

32/446 (b) 2^e ex.

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Vertrappingsverliezen door onvoldoende draagkracht van veengrasland

J. Beuving
K. Oostindie
Th. Vellinga*

*Praefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad

Rapport 6

STARING CENTRUM. Wageningen, 1989

20 OKT. 1989

JSN 501297 *

REFERAAT

Beuving, J., K. Oostindie en Th. Vellinga, 1989. Vertrappingsverliezen door onvoldoende draagkracht van veengrasland. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 6.
31 blz.; 9 fig.; 10 tab.

Beweiden van grasland met onvoldoende draagkracht van de zode gaat gepaard met extra verliezen aan gras door vertrapping, zodebeschadiging en/of structuurbederf. Experimenten onder veldomstandigheden zijn uitgevoerd op veengrond om de vertrappingsschade en de verliezen ten gevolge van hergroei te bepalen. De relaties die gevonden zijn tussen draagkracht, vertrapping, vertrappingsverlies en hergroei van het gras geven inzicht in de opbrengstverliezen door vertrapping.

Trefwoorden: draagkracht, veengrasland, vertrapping, opbrengstverlies, ontwatering en peilbeheer graslandgebieden

ISSN 0924-3070

Dit rapport is eerder vermeld als Rapport 39 (1989) van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW).

©1989

STARING CENTRUM Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied, Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370-19100; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw 'De Dorschkamp' (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Staring Centrum.

[RAP/39]

VOORWOORD

Kwantificering van vertrappingsverliezen in samenhang met de draagkracht is van belang zowel voor studies op het gebied van de optimalisering van het graslandgebruik als voor de evaluatie van effecten van ontwatering en peilbeheer in graslandgebieden. Het primaire doel van ontwatering is de draagkracht van de zode en daarmee de exploitatiemogelijkheden van graslandgronden te verbeteren.

Voor de evaluatie van effecten van ontwatering en peilbeheer van graslandgebieden is bij het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding*, in samenwerking met het Proefstation voor de Rundveehouderij een gecombineerd grasproductie-graslandgebruiksmodel in ontwikkeling. Dit modelonderzoek behoeft informatie over mogelijke productieverliezen die bij beweidings bij onvoldoende draagkracht optreden.

Het hier beschreven onderzoek is uitgevoerd in de jaren 1985 t.m. 1987 op het ROC Zegveld in een samenwerkingsverband tussen het ICW*, PR en het Instituut voor Veevoedingsonderzoek (IVVO).

*Thans Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied

INHOUD

Blz.

IN KORT BESTEK	1
1. INLEIDING	2
2. OPZET VAN DE PROEF	4
2.1. Uitgangspunten bij het onderzoek	4
2.2. Proefveld	4
2.3. Betreding	6
3. UITGANGSTOESTAND PROEFPERCELEN	8
3.1. Botanische samenstelling	8
3.2. Ontwatering	8
3.3. Draagkracht	9
4. METINGEN BIJ UITVOERING VAN DE PROEF	11
4.1. Draagkracht	11
4.2. Mate van vertrappen	13
4.3. Grasopbrengst	14
5. RELATIE TUSSEN DRAAGKRACHT, VERTRAPPING EN OPBRENGST	19
5.1. Draagkracht - vertrapping	19
5.2. Vertrapping - opbrengst	20
5.2.1. Verliezen	20
5.2.2. Betredingsverliezen	21
5.2.3. Vertrappingsverliezen eerste snede (direct na betreden)	22
5.2.4. Vertrappingsverliezen eerste, tweede en derde snede	24
6. TOEPASSING PROEFRESULTATEN	27
LITERATUUR	31

IN KORT BESTEK

Het beweiden van grasland met onvoldoende draagkracht van de zode gaat gepaard met extra verliezen aan gras door vertrapping, zodebeschadiging en/of structuurbederf. Deze verliezen betreffen directe vertrappingsschade en verliezen tengevolge van een verminderde hergroei.

Om de verliezen te bepalen zijn experimenten uitgevoerd op proefvelden op veengrond met goede, matige en slechte draagkracht. In deze experimenten is het effect van vertrapping tijdens normale beweiding op de zodebeschadiging nagebootst met een koppel koeien die zonder te kunnen grazen over velden met verschillende draagkracht zijn geleid. Daarnaast zijn er velden niet betreden om het grasaanbod en de invloed van betreden op de hergroei te kunnen vaststellen.

Op de proefvelden zijn de volgende metingen uitgevoerd: draagkracht voor betreden, vertrapping na betreden, grasopbrengst door maaien: twee dagen na betreden, na drie weken en na zes weken hergroei. Uit de experimenten zijn relaties gevonden tussen draagkracht, vertrapping, vertrappingsverlies en hergroei van het gras.

De resultaten geven inzicht in de opbrengstverliezen door vertrapping en kunnen worden gebruikt voor studies op het gebied van graslandgebruik en voor evaluatie van effecten van ontwatering en peilbeheer van veengrasland.

1. INLEIDING

Effecten van ontwatering van veengrasland op grondwaterstanden, bodemvochtcondities, draagkracht, bruto droge-stofproductie en zakking zijn in de zeventiger jaren uitvoerig op een aantal proefvelden in het veenweidegebied onderzocht (SCHOTHORST, 1982). Daarnaast vergeleken BOXEM en LEUSINK (1978) op het ROC Zegveld onder bedrijfsomstandigheden de exploitatiemogelijkheden van veengrasland bij hoog en verlaagd slootpeil.

Onvoldoende draagkracht door te geringe ontwatering is vaak aanleiding de voorjaarsbemesting te verlaten. Hierdoor vertraagt grasgroei in het voorjaar, met als gevolg dat later kan worden ingeschaard. Bovendien treden in natte perioden in het groeiseizoen op natte gronden grote beweidings- en ruwvoederwinningsverliezen op en moet in het najaar vaak eerder worden opgestald.

Uit beide onderzoeken kwam als belangrijkste conclusie naar voren dat de draagkracht van veengraslandgronden in het algemeen voldoende is voor een goede bedrijfsvoering als het polderpeil circa 70 cm-mv bedraagt. Een aspect dat buiten beschouwing is gebleven, betreft de verliezen aan geproduceerd gras als gevolg van directe zodebeschadiging door vertrapping bij onvoldoende draagkracht en van vertraagde en verminderde hergroei van de beschadigde zode.

