

Een simulatiemodel voor de mestlogistiek op bedrijfsniveau

ir. R.M. de Mol
ing. J.E.T. Koning

Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG-DLO)
Mansholtlaan 10-12
Postbus 43, 6700 AA Wageningen
telefoon 08370-76459, telefax 08370-25670
e-mail r.m.de.mol@imag.agro.nl

Referaat

Het gebruik van mest is onderworpen aan wettelijke maatregelen. De hoeveelheden, de periode en de methode bij de mesttoediening zijn beperkt en zullen in de nabije toekomst verder worden beperkt. Dit heeft gevolgen voor de bedrijfsvoering. Om inzicht in deze effecten te krijgen wordt er een simulatiemodel ontwikkeld. Alle componenten bij de mestlogistiek -productie, mestbewerking, opslag, aanvoer, afvoer en gebruik- zijn inbegrepen in een bedrijfsmodel. Het model is gericht op bedrijven waar het gebruik van mest een belangrijke component is, bijv. rundvee- of akkerbouwbedrijven.

Trefwoorden: mest, simulatie, logistiek, bedrijfsmodel, planning

Inleiding

De Nederlandse veestapel is de laatste decennia fors gegroeid. Met name de aantallen varkens en kippen zijn sterk toegenomen. Volgens de meitelling waren er in 1990 13,9 miljoen varkens en 92,8 miljoen kippen, tegenover 5,5 miljoen en 55,4 miljoen in 1970. Dit was mogelijk door de import van veevoer waardoor de veehouderij niet langer grondgebonden is. De toename van de mestproductie was evenredig met de groei van de veestapel.

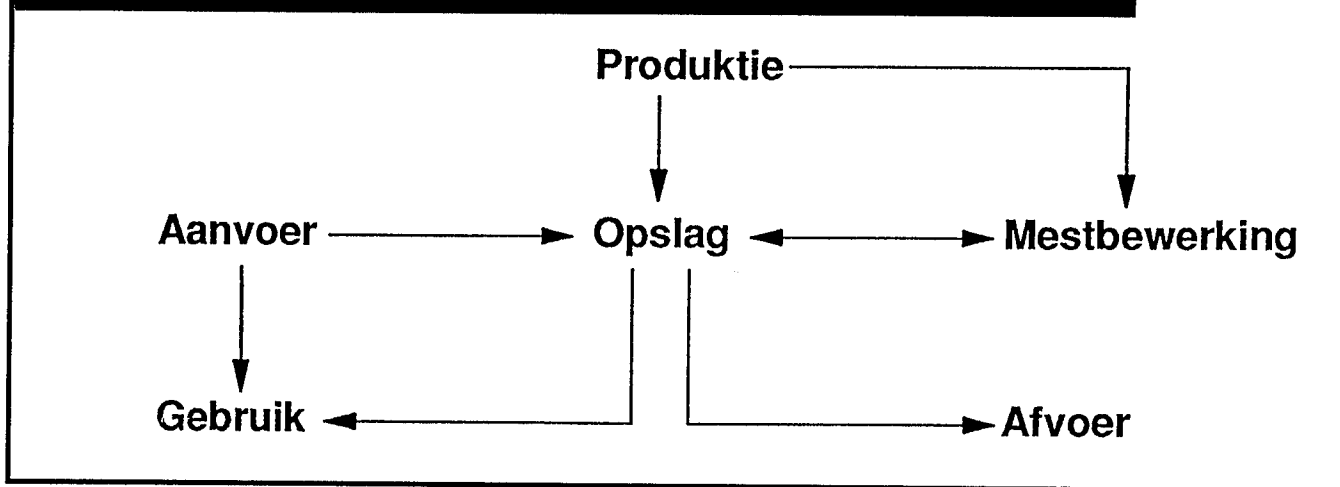
De overbemesting heeft milieu-problemen veroorzaakt. Uitspoeling naar het grondwater veroorzaakt problemen bij de drinkwater-voorziening. Afspoeling naar het oppervlaktewater leidt tot eutrofiëring. De ammoniakemissie van mest is een van de oorzaken van de zure regen. Daarom heeft de overheid beperkingen gesteld aan het gebruik van mest:

