Mineralengehalten toegediende mest (kg/ton)

Ds-gehalte eigen melkveemest	87.68
N-gehalte (totaal) eigen melkveemest	
- Voor toedienen	3.83
- Na toedienen	3.69
N-gehalte (mineraal) eigen melkveemest	
- Voor toedienen	1.63
- Na toedienen	1.49
P ₂ O ₅ -gehalte eigen melkveemest	1.54
K ₂ O-gehalte eigen melkveemest	5.75

Op grasland voor melkkoeien wordt bij het toedienen van 42,9 m³ mest per ha in de kalibehoeft voorzien. Op grasland voor jongvee gebeurt dit bij toedienen van 28,5 m³ mest per ha. In 50 % van de stikstofbehoefte wordt dan nog niet voorzien.

Er kan volgens de wettelijke norm op grasland voor melkkoeien 150 - 48,2 (is fosfaat productie weidend vee) = 101,8 kg P₂O₅ /ha uit dierlijke mest worden toegediend. Dit betekent dat met 101,8 / 1,54 = 66,1 m³/ha de wettelijke norm bereikt. Op grasland voor jongvee is dit 63,4 m³/ha. Volgens de wettelijke norm kan op grasland nog 13 x 66,1 + 7 x 63,4 = 1303 m³ mest worden uitgereden.

Er is nog 799 m³ beschikbaar waardoor 799/1303 deel van de wettelijke norm kan worden toegediend. Op grasland voor melkkoeien kan 799/1303 x 66,1 = 40,6 m³ /ha worden toegediend. Op grasland voor jongvee is dit 38,9 m³ per ha.

Op grasland voor melkkoeien is de hoeveelheid mest die op basis van de wettelijke norm kan worden toegediend kleiner dan de hoeveelheid die op basis van de behoefte kan worden toegediend en bepaald de wettelijke norm de hoeveelheid toe te dienen dierlijke mest. De hoeveelheid die op grasland voor melkkoeien wordt toegediend is dus 40,6 m³/ha. Er is dan 62,2 kg P₂O₅ /ha uit dierlijke mest toegediend. Op grasland voor jongvee is dit omgekeerd en wordt de hoeveelheid toe te dienen mest bepaald door de behoefte. Er wordt dus 28,5 m³/ha, 43,6 kg P₂O₅/ha, toegediend. Er is dan nog 73,2 m³ mest over. Deze wordt op maisland toegediend.

Op uitrijtijdstip 2 is er 313 m³ beschikbaar. Deze

Tabel 1.3 Toegediende hoeveelheden per uitrijtijdstip

Mesttoediening	tijdstip	ton/ha	kg N	kg P ₂ O ₅	kg K ₂ O
Grasland voor : Koeien		64.7			
Eigen melkvee mest	1	40.5	82.7	62.2	233.1
Eigen melkvee mest	2	13.9	28.4	21.3	79.8
Eigen melkvee mest	3	10.3	13.8	15.8	59.1
Grasland voor : Jongvee		61.4			
Eigen melkvee mest	1	28.4	58.0	43.6	163.4
Eigen melkvee mest	2	18.9	38.7	29.1	108.9
Eigen melkvee mest	3	14.0	18.8	21.5	80.6
Land voor : Snijmais		53.8			
Eigen melkvee mest	1	53.8	121.2	82.6	309.2

hoeveelheid wordt evenredig verdeeld over de twee graslandcategoriën. Op grasland voor melkkoeien kan nog $(150 - 48,2 - 62,2)/1,54 = 25,5 \text{ m}^3$ mest per ha worden toegediend. Op grasland voor jongvee is dit $(150 - 52,4 - 43,6)/1,54 = 35,6 \text{ m}^3$ mest per ha. Totaal kan nog 577 m^3 mest worden toegediend. De verdeler wordt berekend met $313/577 = 0,54$.

Op grasland voor melkkoeien wordt $0,54 \times 25,5 = 13,9 \text{ m}^3$ mest toegediend. Op grasland voor jongvee wordt $0,54 \times 34,9 = 18,9 \text{ m}^3$ mest toegediend.

De hoeveelheid toe te dienen mest op uitrijtijdstip

3 wordt op een zelfde wijze berekend als op tijdstip 2. Er is 232 m^3 mest beschikbaar in de opslag. Er kan volgens de wettelijke norm nog 263 m^3 mest worden toegediend ($11,7$ op grasland voor melkkoeien en $15,9$ op grasland voor jongvee). Met de verdeler ($232/263$) wordt de hoeveelheid toe te dienen mest vervolgens berekend. Resultierend in $10,2 \text{ m}^3$ mest per ha op grasland voor melkkoeien en $14,0 \text{ m}^3$ mest op grasland voor jongvee.