Het grootste deel van de grasproductie wordt via beweiding benut als vers gras. De weidende dieren zorgen echter voor verliezen omdat ze niet al het geproduceerde gras opnemen door een moeilijke oogstbaarheid, vertrapping, vermorsing en door bevulling van het gras. MEIJS et al. (1982) hebben een inventarisatie uitgevoerd van onderzoek naar beweidingsverliezen. Hieruit blijkt dat beweidingsverliezen moeilijk te bepalen zijn en variëren afhankelijk van grasaanbod, beweidingsduur en bepalingsmethodiek. Voor goed draagkrachtig grasland komen zij tot een beweidingsverlies van rond 20% bij een systeem van vier etmalen weiden. Bij beweiding van grasland met onvoldoende draagkracht zullen extra verliezen optreden door vertrapping van de zode en vertraagde hergroei daarna. Ter onderscheiding van de normale beweidingsverliezen worden in dit rapport de extra verliezen door onvoldoende draagkracht als vertrappingverliezen aangeduid.

Dit rapport doet verslag van een onderzoek dat tot doel had de samenhang vast te stellen tussen draagkracht, mate van vertrapping en vertrappingsverliezen bij beweiding van veengraslandgronden. Ook op grasland op klei- en humeuze zandgronden komen verliezen door onvoldoende draagkracht voor. Deze zijn zoals uit een oriënterend onderzoek bleek, verschillend van die op veengronden worden gevonden en zullen de komende jaren onderwerp van onderzoek zijn.

2. OPZET VAN DE PROEF

2.1. UITGANGSPUNTEN BIJ HET ONDERZOEK

Voor de opzet van de proef zijn de volgende uitgangspunten gekozen:

- het effect van betreding op zodebeschadiging en vertrappingsverliezen wordt onderzocht bij drie draagkrachtniveaus;
- het effect van betreden op de zode wordt gesimuleerd door een koppel koeien over de objecten te leiden. De koppelgrootte is afgestemd op de in de praktijk toegepaste beweidingsintensiteit.

De betreding is hierbij losgekoppeld van de overige invloeden die de dieren tijdens beweiding op het gras uitoefenen, zoals verschillen in betreding, begrazing, versmering, plat liggen etc. Voor dit systeem is bovendien gekozen omdat een proef met een hoge betrouwbaarheid bij normale beweiding een zodanige omvang en aantal veel tijd vergende metingen vereist, onder andere van dagelijkse grasopname, bijgroei, normale beweidingsverliezen, verloop in draagkracht etc. dat de beschikbare arbeidsinzet limiterend werd geacht.

De proeven zijn uitgevoerd in het voorjaar van 1985, 1986 en 1987 op het ROC Zegveld. Om een goede uitgangstoestand te krijgen, is in de voorafgaande herfst een perceel geselecteerd dat wat betreft grasbestand zo homogeen mogelijk was. Dit perceel werd gebloot en gesleept zodat de grasmat kort de winter in ging. Bovendien werd het uitrijden van mest achterwege gelaten.

2.2. PROEFVELD

Vlak voor het uitvoeren van de proef in mei is het proefveld uitgezet volgens het in Figuur 1 gegeven schema.

Het proefveld bestaat uit drie gelijke blokken. Verschillen in draagkracht of stabiliteit van de zode worden aangebracht door de drie blokken met verschillende hoeveelheden water te beregenen.

Op elk blok zijn in tweevoud drie velden van 5,50 x 32,00 m uitgezet waarop betreding volgens onderstaand schema wordt uitgevoerd:

0 = geen betreding;

1 = betreden gelijk aan twee etmalen weiden met 25 koeien per ha;

2 = betreden gelijk aan vier etmalen weiden met 25 koeien per ha.

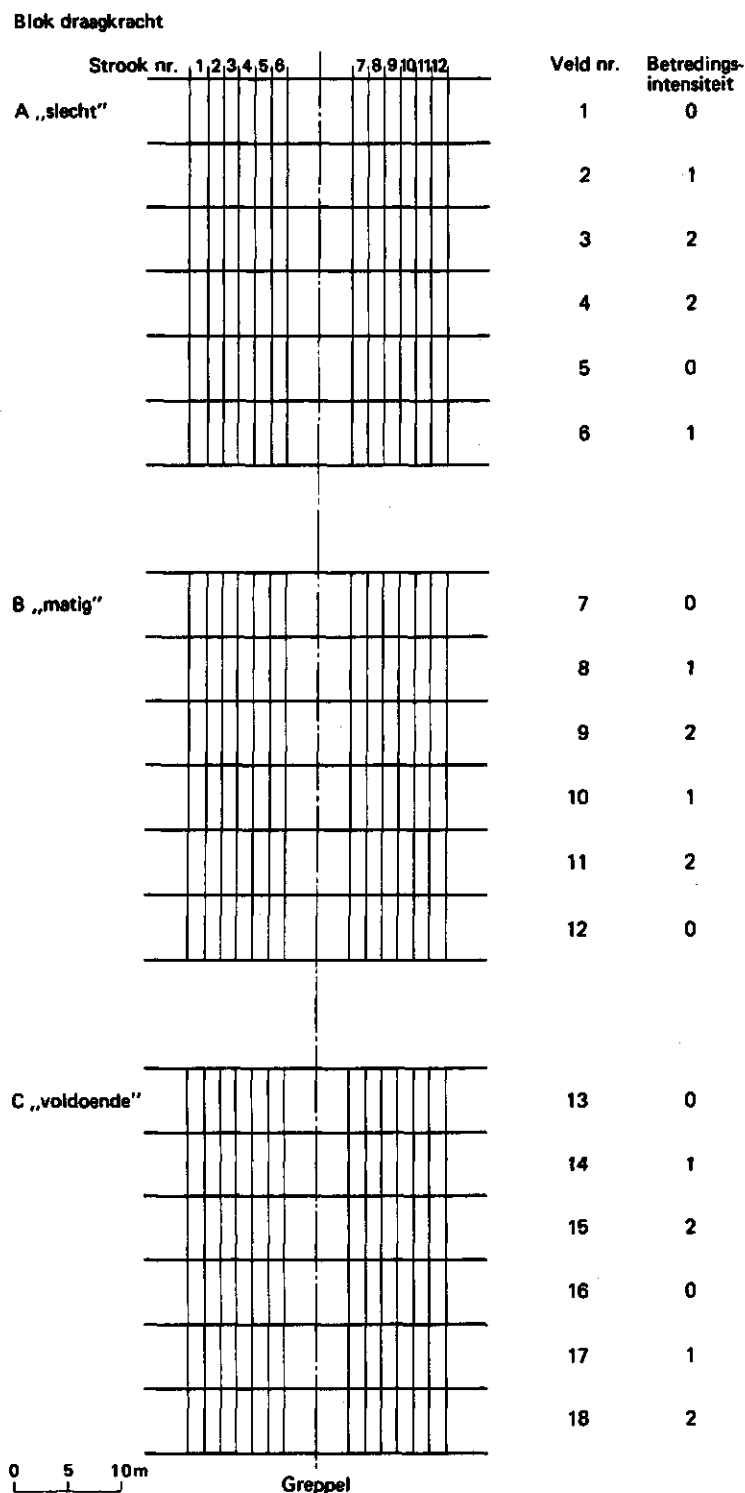


Fig. 1.