- **Toegediende hoeveelheden**
De toegediende hoeveelheid fosfaat in dierlijke mest is gebonden aan een maximum per hectare per jaar afhankelijk van de soort grondgebruik: grasland, snijmaisland of bouwland. Deze fosfaatsnormen worden gefaseerd ingevoerd.
- **Toedieningstijdstip**
Het gebruik van mest is beperkt in de herfst en winter door uitrijverboden. In de toekomst zal het uitrijden van mest alleen in het groeiseizoen zijn toegestaan.
- **Toedieningsmethode**
Uitgereden mest moet worden ondergewerkt om de ammoniakemissie te beperken. Hiervoor zijn emissie-arme toedieningstechnieken als mestinjectie en zodebemesting ontwikkeld. Deze onderwerkverplichting geldt al voor bouwland

en voor grasland op zandgrond, in de toekomst moet de mest overal emissie-arm worden aangewend.

De consequenties voor de bedrijfsvoering van deze beperkingen zijn niet altijd duidelijk. De regels worden aangescherpt en de einddoelen zijn nog niet vastgesteld. Om de effecten in te schatten is inzicht in de samenhang tussen productie, opslag en gebruik van mest noodzakelijk. Een simulatiemodel voor de meststromen op een bedrijf kan helpen om de effecten te bepalen. Simulatie is een bruikbare methode voor dergelijke problemen. Daarom wordt er een bedrijfsmodel voor de mestlogistiek op bedrijfsniveau ontwikkeld door het DLO-Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG-DLO) in Wageningen. Het model is gericht op de consequenties van nieuwe methoden of beperkingen voor de opslag en het gebruik van mest. Nieuwe technieken of

FIGUUR 1 DE COMPONENTEN IN HET BEDRIJFSMODEL



regels beïnvloeden de planning van bewerkingen (= werkzaamheden) die moeten worden uitgevoerd, rekening houdende met:

- de werkbaarheid van bewerkingen: de afhankelijkheid van weersomstandigheden;
- de volgtijdigheid: de volgorde van bewerkingen;
- de werkorganisatie: de aanspraak op personeel en werktuigen.

Een bedrijfsmodel voor de mestlogistiek gericht op de bedrijfsvoering is nog niet bekend uit de literatuur. Het LEI-DLO heeft modellen ontwikkeld om de effecten van wettelijke maatregelen voor individuele bedrijven duidelijk te maken (Baltussen et al., 1989 en Baltussen et al., 1990), maar die zijn voor ons doel te globaal. Bedrijfsmodellen voor andere doelstellingen zijn wel bekend uit de literatuur. Van Elderen (1987) beschrijft een algemeen simulatiemodel met de planning van bewerkingen bij de graanoogst als voorbeeld. Min of meer vergelijkbaar zijn de modellen beschreven door Axenbom (1990), Buck et al. (1988) en Papy et al. (1988). Deze modellen zijn voornamelijk gericht op de oogst omdat dat meestal het meest complexe proces is op een landbouwbedrijf. Andere literatuur is minder algemeen en meestal gericht op specifieke oogstactiviteiten. Modellen voor de ruwvoerwinning op rundveebedrijven worden gegeven door Savoie et al. (1985), Rotz et al., (1989) en Russel et al. (1983). Philips & O'Callaghan (1974) geeft een model voor de graanoogst en Gupta et al. (1990a) en (1990b) voor de hooiwerkzaamheden. Het bedrijfsmodel is verdeeld in verschillende componenten, die we in de volgende paragraaf zullen beschrijven.

De structuur van het bedrijfsmodel wordt daarna behandeld en we besluiten met enkele conclusies.

De componenten

Bij de mestlogistiek op bedrijfsniveau kunnen we de volgende componenten onderscheiden: productie, mestbewerking, opslag, aanvoer, afvoer en gebruik. De relaties tussen deze componenten zijn uitgebeeld in figuur 1.