In tabel 1.3 staan per uitrijtijdstip de hoeveelheid toegediende mest en de daarbij toegediende hoeveelheden stikstof, fosfaat en kali weergegeven.

Bijlage 2 Stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie.

Aantal en verdeling urine plekken

Bij de berekening van het aantal urine plekken is uitgegaan van gemiddeld 12 urinelozingen per melkkoel per dag. Het aantal urinelozingen dat in de wei plaats vindt, is afhankelijk gesteld van het toe te passen beweidingssysteem. Bij een systeem met dag en nacht weiden is verondersteld dat 10 % van de mest in de stal geproduceerd wordt. Een evenredig deel (90 %) van het totaal aantal lozingen vindt dan in de wei plaats. Eén lozing in de wei beslaat een oppervlakte van gemiddeld 0,68 m². Voor pinken en kalveren is een kleinere oppervlakte aangehouden. Indien het jongvee wordt geweid vinden uiteraard alle urine lozingen in de wei plaats.

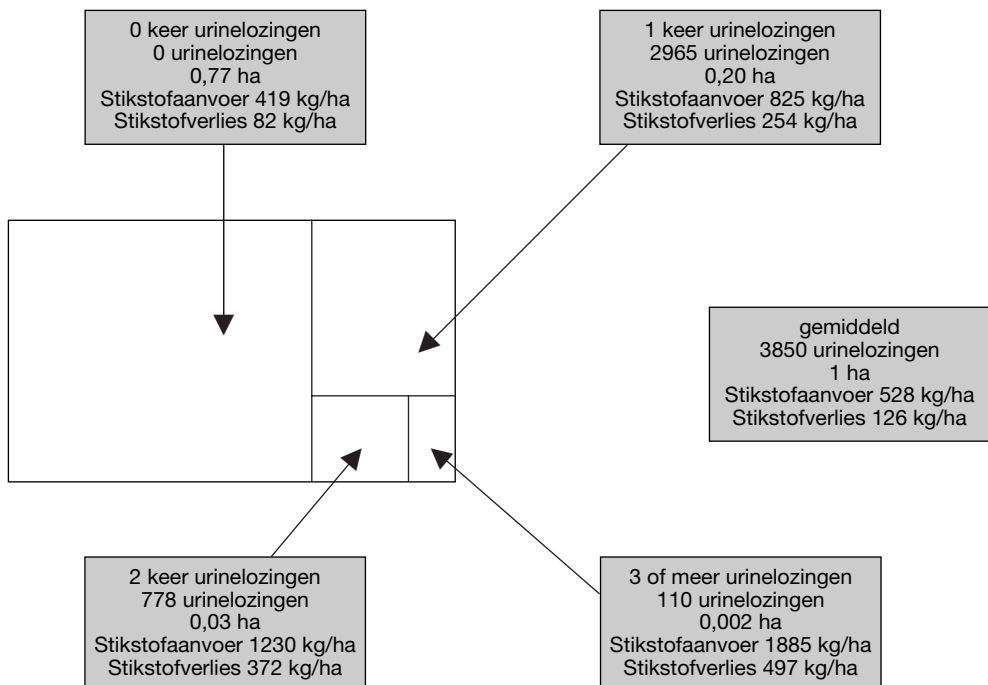
Het totaal aantal urinelozingen per hectare grasland gedurende een seizoen is afhankelijk van de veebezetting, het gekozen beweidingssysteem en de lengte van het groeiseizoen. Niet alle urine-

lozingen in de wei zullen naast elkaar terecht komen. Op één plek kan daardoor sprake zijn van meerdere lozingen gedurende het groeiseizoen. Dit heeft tot gevolg dat een hectare grasland te verdelen is in een stuk waar gedurende het gehele seizoen geen urinelozingen plaats vindt, een stuk waar één keer urine terecht komt, een stuk waar twee keer urine terecht komt enz. Voor elk van deze stukken wordt in Mineralenstroom de aanvoer van minerale stikstof en het daarmee samenhangende stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie berekend.

Berekening stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie.