Bovenaanzicht van het proefveld. Aangegeven zijn de drie blokken A, B en C met verschillen in draagkracht slecht, matig en voldoende. Elk blok bestaat uit zes velden, die drie verschillende betredingsintensiteiten hebben: niet (0), de helft van vier dagen dag en nacht weiden (1) en vier dagen weiden (2). Elk veld bestaat uit twaalf maai-stroken waarvan de grasopbrengst is bepaald en de draagkracht en de vertrapping is gemeten

In het veenweidegebied zijn de percelen door een greppel doorsneden. Om de invloed van de greppel uit te sluiten wordt steeds een strook van vier meter aan beide zijden van de greppel buiten de waarneming gehouden. Loodrecht op de velden zijn twaalf stroken van 1,5 meter breedte gereserveerd voor het oogsten van gras en het meten van de draagkracht en de vertrapping.

Samenvattend: per draagkrachtniveau komen drie betredingsintensiteiten in tweevoud voor, waar overheen twaalf maaistroken komen te liggen zodat per betredingsintensiteit steeds 24 maaistroken geoogst worden waarvan de draagkracht en de mate van vertrappen bekend is.

2.3. BETREDING

Er is naar gestreefd op het moment van betreding een snede van 2000 kg droge stof per ha beschikbaar te hebben. Dit komt bij een graslandgebruikssysteem van vier dagen dag en nacht weiden (O_4 -systeem) overeen met een grasaanbod van 20 kg droge stof per koe per dag weiden met 25 koeien per ha. Het aantal koeien nodig om in één keer een betreding overeenkomstig het O_4 -systeem aan te brengen is als volgt berekend. Uit gedragsstudies van koeien in een omweidingssysteem werd afgeleid dat een weidende koe een afstand van circa 2,3 km per etmaal aflegt. Dit betekent voor 25 koeien per ha in een O_4 -systeem in totaal 230 km in vier etmalen.

Bij berekening van het voor betreden van de proefvelden benodigde aantal koeien, zodat een met het O_4 -systeem overeenkomstige betredingsintensiteit ontstaat, is de volgende vergelijking toegepast:

$$N = S \frac{a}{A} / 2 l \quad (1)$$

waarin: N = benodigd aantal koeien voor betreding volgens O_4 ;

S = totale loopafstand van 25 koeien per ha bij vier etmalen weiden (230 000 m);

a = oppervlakte veld (m^2);

A = oppervlakte van 1 ha;

l = lengte veldje (m).

Invulling van de vergelijking geeft $N = 57,8$ dat wil zeggen voor betreding volgens O_4 zijn bij de toegepaste breedte van de velden in 1987

58 koeien nodig wanneer heen en terug wordt betreden (2.lengte). Bij de uitvoering zijn over de velden met betredingsintensiteit gelijk aan twee etmalen weiden ($\frac{1}{2}O_4$) eenmaal 29 koeien goed verspreid heen en teruggedreven. Dezelfde koppel koeien is tweemaal achter elkaar over de velden gedreven om een betredingsintensiteit overeenkomstig O_4 te verkrijgen.

3. UITGANGSTOESTAND PROEFPERCELEN

De proef is elk jaar op een ander perceel uitgevoerd om te voorkomen dat vertrapping in het voorgaande jaar door zou werken in de waarnemingen in het jaar daarna. De percelen waarop vertrappingsproeven plaatsvinden moeten zo homogeen mogelijk zijn. Er mogen geen rij- of vertrappingssporen in voorkomen, terwijl de grasmat homogeen van samenstelling moet zijn. Ter controle van de homogeniteit zijn voor uitvoering van de proef waarnemingen gedaan van de botanische samenstelling, de zodedichtheid, de drukhoogte van het bodemvocht en grondwaterstand en de draagkracht.

3.1. BOTANISCHE SAMENSTELLING

De grasmat op de geselecteerde percelen was goed gesloten en bestond voor circa 90% uit goede grassen: 50% Engels raaigras en 40% ruwbeemdgras. De overige 10% bestond uit grassen en kruiden die verspreid voorkomen zoals kweek, straatgras, geknikte vossestaart, veldbeemdgras, klaver, muur, paardebloem, boterbloem, herderstasje en varkensgras.

3.2. ONTWATERING

Ontwatering heeft grote invloed op de vochtcondities in de zodelaag en daarmee op de draagkracht en vertrappingsgevoeligheid. Om na te kunnen gaan of de percelen wat betreft ontwatering vergelijkbaar waren, zijn twee maanden voor uitvoering van de proef op elk van de drie proefvakken in tweevoud grondwaterstandsbuizen en tensiometers geplaatst. Deze zijn voor de uitvoering wekelijks opgenomen. In Tabel 1 zijn de hoogste en de laagste waarneming en het gemiddelde van de waarnemingen gegeven.

De ontwatering van de verschillende percelen verschilt van jaar tot jaar weinig. De metingen zijn echter weergebonden. In 1985 is onder drogere en in 1987 onder nattere omstandigheden gemeten. Dit komt vooral tot uiting in de drukhoogte van het bodemvocht in de zodelaag (Tabel 1).