Productie en mestbewerking

De mestproductie op een landbouwbedrijf wordt bepaald door de veestapel. We gebruiken de codering van de mestboekhouding om de productie te modelleren. Iedere boer moet een mestboekhouding bijhouden om de mestproductie op zijn bedrijf te verantwoorden. Zij wordt gebruikt om de bedrijfsomvang (veestapel en grondgebruik) te controleren en om de overschothefing te bepalen. De veestapel wordt verdeeld over combinaties van een diercategorie en een mestcode. De diercategorie is een codering voor de diersoort. Er zijn 94 diercategorieën, variërend van 100 (Melk- en kalfkoelen) tot 903 (Slachtkonijnen). De mestcode is een codering voor het bedrijfssysteem. Er zijn verschillende mestcodes bij een diercategorie, bijv. bij Melk- en kalfkoelen zijn er acht mestcodes, variërend van 10 (Vaste mest) tot 19 (Mest van uitgeschaarde dieren). Er zijn 150 mestcodes, maar slechts 582 combinaties van diercategorie en mestcode zijn zinvol. De diercategorie bepaalt de fosfaatproductie per jaar en de mestcode geeft het fosfaatgehalte en daarmee de productie in tonnen. Het aantal dieren

per combinatie bepaalt dus de mestproductie.

De samenstelling van geproduceerde mest kan worden gewijzigd door mestbewerking, zoals scheiding, vergisting of droging. Dit kan in de stal of buiten de stal gebeuren. Mestbewerking in de stal is mogelijk bij sommige bedrijfssystemen, bijv. een grupstal met vaste mest en gier, een ligboxenstal met aangezuurde mest of legbatterijen met gedroogde kippemest. Sommige mogelijkheden corresponderen met een mestcode en kunnen in het bedrijfsmodel worden meegenomen. Systemen die (nog) niet in de mestboekhouding zijn opgenomen kunnen niet zonder meer in het model worden meegenomen. Mestbewerking buiten de stal kan worden uitgevoerd met speciale apparatuur zoals een scheidings- of een vergistingsinstallatie. Alleen de mogelijkheden uit de mestboekhouding kunnen in het model worden opgenomen. Zonodig kan de codering van de mestboekhouding worden uitgebreid in het bedrijfsmodel om andere diersoorten of bedrijfssystemen mee te nemen, bijvoorbeeld bij experimentele mestbewerkingssystemen.

Opslag

Vanwege de continue productie en het incidentele gebruik is opslag van mest nodig. De opslag kan bestaan uit mestkelders, silo's, foliebassins of mestzakken. De opslagbehoefte is afhankelijk van de beperkingen bij het mestgebruik; kortere uitrijperioden leiden tot een grotere opslagbehoefte. Ook de bestemming van de mest is hierbij van belang: mest voor gebruik op het eigen bedrijf moet worden opgeslagen maar mestoverschotten moeten worden afgevoerd naar andere bedrijven of een

mestfabriek en daarbij is de benodigde opslagcapaciteit veel kleiner. Het bedrijfsmodel moet inzicht geven in de opslagbehoefte.

De opslag van een bedrijf is verdeeld over opslagruimten, elk met een gegeven vorm en capaciteit. Bepaalde opslagruimten kunnen dienen als overloopopslag zoals een silo die gebruikt wordt voor mest uit de mestkelder. Het bedrijfsmodel geeft het verloop van de vulling per opslagruimte in de loop der tijd.

Aanvoer en afvoer

Bij een relatief kleine mestproductie, vergeleken met de plaatsingsmogelijkheden, kan aanvoer van buiten het bedrijf zinvol zijn. In dat geval moeten de aanvoeropties worden gedefinieerd. Elke optie is bepaald door de mestsoort, de aanvoermethode en de datum. Deze aanvoerdatum kan vast of variabel zijn. Een vaste datum hoort bij aanvoer naar een opslagruimte en een variabele datum bij aanvoer met directe toediening op het land als de omstandigheden dat toelaten. In bepaalde gevallen kan afvoer noodzakelijk zijn:

- **Bij een mestoverschot**
Niet alle mest kan worden gebruikt op het eigen bedrijf vanwege wettelijke of landbouwkundige beperkingen. De overschotten moeten elders een bestemming krijgen (afzet op een ander bedrijf of verwerking). In dit geval ligt de afvoerdatum vast.
- **Bij een opslagtekort**
Door de instroom in een opslagruimte wordt de vulling groter dan de capaciteit terwijl uitstroom nog niet mogelijk is, bijvoorbeeld omdat de weersomstandigheden mest uitrijden niet toelaten. Afvoer is nodig als het modelmatig niet gewenst is dat de vulling de capaciteit te boven gaat. De afvoerdatum is variabel omdat het niet voorspelbaar is wanneer deze situatie zich zal voordoen.
- **Bij mestruil**
Het kan voordelig zijn om mest tussen twee bedrijven te ruilen. Bijvoorbeeld voor een bedrijf met een zeugenmestoverschot waarvoor verwerking erg duur is en een ander bedrijf met slachtkuikmest en voldoende grond om alle kuikmest te gebruiken. In dit geval is het voordelig om de varkensmest met de kuikmest te ruilen omdat de kuikmest goedkoper elders kan worden afgezet. Er wordt een vaste afvoerdatum verondersteld.

De methode en datum bij elke afvoeroptie moeten worden vastgelegd voor het bedrijfsmodel.

Gebruik

Het gebruik van mest op het bedrijf is de belangrijkste component van het bedrijfsmodel. Het model is immers gericht op de invloed van gewijzigde omstandigheden op het gebruik van mest, rekening houdende met de samenhang met de andere componenten.

Het gebruik van mest op een bedrijf wordt bepaald door:

- **Grondgebruik**
De landbouwgrond is verdeeld over percelen elk met een bepaald oppervlak, afstand tot het bedrijf, soort grondgebruik en grondsoort. Op een perceel wordt een bepaald gewas geteeld.
- **Beperkingen**
De wettelijke beperkingen bij het mestgebruik hebben betrekking op de hoeveelheden, de periode en de toedieningsmethode, zoals beschreven in de inleiding.
- **Mestgebruiksplannen**
Een boer moet plannen hoe hij de mest wil gebruiken en welke mest op welk perceel moet worden toegediend. Een mestgebruiksplan wordt bepaald door het perceel, de hoeveelheid mest, de periode waarbinnen het uitgevoerd kan worden, de toedieningsmethode en de opslagruimte of aanvoeroptie waar de mest van afkomstig is.
- **Personeel en machines**
Deze zijn nodig om bewerkingen uit te voeren. De werktuigen worden verdeeld over trekkers en werktuigen. Een werktuig is bijvoorbeeld een ploeg of een mestinjecteur.
- **Bewerkingen**
Een bewerking is een activiteit die op een bepaald perceel moet worden uitgevoerd. Het uitrijden van mest is een voorbeeld van een bewerking, in dat geval refereert de bewerking naar een mestgebruiksplan. Maar andere bewerkingen op hetzelfde perceel zijn ook opgenomen in het bedrijfsmodel omdat ze beslag leggen op dezelfde mensen, machines en tijd. De andere bewerkingen op een perceel refereren naar het gewas en worden automatisch gegenereerd via

werkpakketten (Kroeze, 1978). Een werkpakket is een lijst van bewerkingen bij een gewas gedurende een teeltcyclus. Bij elke bewerking hoort een periode, een taaktijd en een werkbaarheidsklasse. De periode geeft aan wanneer de bewerking kan worden uitgevoerd. De taaktijd is de tijd die hiervoor nodig is, inclusief stortingstijd en transporttijd naar en van het perceel.

■ Werkbaarheid

De werkbaarheid is de mogelijkheid om een bewerking uit te voeren op basis van het weer en de toestand van het gewas en de grond. In het bedrijfsmodel wordt de werkbaarheid vooral bepaald door de berijdbaarheid en dus door het grondvochtgehalte. Er zijn dan twee methoden om de werkbaarheid te bepalen:

- Historische werkbaarheidswaarnemingen gebruiken. Deze zijn makkelijk te gebruiken maar alleen bruikbaar voor een beperkt gebied. Er zijn waarnemingen van de werkbaarheid in 'De Hoekse Waard' van 1945 tot 1974 beschikbaar, hierbij is elke dag het grondvochtgehalte geclassificeerd: bevroren, onder water (febr. '53), doornat, zeer nat, nat, vochtig, droog, zeer droog of kurkdroog.
- Historische weergegevens gebruiken om het grondvochtgehalte te berekenen, zoals in Augter (1990), Belmans et al. (1983) en Dyer & Baier (1979). Deze methode, waarbij gecompliceerde berekeningen moeten worden gemaakt, kan alleen worden gebruikt als de bodemeigenschappen bekend zijn en er weerrapporten beschikbaar zijn.