Om de berekeningen van het stikstofverlies door uitspoeling en denitrificatie nog wat te verduidelijken volgt hier een voorbeeld voor één situatie. Het betreft een hectare grasland voor melkkoel-

Figuur 2.1 Verdeling van de urinelozingen over de oppervlakte

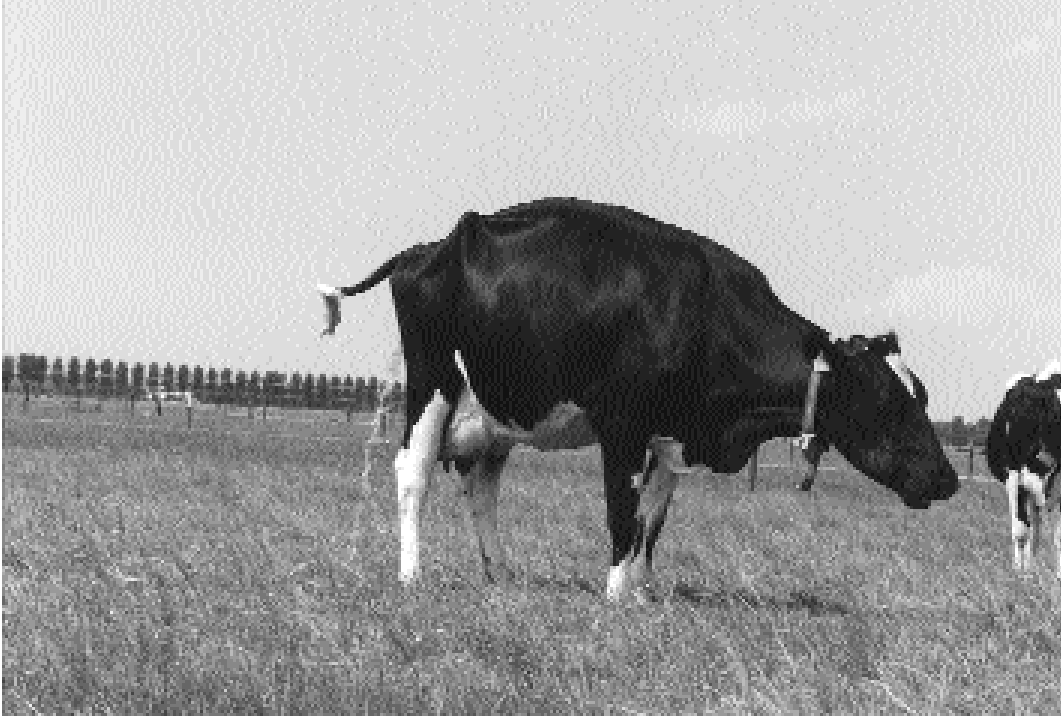


en. De veebezetting is 2,2 melkkoeien per hectare. Het beweidingssysteem is O4 (onbeperkt weiden, dag en nacht). De lengte van het weideseizoen bedraagt 162 dagen. Het betreft een zandgrond met een grondwatertrap IV.

Beweiden volgens het O4-systeem betekent dat 90 % van de mest in de wei geproduceerd wordt. Het aantal urinelozingen in de wei bedraagt dan 10,8 per koe per dag (90 % x 12). Het totaal aantal urinelozingen bedraagt dan $2,2 \times 162 \times 10,8 = 3850$ per weideseizoen. In figuur 2.1 is de frequentieverdeling van deze lozingen en de bijbe-

horende oppervlakten weergegeven. Tevens zijn de stikstofaanvoer (minerale stikstof uit urinelozingen, organische mest en kunstmest) en het stikstofverlies (door uitspoeling en denitrificatie) vermeld per onderscheiden oppervlak.