Tabel 1. Ontwateringstoestand van de proefpercelen gekarakteriseerd door de grondwaterstand en de drukhoogte van het bodemvocht gemeten op 5 cm-mv. Het betreft per voorjaar zes waarnemingen waarvan de hoogste, de laagste en het gemiddelde is weergegeven

Jaar	Grondwaterstand(cm-mv)			Drukhoogte bodemvocht (cm)		
	hoogste	laagste	gem.	hoogste	laagste	gem
1985	39	59	48	-37	-95	-61
1986	43	47	44	-39	-53	-46
1987	45	54	50	-37	-62	-39

Koopveengronden (kleiig veen op rietzeggeveen) zijn in natte toestand goed doorlatend. De drukhoogte van het bodemvocht was tot in de zodelaag vrijwel steeds in evenwicht met de grondwaterstand. In het voorjaar kan dit evenwicht door vochtonttrekking bij sterke groei van het gras worden verstoord, maar het bleek zich bij één flinke regenbui snel te herstellen. Van deze eigenschap van snelle bevochtiging van het veen in het voorjaar is gebruik gemaakt om door verschillende hoeveelheden beregening draagkrachtverschillen binnen de proef aan te brengen. Later in het seizoen en vooral na een droge periode wanneer het veen door vochtonttrekking bovenin verder is ingedroogd, laat het zich niet in korte tijd bevochtigen.

3.3. DRAAGKRACHT

Om vast te stellen of de percelen homogeen en onderling vergelijkbaar waren is in het voorjaar voor uitvoering van de proef onder verschillende omstandigheden de draagkracht (uitgedrukt in MPa = Mega Pascal) regelmatig gemeten. De draagkracht heeft een directe relatie met de drukhoogte van het bodemvocht in de zodelaag in het voorjaar en neemt bij indroging en krimp sterk toe. In Tabel 2 worden de percelen voor de draagkracht gekarakteriseerd. Het betreft steeds de laatste meting voor het aanbrengen van draagkrachtverschillen door beregening.

Tabel 2. Draagkracht van de zode voor beregenen gemeten als indringingsweerstand voor een conus met een basisoppervlak van vijf cm² en een tophoek van 60° voor de drie blokken (A, B, C) en het totale proefveld elk jaar op een ander perceel, gemeten vier tot zeven dagen voor het uitvoeren van de betreding met melkkoeien

Datum	N	Draagkracht (MPa)				Standaardafwijking			
		A	B	C	gem.	A	B	C	gem.
6 mei 1985	216	0,54	0,56	0,56	0,55	0,07	0,07	0,08	0,07
13 mei 1986	180	0,40	0,47	0,47	0,45	0,06	0,08	0,07	0,08
29 mei 1987	216	0,55	0,55	0,58	0,56	0,08	0,08	0,08	0,08

De verschillen in uitgangstoestand tussen de blokken bleken in de drie proefjaren klein te zijn. Dit duidt op een goede homogeniteit binnen het proefveld wat betreft draagkracht. Tussen de jaren doen zich echter wel verschillen voor welke vooral worden toegeschreven aan verschillen in weersomstandigheden kort voor de metingen. In 1985 wordt op 6 mei hetzelfde niveau in draagkracht gemeten als in 1987 op 29 mei. In 1986 is de draagkracht op het proefperceel op 13 mei duidelijk beneden het gewenste niveau (Tabel 2). De draagkracht is in deze periode zo laag (< 0,6 MPa) dat bij beweiding vertrapping zal optreden.

Uitstellen van vertrappingsonderzoek tot later in het seizoen heeft te veel risico's in verband met de moeilijke bevochtigbaarheid van ingedroogd veen. Na het eerste proefjaar 1985 zijn de proefvelden begin mei voorge-maaid om zo wat later in het seizoen bij een hogere draagkracht het gewenste grasaanbod te hebben. Echter goede draagkracht werd ook door deze kleine verschuiving niet bereikt. Daarom is tijdens de zomer van 1985 en 1986 een extra proef gedaan om de verliezen bij echt goede draagkracht (> 10 MPa) vast te stellen.

4. METINGEN BIJ UITVOERING VAN DE PROEF

Direkt voor en na het uitvoeren van de betreding van het proefveld zijn op alle objecten waarnemingen gedaan van:

- de draagkracht kort voor betreden;
- de vertrapping van de zode kort na betreden;
- de grasopbrengst twee dagen na betreding;
- de hergroei door om de twee à drie weken periodiek te oogsten.

4.1. DRAAGKRACHT

Naarmate de zodelaag natter en meer gezwollen is, is de draagkracht kleiner. Om geen groeiverschillen te veroorzaken wordt de beregeningsinstallatie op vrijdag kort voor de uitvoering geplaatst. Aan het eind van de dag wordt het eerste water gegeven. Op de twee blokken waar de draagkracht omlaag moet worden gebracht worden respectievelijk vier en acht sproeiers met een capaciteit van vijf mm per uur regelmatig verdeeld over het blok geplaatst. Het derde blok wordt niet beregend. Op zaterdag wordt veel water gegeven waarbij er naar wordt gestreefd dat geen plasvorming ontstaat om ook binnen het natste blok variatie in draagkracht te voorkomen. Maandagochtend vroeg wordt het laatste water gegeven.

Kort voor het betreden wordt met de penetrometer de draagkracht van de zode gemeten. De in Nederland veel toegepaste conus heeft een oppervlak van vijf cm² met een tophoek van 60°. Uit onderzoek van SCHOTHORST (1965) is bekend dat bij gebruik van deze conus weinig vertrapping van de zode optreedt wanneer de gemeten indringingsweerstand > 0,6 MPa is.

Op grasland is de spreiding tussen de gemeten indringingsweerstand groot als gevolg van verschil in zodevorming. De draagkracht per maaistrook is daarom in drie-voud gemeten. Dit betekent voor een proefveld, bestaande uit drie blokken van zes velden met elk twaalf maaistroken (5,5 x 1,5 m), dat 648 keer de draagkracht is gemeten op een oppervlakte van 1782 m².

Tabel 3. Draagkracht van de zode gemeten als indringingsweerstand voor een conus met een basisoppervlak van vijf cm² en een tophoek van 60° direct voor betreding met melkkoeien en na het aanbrengen van draagkrachtverschillen tussen de blokken (A, B, C) door berekening gemiddeld per betredingsintensiteit (niet en overeenkomend met de helft en het beweidingssysteem (O₄) en per draagkracht niveau (A = 'slecht', B = 'matig' en C = 'goed'))

Datum	Draagkracht (MPa)								
	niet betreden			$\frac{1}{2}O_4$			O ₄		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
13 mei 1985	0,41	0,37	0,44	0,39	0,40	0,46	0,42	0,37	0,47
20 mei 1986	0,25	0,39	0,60	0,25	0,40	0,62	0,26	0,39	0,60
1 juni 1987	0,39	0,52	0,62	0,38	0,49	0,66	0,37	0,48	0,65

Bij een indeling in goed, matig en slecht is in 1985 en 1986 de draagkracht van blok A en B en in 1987 van blok A slecht. Matige draagkrachten worden in 1985 gemeten op blok C en in 1987 op blok B. Goede draagkracht komt niet voor bij de waarnemingen, wel is sprake van voldoende draagkracht op blok C in 1986 en 1987 (Tabel 3).