De eerste methode is in het bedrijfsmodel opgenomen, de tweede zal worden toegevoegd.

Samenhang tussen de componenten

De hierboven beschreven componenten zijn onderling sterk gerelateerd. Meststromen op een bedrijf passeren verschillende componenten. De mest gaat van de produktie naar de opslag voordat de mest bestemd wordt voor gebruik of afvoer. Ook aanvoer gaat naar de component gebruik eventueel via opslag. Het bedrijfsmodel voor de mestlogistiek maakt de samenhang zichtbaar (zie figuur 1).

FIGUUR 2 EEN GLOBAAL OVERZICHT VAN DE BESTANDEN IN DE DATABASE BIJ HET BEDRIJFSMODEL

Bedrijven	Bedrijfsproductie	Mestvormen Diersoorten Grasgebruikssystemen
	Bedrijfsopslag	Opslagruimten Opslagruimtevormen
	Bedrijfsaanvoer	Aanvoermestsoorten Aanvoerdatumopties Aanvoermethoden
	Bedrijfsafvoer	Afvoeroorzaken Afvoermethoden
	Percelen	Beperkingen
	Teeltplannen	Gewassen Grondsoorten Soorten grondgebruik
	Mestgebruiksplannen	Mesttoedieningstechnieken
	Personeel	
	Trekken	
	Werktuigen	
	Werkploegen	
	Bewerkingen	

Eerste kolom: een bestand met een overzicht van alle bedrijven

Tweede kolom: bedrijfsspecifieke gegevens

Derde kolom: algemene gegevens

Ook de kosten zijn opgenomen in het model. Bij produktie en mestbewerking zijn dat de bewerkingskosten en de extra voerkosten voor aangepast voer met een lager fosfaatgehalte. De kosten voor opslag, aanvoer, afvoer en gebruik worden volledig meegenomen. De ammoniakemissie is nog niet in het model opgenomen.

Het bedrijfsmodel

Het bedrijfsmodel is geïmplementeerd als een computerprogramma dat draait op een PC. Het programma is verdeeld in twee delen: het initialisatiegedeelte en het simulatiegedeelte.

De initialisatie

Het initialisatiegedeelte is bedoeld om de feitelijke situatie op een specifiek bedrijf vast te leggen. De veestapel, het bedrijfssysteem en dergelijke zijn nodig om de produktie en mestbewerking te bepalen. De mogelijkheden voor aanvoer en afvoer moeten gespecificeerd zijn evenals de mestgebruiksplannen en de beperkingen hierbij. Kortom, de componenten zoals beschreven in de vorige paragraaf moeten worden ingevuld. De gegevens worden

opgeslagen in een database, gerealiseerd met het DBMS Dataflex (Dataflex, 1987). Een globaal overzicht van de bestanden in deze database is gegeven in figuur 2. Bij elke kolom hoort een bepaald type bestand. Het bestand in de eerste kolom, **BEDRIJVEN**, bevat een overzicht van de bedrijven die kunnen worden gekozen. Er kan met een eerder aangemaakt bedrijf worden gewerkt of er kan een nieuw bedrijf worden aangemaakt. De bestanden in de tweede kolom bevatten alle informatie die nodig is om de situatie per bedrijf vast te leggen. Bestanden in de derde kolom bevatten algemene definities die voor elk bedrijf kunnen worden gebruikt. De bestanden in de database zijn onderling gerelateerd. Er is een gebruikersvriendelijke interface ontwikkeld om met deze database te werken. Alle gegevens per bedrijf kunnen worden weggeschreven naar een ASCII-bestand dat dient als input voor het simulatiegedeelte van het bedrijfsmodel.