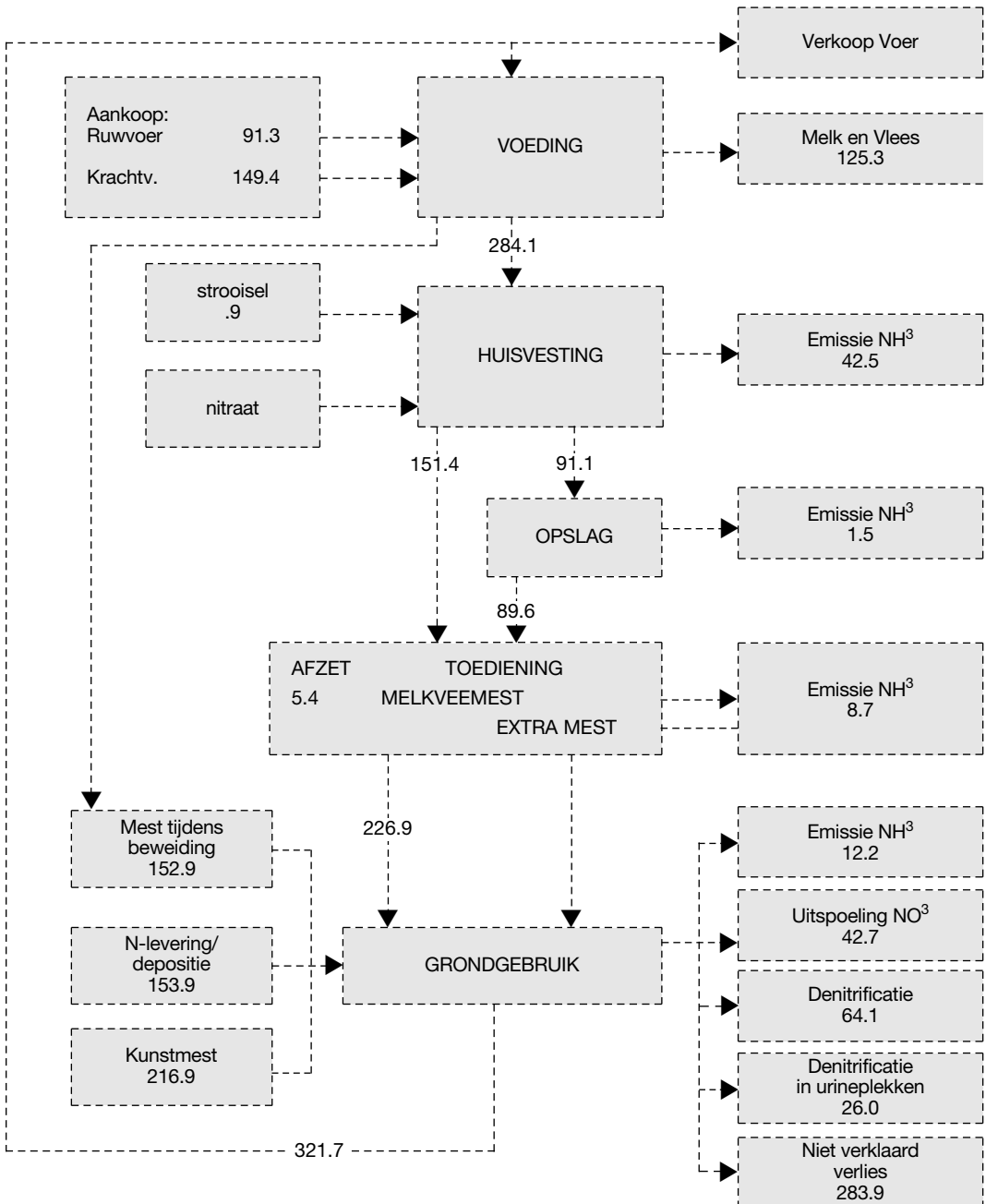
Vanuit de afzonderlijke hoeveelheden is het gemiddelde verlies per hectare berekend. In formule: $0,77 \times 82 + 0,20 \times 254 + 0,03 \times 372 + 0,002 \times 497 = 126$ kg stikstof per hectare. Van dit totale verlies gaat 40 % verloren door uitspoeling van nitraat en 60 % door denitrificatie.



Koeien houden geen rekening met de verdeling van urineplekken over de wei.

Bijlage 3 Schematische weergave N-stromen

Schematische weergave N-stromen (kg N/ha) zoals de module Mineralenstroom die geeft ¹⁾