Het aanbrengen van draagkrachtverschillen door berekening blijkt goed te realiseren. De weersomstandigheden kort voor de uitvoering bepalen echter in hoeverre voldoende draagkracht bereikt kan worden. Zo was in 1985 kort voor de uitvoering een bui van 13 mm oorzaak van het niet verkrijgen van voldoende draagkracht. Het aanwezige grasaanbod maakte uitstel van de uitvoering van betreding voor verkrijging van voldoende draagkracht onmogelijk.

Omdat, zoals in par. 4.2 naar voren zal komen, ook bij de objecten met voldoende draagkracht bij betreding nog zichtbare zodebeschadiging voorkwam, is in de zomer van 1985 en 1986 een betredingsproef uitgevoerd bij goede draagkracht, dat wil zeggen bij een indringingsweerstand van circa 1,4 MPa. Dit is om het effect van betreding zonder zodebeschadiging op de opbrengst vast te stellen. Deze proeven zijn uitgevoerd bij een vergelijkbaar grasaanbod als in de voorjaarsproeven: 2370 kg d.s.ha⁻¹ in 1985 en 1160 in 1986 (vgl. Tabel 5).

4.2. MATE VAN VERTRAPPEN

Het meten van de vertrapping van de zodelaag is nieuw geïntroduceerd in dit onderzoek. Bij beweiding van grasland met onvoldoende draagkracht treedt vertrapping van de zode op die moeilijk is te kwantificeren. In dit onderzoek is de mate van vertrappen vastgelegd met een naaldenbalk van een meter lang, met zeven naalden op een onderlinge afstand van 0,15 m (Fig. 2).

De afstand tussen de naalden is afgestemd op de oppervlakte van de hoof van een koe. Staan de naalden te ver uit elkaar dan gaat veel informatie bij het meten verloren. Staan zij echter te dicht bij elkaar dan raken twee naalden dezelfde vertrapte plek en heeft dubbel telling plaats.

Op elke maaistrook van de betreden veldjes is op drie plaatsen de vertrapping met de naaldenbalk gemeten. Op deze wijze worden per strook 21 waarnemingen verkregen (per proefjaar totaal 3024 op 1188 m²) waarvan het aantal naalden dat een vertrapte plek raakt wordt gesommeerd. De mate van vertrapping wordt gevonden door dit aantal als percentage van de 21 waarnemingen per strook uit te drukken. Hierbij worden alleen ingedeukte plekken als vertrappt beschouwd. Dit om te voorkomen dat opgewerkte en ingedeukte grond twee keer als vertrapping wordt geteld. De diepte van de vertrapping is niet gemeten (Tabel 4).

De mate van vertrappen van de zode zoals in Tabel 4 is weergegeven laat zien dat een indeling in draagkracht en gevoeligheid voor vertrappen in goed, matig en slecht niet volledig is bereikt. Bovendien heeft een derge-

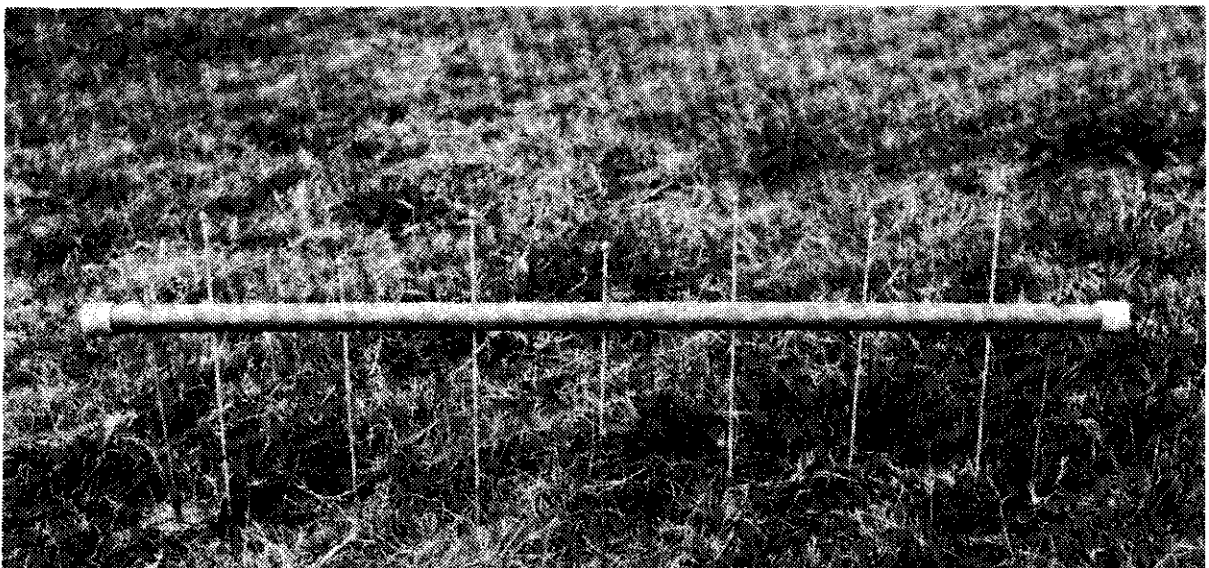


Fig. 2. Naaldenbalk voor het meten van de vertrapping welke bestaat uit een PVC-buis van 1,10 m, twee steunen met voetplaat (afschroefbaar) en zeven naalden op een onderlinge afstand van 0,15 m

Tabel 4. Mate van vertrappen van de zode van de betreden velden als gemiddelde van 504 waarnemingen op de 24 maaistroken per betredingsintensiteit (overeenkomend met de helft, $\frac{1}{2}O_4$ en het beweidingsstelsel O_4) en per draagkrachtniveau: blok A 'slecht', blok B 'matig' en Blok C 'goed'

Datum	Mate van vertrappen (%)					
	$\frac{1}{2}O_4$			O_4		
	A	B	C	A	B	C
13 mei 1985	43	35	20	72	65	24
20 mei 1986	53	29	8	79	42	9
1 juni 1987	23	15	3	49	29	4

lijke indeling van jaar tot jaar een andere inhoud. Voor het uitvoeren van een variantie en betrouwbaarheidsanalyse van de proefresultaten is een dergelijke indeling noodzakelijk. Daarom wordt in het vervolg het slechtste gedeelte slecht, het wat betere gedeelte matig en het beste gedeelte voldoende genoemd.