De simulatie

Het simulatiegedeelte geeft een beeld van de meststromen op een bedrijf in de loop der tijd. Het is ontwikkeld met behulp van het simulatiepakket **PERSONAL PROSIM** (Personal, 1990).

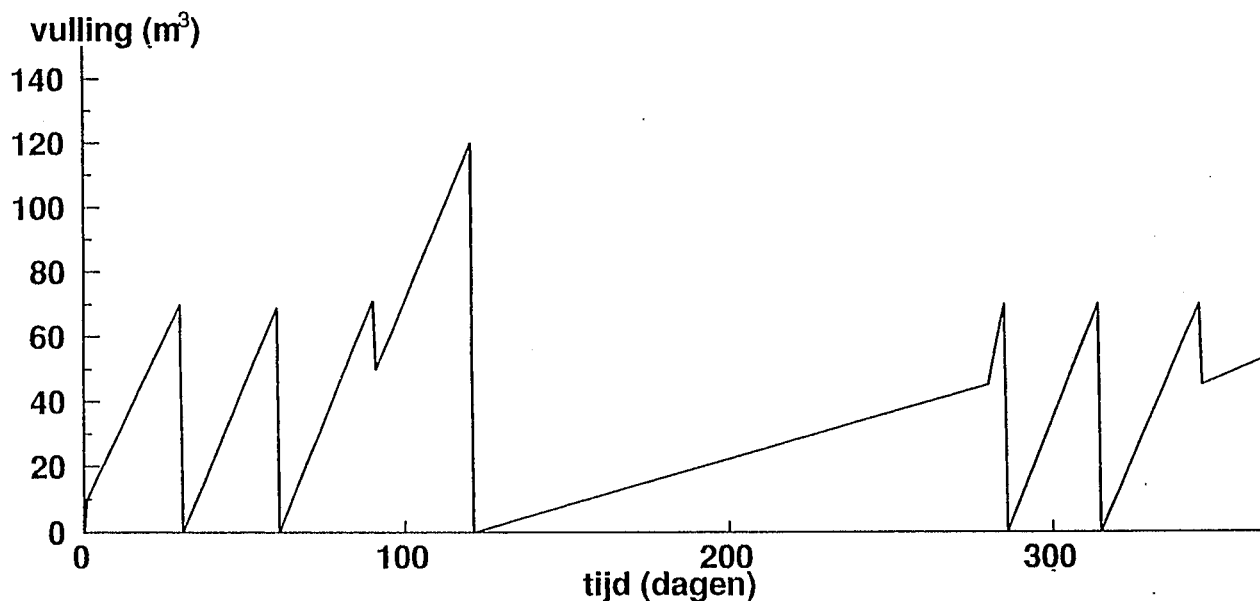
PERSONAL PROSIM kan worden gebruikt voor zowel continue als discrete simulatie. De mestproduktie is een continu proces. In het model gaat de geproduceerde mest eenmaal per dag naar de gerelateerde opslag. De processen bij de andere componenten kunnen worden beschouwd als discrete processen. De aanvoeropties worden gerealiseerd op de vaste datum (naar opslag) of op een variabele datum als gebruik direct mogelijk is. De afvoeropties worden uitgevoerd op de vastgestelde datum bij een mestoverschot of mestruil en op een variabele datum bij een opslagtekort. Het opslagproces wordt bepaald door de andere componenten, er kan dagelijks instroom zijn en daarnaast instroom en uitstroom op discrete tijdstippen vanwege aanvoer, afvoer of gebruik. Figuur 3 geeft een voorbeeld van de vulling van een opslagruimte gedurende een jaar.

De simulatie van het mestgebruik is het meest complexe gedeelte. Gebruik van mest is slechts één van de werkzaamheden die de boer moet uitvoeren. De mesttoediening moet concurreren met andere activiteiten als ploegen, zaaien, enzovoorts. De planning van de bewerkingen is gebaseerd op Van Elderen, 1987.