1) Decimalen zijn hier aangegeven met een . in plaats met een ,

Eerder verschenen publikaties

Nr.	Titel + jaar van uitgave	Prijs	Nr.	Titel + jaar van uitgave	Prijs
38.	Sterk gemechaniseerd melkveebedrijf op Waiboerhoeve. (1974-1982). 1985.	10,—	65.	Snijmais en natte bijprodukten in rantsoenen voor hoogproductieve melkkoeien. 1989.	12,50
39.	De graslandkalender. 1986.	10,—	66.	Huisvesting vleesstieren vanaf 6 maanden. 1990.	12,50
40.	De eiwitbehoefte van vleesstieren. 1986.	10,—	67.	Inkuilen onder ongunstige omstandigheden. 1990.	12,50
41.	Snel of langzaam verhogen van krachtvoergif na afkalven. Drie jaar vergelijkend onderzoek op ROC Zegveld. 1986.	10,—	68.	Verlaging structuurwaarde in rantsoen vleesstieren. 1990.	12,50
42.	Opname van persulp door melkvee. 1986.	10,—	69.	Vleesproductie met Piemontese x zwartbonte kruislingvaarzen. 1991.	12,50
44.	Het optimale afleveringsgewicht van vleeskalveren. 1986.		70.	Normen voor de Voedervoorziening. 1991.	12,50
45.	Gevolgen van verschuivingen in afkalfpatroon. 1987.	10,—	71.	Het Melkveemodel. 1991.	12,50
46.	Waiboerhoeve 1986. Verslag van praktijkgericht onderzoek. 1987.	15,—	72.	Modellen Rundveehouderij. 1991.	12,50
47.	Berekening van grasland op zandgrond en rivierklei. Resultaten van proefvelden te Heino en Bruchem 1977-1981. 1987.	10,—	73.	Bijprodukten voor vleesstieren. 1992.	12,50
48.	Perspectieven voor de melkveehouderij. 1987.	12,50	74.	Melkveehouderij en automatisch melken. 1992.	12,50
49.	Paardenhouderij, resultaten van onderzoek. 1987.	10,—	75.	Kuilafdekking en kuilkwaliteit. 1992.	12,50
50.	Het koemodel. 1987.	10,—	76.	Gewichtscurve vleesstieren 1992	12,50
51.	Energiebewuste bedrijfsvoering op een melkveebedrijf. Resultaten en ervaringen van 4 jaar op de Waiboerhoeve 1982-1986. 1988.	10,—	77.	Strokorst in mestilo's. 1992.	12,50
52.	Invloed van verhoogd grasaanbod op melkproductie, ruwvoeropname en graslandopbrengst. 1988.	10,—	78.	Nieuwe DVE-normen voor melkvee. 1993.	12,50
53.	Effecten van overbezetting in bedrijfsverband. Verslag van een werkgroep. 1988.	10,—	79.	Veevoedkundige waarde gras- en luzernebrok. 1993.	12,50
54.	Rundvleesproductie met eenmaal gekalfde vaarzen. 1988.	10,—	80.	Milieusparend reinigen melkwinnings-apparatuur. 1993.	12,50
55.	Boeren met quotum. 1988.	10,—	81.	Inzaai mengsels gras en witte klaver. 1993.	12,50
56.	Verslag van de Waiboerhoeve 1987. 1988.	15,—	82.	Melkveebedrijf met uitsluitend snijmais. 1993.	12,50
57.	Vaste krachtvoergiften aan melkvee. 1988.	10,—	83.	Vleesstierenvergelijking. 1993.	
58.	Vetrijck krachtvoer voor hoogproductieve koeien. 1988.	12,50	84.	Invloed rijpheid snijmais op voeropname en groei vleesstieren. 1993.	12,50
59.	Gebruikswaarde van vriesbranden voor identificatie van paarden. 1988.	12,50	85.	Energie-efficiënt reinigen melkwinnings-apparatuur. 1993.	12,50
60.	Stikstofwerking van runderdrijfmest op grasland. 1988.	12,50	86.	Model energieverbruik melkveebedrijf. 1993.	12,50
61.	Vergelijking Flevolander en Swifter schaaap. 1989.	12,50	87.	Energiegehalte rantsoen bij alternatieve vleeskalveren. 1994.	12,50
62.	Invloed krachtvoerniveau op vleesproductiekenmerken van Piemontese met zwartbont kruislingstieren. 1989.	12,50	88.	Voederbieten voor melkvee. 1994	12,50
63.	Beter werken met cijfers. 1989.	12,50	89.	Rantsoenen bij vleeskalveren. 1994	12,50
64.	Huisvesting vleesstieren van 0-6 maanden. 1989.	12,50	90.	Voederadditieven voor vleesstieren. 1994	12,50
			91.	Vergelijking Texelse vleeslamvaderdieren. 1994.	12,50
			92.	Diergezondheid en management. 1994.	12,50
			93.	Scheren van oien. 1994.	12,50
			94.	Voeren van Texelaar x Flevolander vleeslammeren. 1994.	12,50
			95.	Gebruik vleesstieren op ondereind melkveestapel. 1994.	12,50
			96.	Verdunde rundermest uitrijden met sproeiboom. 1994.	12,50
			97.	Opfok rozee vleeskalveren. 1995.	12,50
			98.	Ammoniakemissie bij melkvee na spoelen roostervloer. 1995.	12,50

Publikaties zijn verkrijgbaar door overmaking van het betreffende bedrag op Postbanknr. 2307421 van het PR te Lelystad met vermelding van het nummer van de publikatie.