Ook bij voldoende draagkracht treden nog vertrapping en verliezen op. Verliezen die een gevolg zijn van alleen betreden zonder zodebeschadiging, dus bij goede draagkracht, zijn ontleend aan de reeds in par. 4.1 aangegevoerde betredingsproeven uitgevoerd in de zomers van 1985 en 1986.

4.3. GRASOPBRENGST

Twee dagen na uitvoering van betreding zijn de twaalf stroken op alle velden, zowel wel als niet betreden, bij de drie draagkrachtniveaus geoogst op een maa hoogte van zes cm, overeenkomend met de vreethoogte van koeien. In totaal betrof het $3 \times 6 \times 12 = 216$ stroken van circa 5 m^2 . Afhankelijk van de breedte van de velden en dus de lengte van de stroken is gekozen voor een maaibreedte van 1,05 of 1,23 m. De lengte van elke strook is na het maaien gemeten. Na het oogsten van de stroken werden de overgebleven randstroken in dezelfde maairichting gemaaid en het gras in handkracht van het proefveld verwijderd.

Tabel 5. Droge stofopbrengsten ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) als gemiddelde van 24 maaistroken en gemiddeld per jaar bij een gemiddeld niveau in draagkracht (voldoende, matig en slecht) en betredingsintensiteit (niet en overeenkomend met de helft en beweidingssysteem O_4), gemeten twee dagen na betreding (eerste snede) en na opeenvolgende groei-perioden van elk twee à drie weken

Draagkracht	Droge stofopbrengsten ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)											
	eerste snede			tweede snede			derde snede			vierde snede		
	niet $\frac{1}{2}\text{O}_4$	O_4	gem.	niet $\frac{1}{2}\text{O}_4$	O_4	gem.	niet $\frac{1}{2}\text{O}_4$	O_4	gem.	niet $\frac{1}{2}\text{O}_4$	O_4	gem.
1985												
Voldoende	2559	1327	1064	1650	1542	2107	1944	1864	2474	2483	2514	2490
Matig	2371	992	328	1230	1710	1841	1342	1631	2282	2293	2305	2293
Slecht	2353	769	157	1093	1647	1774	1100	1507	2149	2217	2231	2199
Gem.	2427	1029	516	1324	1633	1907	1462	1667	2302	2331	2350	2328
1986												
Voldoende	1347	1072	883	1100	985	1062	1061	1036	2875	2910	2962	2916
Matig	1424	859	354	879	962	1026	759	915	2964	2799	2688	2817
Slecht	1280	506	125	637	1169	854	407	810	2626	2570	2017	2404
Gem.	1350	812	454	872	1039	981	742	921	2822	2760	2556	2712
1987												
Voldoende	2460	2024	1599	2028	1292	1365	1418	1358	2204	2136	2101	2147
Matig	2570	1749	1288	1869	1594	1850	1928	1791	2163	2086	2084	2111
Slecht	2350	1437	888	1558	1720	1938	1797	1818	1991	1919	1929	1946
Gem.	2460	1737	1258	1818	1535	1718	1715	1656	2119	2047	2038	2068

Voor de hergroei-bepaling zijn dezelfde stroken na bemesten na twee à drie weken op dezelfde wijze geoogst om de invloed van de vertrapping en zodebeschadiging op de hergroei te bepalen. Hierna vond nog een tweede hergroei-bepaling plaats en in 1986 nog een derde. Na iedere opbrengst-bepaling werd een stikstofbemesting van $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ gegeven. Om beschadiging van de zode en onregelmatige bemesting en groei te voorkomen werd tussen-door niet geweid. Tabel 5 geeft een samenvatting van de resultaten over de drie proefjaren.

Afgelezen op draagkracht- en betredingsniveau vormt elk getal in de tabel een gemiddelde van 24 geoogste stroken. De opbrengsten op de niet betreden velden geven het grasaanbod bij uitvoering van de betreding (+ twee dagen bijgroei, de helft van vier dagen weiden). Zoals in par. 2.3 is toegelicht, is gestreefd naar een grasaanbod bij uitvoering van de betreding van circa 2000 kg d.s.ha⁻¹. Dit werd in geen van de drie jaren gerealiseerd. In de voorjaren van 1985 en 1987 was het aanbod iets te hoog en in 1986 aanzienlijk te laag (Tabel 5). Dit hangt samen enerzijds met de tijd nodig voor uitvoering van de proef - beregenen, betreden, oogsten - waarvoor de dagen maandag tot en met vrijdag nodig zijn, en anderzijds met de moeilijke voorspelbaarheid van de groeisnelheid van het gras in het voorjaar. Dit betekent dat wanneer op vrijdag wordt besloten tot uitstel van de uitvoering, omdat er nog te weinig gras staat of de draagkracht te gering is, het gras nog twaalf dagen kan groeien in plaats van vijf alvorens het geoogst wordt.

Tabel 5 laat zien dat de verschillen in draagkracht en in betredingsintensiteit gepaard gaan met grote verschillen in oogstbare droge stof direkt na betreding. Ook tijdens de eerste hergroei zijn deze verschillen nog aanwezig. Bij de eerste hergroei komt het voor, bijvoorbeeld in 1987, dat de velden met slechte draagkracht en de grootste vertrappingsschade de hoogste opbrengst geven. Dit hangt samen met het niet meeoogsten bij de eerste oogst van gras dat beneden het maainiveau van zes cm is getrapt. Het verschijnsel doet zich uiteraard het sterkst voor op de betreden velden met een vertrappingsschade waarbij het gras niet in de zode wordt weggetrapt. Uit de tabel komt ook naar voren dat deze veengrond een groot herstellingsvermogen heeft. Bij de tweede maar zeker bij een derde hergroei komen nog nauwelijks opbrengstverschillen tussen de objecten voor.