Op iedere werkdag worden er bewerkingen geselecteerd die kunnen worden uitgevoerd, criteria hierbij zijn:

- **Tijdsgrenzen**
Bij elke bewerking is er een periode waarbinnen zij moet worden uitgevoerd. Een bewerking kan alleen binnen deze periode worden geselecteerd.
- **Werkbaarheid**
Elke bewerking heeft een werkbaarheidsklasse. De werkbaarheid op de gegeven dag moet minstens gelijk zijn aan de benodigde werkbaarheid. Een betere werkbaarheid dan de minimaal benodigde is wel toegestaan.
- **Beschikbaarheid van materialen**
Voor sommige bewerkingen zijn materialen nodig, bijvoorbeeld bij een bewerking als mesttoediening moet er voldoende mest beschikbaar zijn. Bij een tekort aan materialen kan de bewerking niet worden uitgevoerd.
- **Volgorde van bewerkingen**
De meeste bewerkingen moeten in een bepaalde volgorde worden afgewerkt. Een bewerking kan niet

FIGUUR 3 VOORBEELD VAN DE VULLING VAN EEN OPSLAGRUIMTE



worden geselecteerd als de voorgaande bewerking nog niet is afgehandeld. Er zijn drie mogelijkheden voor een bewerking:

- De bewerking is essentieel; als de bewerking niet kan worden uitgevoerd dan zijn ook alle volgende bewerkingen bij dit gewas onmogelijk, bijvoorbeeld zaaien.
- Het annuleren van de bewerking maakt sommige opvolgende bewerkingen onmogelijk, bijvoorbeeld als het gras maaien niet doorgaat dan is het inkullen ook niet mogelijk, maar mesttoediening blijft mogelijk.
- De bewerking is onafhankelijk van andere bewerkingen, annulering heeft geen gevolgen voor andere bewerkingen, bijvoorbeeld mest uitrijden.

Deze criteria leiden tot een verzameling van bewerkingen die kunnen worden uitgevoerd. Hieruit wordt één bewerking gekozen op basis van de urgentie. De urgentie wordt voor elke geselecteerde bewerking berekend, zij wordt vooral bepaald door de tijddimiet bij de bewerking, daarnaast heeft ook de werkbaarheidsklasse invloed. De

gekozen bewerking wordt vervolgens uitgevoerd, de tijdsduur van de bewerking wordt bepaald door haar taaktijd.

Bovenstaande selectieprocedure wordt steeds herhaald totdat alle bewerkingen zijn afgehandeld of de simulatieperiode is verstreken. De simulatieperiode is gelijkgesteld aan één kalenderjaar. Daarna is het mogelijk om de simulatie te herhalen voor een ander jaar met andere weersomstandigheden of een andere bedrijfsituatie.

De simulatie geeft een beeld van de uitvoerbare bewerkingen gedurende een jaar. Hierdoor worden ook de mogelijkheden voor het gebruik van mest duidelijk. Men kan zien of de mestgebruiksplannen worden uitgevoerd of worden geannuleerd vanwege de slechte weersomstandigheden en tijdgebrek.

Conclusie

Het bedrijfsmodel kan worden gebruikt voor de simulatie van de mestlogistiek op bedrijfsniveau. De gevolgen van nieuwe beperkingen en nieuwe technieken worden zichtbaar gemaakt. De samenhang tussen de componenten bij

de mestlogistiek wordt duidelijk. Het gebruik is de belangrijkste component, de mesttoediening vormt een deel van de vele bewerkingen die worden ingepland op basis van de werkbaarheid, volgorde e.d.

Het bedrijfsmodel kan worden gebruikt door:

- beleidsmakers, om de consequenties van nieuwe regels zichtbaar te maken, bijvoorbeeld een extra uitrijverbod gedurende het broedseizoen van weidevogels;
- onderzoekers, om de effecten van technische ontwikkelingen in te schatten, bijvoorbeeld nieuwe toedieningstechnieken of stalsystemen;
- voorlichters, om individuele boeren te helpen het mestgebruik te optimaliseren en de gevolgen van mogelijke bedrijfsaanpassingen te bekijken.

De ontwikkeling van het bedrijfsmodel is gestart in 1991 en zal worden afgerond in de loop van 1993. Meer gedetailleerde informatie is te vinden in De Mol (1991a en 1991b).

Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA).

- AUGTER, G. (1990)
Neue Daten zu verfügbaren
Feldarbeitstagen, Landtechnik, 45,
305-307
- AXENBOM, Å. (1990)
A base model for discrete event
simulation of field operations using
Simula and Demos, Department of
Agricultural Engineering, Swedish
University of Agricultural Sciences,
Uppsala, Report 143
- BALTUSSEN, W.H.M., W.A.J. BROEKHUIS
& G.S. VENEMA (1989)
Gevolgen van de mestwetgeving
voor veehouderijbedrijven, LEI,
Den Haag, Publikatie 3.143
- BALTUSSEN, W.H.M., P.L.M. VAN HORNE,
J. VAN OS & H. ALTENA (1990)
Gevolgen van beperking van de
ammoniakemissie voor
veehouderijbedrijven, LEI, Den
Haag, Publikatie 3.147
- BELMANS, C., J.G. WESSELING & R.A.
FEDDES (1983)
Simulation model of the water
balance of a cropped soil: SWATRE,
Journal of Hydrology, 63, 271-286
- BUCK, N.L., D.H. VAUGHAN & H.A.
HUGHES (1988)
A general-purpose simulation
program for agricultural
operations, Computers and
Electronics in Agriculture, 3, 29-44
- DATAFLEX (1987)
The DataFlex USER'S GUIDE
(Revision 2.3), DATA ACCESS
Corporation, Miami, USA
- DYER, J.A. & W. BAIER (1979)
Weather-based estimation of field
workdays in fall, Canadian
Agricultural Engineering, 21,
119-122
- ELDEREN, E. VAN (1987)
Scheduling farm operations: a
simulation model, PUDOC,
Wageningen
- GUPTA, M.L., T.A. MCMAHON, R.H.
MACMILLAN & D.W. BENNET (1990A)
Simulation of hay-making systems:
Part 1-Development of the model,
Agricultural Systems, 34, 277-299
- GUPTA, M.L., R.H. MACMILLAN, T.A.
MCMAHON & D.W. BENNET (1990B)
Simulation of hay-making systems:
Part 2-Application of the model,
Agricultural Systems, 34, 301-318
- KROEZE, G.H. (1978)
Farm labour planning and
workability, CIGR Symposium
Ermatingen, Schweiz
- MOL, R.M. DE (1991A)
Mestlogistiek op bedrijfsniveau.
Eerste uitwerking projectopzet,
IMAG, Wageningen, Nota P-91-33
- MOL, R.M. DE (1991B)
Mestlogistiek op bedrijfsniveau.
Formele uitwerking projectopzet,
IMAG, Wageningen, Nota 91-70
- OVING, R.K. (1989)
Farm machinery selection. In: V.A.
Dodd & P.M. Grace (eds.),
Agricultural Engineering Volume 4
Power, processing and systems, A.A.
Balkema, Rotterdam, 2653-2659
- PAPY, F., J-M. ATTONATY, C. LAPORTE &
L-G. SOLER (1988)
Work organization simulation as a
basis for farm management advice
(equipment and manpower, levels
against climatic variability),
Agricultural Systems, 27, 295-314
- PERSONAL (1990)
PERSONAL PROSIM REFERENCE
MANUAL, Sierenberg & de Gans bv,
Waddinxveen
- PHILIPS, P.R. & J.R. O'CALLAGHAN (1974)
Cereal Harvesting - A mathematical
model, Journal of Agricultural
Engineering Research, 19, 415-433
- ROTZ, C.A., D.R. BUCKMASTER & J.R.
BLACK (1989)
DAFOSYM: the dairy forage system
model, Paper No. 89-4046, American
Society of Agricultural Engineers
- RUSSELL, N.P., R.A. MILLIGAN & E.L.
LADUE (1983)
A stochastic simulation model for
evaluating forage machinery
performance, Agricultural Systems,
10, 39-63
- SAVOIE, P., L.D. PARSCH, C.A. ROTZ, R.C.
BROOK & J.R. BLACK (1985)
Simulation of forage harvest and
conservation on dairy farms,
Agricultural Systems, 17, 117-131