Naar aanleiding van de in Tabel 5 gegeven resultaten kan de vraag worden gesteld of de verschillen in opbrengst kunnen worden toegeschreven aan verschillen in draagkracht, in betredingsintensiteit of aan een combinatie van beide (interactie). Hiertoe is op elke snede een variantieanalyse uitgevoerd. Ten behoeve van de variantieanalyse kan het probleem als in Figuur 3 worden weergegeven. Op basis van de proefopzet kunnen de volgende drie hypothesen (H₀) en drie alternatieve hypothesen (H₁) worden opgesteld.

Betredingsintensiteit	niet	n=24	n=24	n=24
	$\frac{1}{2}O_4$	n=24	n=24	n=24
	O_4	n=24	n=24	n=24
		Voldoende	Matig Draagkracht	Slecht

Fig. 3. Proefopzet geschematiseerd naar drie niveaus in draagkracht en betredingsintensiteit. N = aantal waarnemingen, O_4 = vier dagen dag en nacht weiden en $\frac{1}{2}O_4$ = de helft van vier dagen weiden

Voor toetsing op systematische verschillen tengevolge van draagkracht:

- H_0 : draagkracht is niet van invloed op de opbrengst;
- H_1 : draagkracht is wel van invloed op de opbrengst.

Voor toetsing op systematische verschillen ten gevolge van betredingsintensiteit:

- H_0 : betreding is niet van invloed op de opbrengst;
- H_1 : betreding is wel van invloed op de opbrengst.

Voor toetsing op systematische verschillen tengevolge van zowel draagkracht als betredingsintensiteit:

- H_0 : geen interactie;
- H_1 : wel interactie.

Voor elke hypothese is een kritieke waarde vastgesteld waarmee de toetsingsgrootte wordt vergeleken. De kritieke waarde is afhankelijk van:

- de onbetrouwbaarheidsdrempel (5%);
- aantal niveaus van de factoren (draagkracht drie, betreden drie, interactie $3 * 3$);
- aantal waarnemingen in de steekproef.

Voor de drie factoren zijn deze kritieke waarden:

draagkracht: 3,06

betreden : 3,06

interactie : 2,44

Wanneer van elke factor de toetsingsgrootte T kleiner is dan de kritieke waarde dan heeft de bewuste factor geen significante invloed op de

verkregen opbrengsten. Dus:

$T <$ kritieke waarde: H_0 is waar, dus niet significant (NS)

$T >$ kritieke waarde: H_1 is waar, dus wel significant (S)

Tabel 6 geeft voor elk van de drie proefjaren en per snede de toetsingsgrootheden voor draagkracht, betredingsintensiteit en de interactie tussen beide factoren. Tevens zijn per opbrengstbepaling de over de totale proef gemiddelde opbrengst en de spreiding gegeven.

Vergelijking van de toetsingsgrootheden uit Tabel 6 met de kritieke waarden laat zien dat opbrengstverschillen uit Tabel 5 inderdaad toegeschreven kunnen worden aan de verschillen in draagkracht, in betredingsintensiteit en aan de interactie tussen deze twee factoren. Ook blijkt dat bij de derde snede na de tweede hergroeiperiode er nog slechts een kleine invloed van de draagkracht is en dat de invloed van de betreding en de interactie niet significant meer is in 1985 en 1987. De standaardfout laat zien dat de spreiding in opbrengsten als gevolg van de betreding vrij groot is: 68% van de waarnemingen ligt in het interval gegeven door het gemiddelde \pm de standaardfout.

Tabel 6. Gemiddelde droge stofopbrengsten (ds $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) per snede met de standaardfout (SF) en de uit variantie-analyse verkregen toetsingsgrootheden voor de invloed van draagkracht (T_1), betredingsintensiteit (T_2) en de interactie tussen beide (T_3) per snede in elk van de drie proefjaren

Jaar	Eerste snede					Tweede snede					Derde snede					Vierde snede				
	ds	SF	T_1	T_2	T_3	ds	SF	T_1	T_2	T_3	ds	SF	T_1	T_2	T_3	ds	SF	T_1	T_2	T_3
	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$					$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$					$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$					$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$				
1985	1324	275	80,4	933,4	11,4	1667	269	32,7	50,1	21,1	2328	309	16,7	0,4*	0,1*					
1986	872	173	107,9	408,8	25,6	921	178	24,2	46,8	29,7	2712	340	30,1	10,0	6,6	1416	306	29,4	1,8*	0,7*
1987	1818	299	45,8	294,5	7,3	1656	237	14,0	85,4	3,0	2068	325	7,8	1,4*	0,0*					

5. RELATIE TUSSEN DRAAGKRACHT, VERTRAPPING EN OPBRENGST

5.1. DRAAGKRACHT - VERTRAPPING

Zoals eerder toegelicht bestaat de proef uit drie blokken (Figuur 1) met verschillende draagkracht waarop in tweevoud drie velden die verschillend intensief worden betreden: niet, $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 . Elk veld is weer onderverdeeld in twaalf stroken. Op deze stroken zijn direkt voor en na de uitvoering van de betreding de draagkracht als gemiddelde van drie waarnemingen respectievelijk de vertrapping gemeten (zie par. 4.1 en 4.2). Per betredingsintensiteit werden in elk proefjaar aldus: $3 \times 2 \times 12 = 72$ waarden voor de draagkracht en bijbehorende mate van vertrapping verkregen.

In Figuur 4 is, gebaseerd op de in de drie proefjaren verkregen resultaten, het verband gegeven tussen draagkracht en de mate van vertrapping voor de betredingsintensiteiten $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 . Het blijkt dat bij afnemende draagkracht de vertrapping van de zode sterk toeneemt en dat deze gekoppeld is aan de betredingsintensiteit.

Om elke vorm van zodebeschadiging te voorkomen moet de draagkracht 0,7 MPa zijn. Meestal wordt ervan uitgegaan dat een draagkracht van 0,6 MPa voldoende is. Toepassing van de naaldenbalk om de mate van vertrapping te meten, levert bij dit draagkrachtniveau een zodebeschadiging van circa 10%.

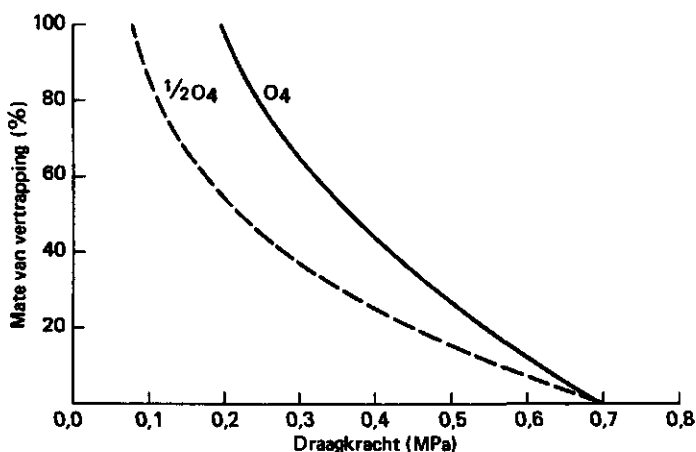


Fig. 4. Relatie tussen de draagkracht en de mate van vertrapping bij een betreding met melkkoeien overeenkomend met het beweidingssysteem O_4 (vier dagen dag en nacht weiden) en de helft van dit beweidingssysteem, $\frac{1}{2}O_4$

De in Figuur 4 gegeven verbanden kunnen het beste worden weergegeven met de volgende vergelijkingen:

$$\frac{1}{2}O_4 : \quad x = -98,9 \log I_w - 13,6 \quad r = -0,82 \quad (2)$$

$$O_4 : \quad x = -177,9 \log I_w - 28,2 \quad r = -0,88 \quad (3)$$

De correlatiecoëfficiënten (r) geven aan, dat er een duidelijke samenhang bestaat tussen de draagkracht en de mate van vertrappen.

5.2. VERTRAPPING - OPBRENGST

5.2.1. Verliezen

De produktieverliezen die bij beweiding optreden bestaan uit beweidingsverliezen + vertrappingsverliezen bij onvoldoende draagkracht. Binnen de proefopzet treden ook bij goede draagkracht verliezen op waarbij de zode niet wordt beschadigd. Tijdens het betreden wordt een deel van het gras beneden de vreet/maaihoogte gedrukt en kan daardoor niet meer worden geconsumeerd of geoogst, dit zijn betredingsverliezen. Om te voorkomen dat de produktieverliezen door vertrapping overschat worden, dienen de betredingsverliezen gemeten op de beschadigde velden op de totaal verliezen in mindering te worden gebracht.

Uit een eerste analyse van de proefresultaten kwam naar voren dat de relatie tussen produktieverliezen bepaald door uitmaaien twee dagen na de betreding en de mate van vertrapping lineair is en het best wordt weergegeven door:

$$y = ax + b \quad (4)$$

Waar: y = opbrengstverlies in% van het grasaanbod bij betreding

x = mate van vertrapping in %

Wanneer $x = 0$, dat wil zeggen de zode blijft bij betreding onbeschadigd, treedt er toch verlies op. Indien dit verlies, aangegeven door het intercept b , gelijk gesteld mag worden aan het betredingsverlies dan wordt met $y = ax$ het zuivere vertrappingsverlies gevonden (Figuur 5).

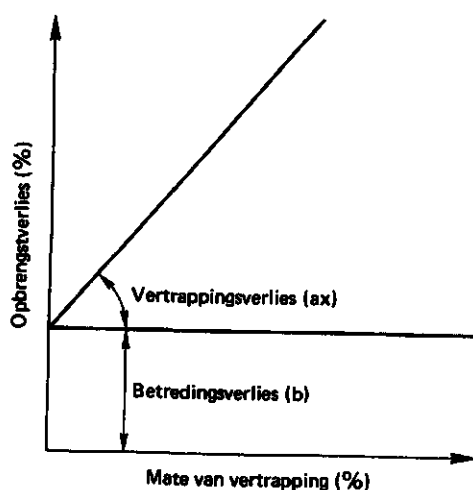


Fig. 5. Model om de opbrengstverliezen die worden gemeten in de vertrappingsproeven te kunnen splitsen in verliezen door onvoldoende draagkracht (vertrappingsverliezen) en betredingsverliezen

5.2.2. Betredingsverliezen

In Figuur 5 wordt ervan uitgegaan dat het betredingsverlies constant en afhankelijk is van de betredingsintensiteit. Dit betredingsverlies viel niet zonder meer af te leiden uit de proeven uitgevoerd in de voorjaren 1985, 1986 en 1987. Ook bij het hoogste draagkrachtniveau trad er in die proeven nog enigermate vertrapping op (zie Tabel 4) omdat de draagkracht $< 0,7$ MPa was (zie Tabel 3).

Om te controleren of het intercept b gelijk gesteld mag worden aan de productieverliezen die voorkomen bij betreding van een goed draagkrachtige zode, zijn extra betredingsproeven met dezelfde intensiteiten (niet, $\frac{1}{2}O_4$ en O_4) uitgevoerd in de zomers van 1985 en 1986. De betreding werd volgens dezelfde proefopzet als in de voorjaarsproeven uitgevoerd bij een draagkrachtniveau van circa 1,4 MPa en een grasaanbod dat overeenkwam met dat in de voorjaarsproeven. In de zomer van 1987 kon deze betreding niet worden uitgevoerd, omdat goede draagkracht, zoals in 1985 en 1986 vanwege het natte weer niet werd bereikt.

Door de goede draagkracht trad bij deze proeven in het geheel geen vertrapping of beschadiging van de zode op, zodat de gemeten verliezen als zuivere betredingsverliezen zijn aan te merken. De resultaten van deze proeven zijn gegeven in Tabel 7.

De cijfers uit Tabel 7 geven voor elk jaar de gemiddelden van opbrengstverliezen per betredingsintensiteit. De vraag is nu of deze gemiddelde opbrengstverliezen verkregen in verschillende jaren bij verschillend grasaanbod significant verschillend zijn of mogen ze als een gemiddelde over beide jaren worden uitgedrukt. Hiertoe is een variantieanalyse op de percentages

Tabel 7. Opbrengstverliezen in procenten van het grasaanbod bij betreding met een intensiteit overeenkomend met de helft en het beweidings-systeem O_4 bij goede draagkracht

Betredingsintensiteit	Opbrengstverlies (%)		
	1985	1986	gemiddelde
$\frac{1}{2}O_4$	26,6	26,5	26,5
O_4	42,3	30,6	35,0

uitgevoerd. Hieruit volgde dat de percentages betredingsverlies gevonden bij $\frac{1}{2}O_4$ in 1985 en 1986 niet significant verschillen bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5%. Het verschil tussen de percentages gemeten bij O_4 is licht significant bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5%, doch niet significant bij 2,5%. Op basis hiervan wordt er van uitgegaan dat de over 1985 en 1986 gemiddelde percentages het betredingsverlies weergeven.

5.2.3. Vertrappingsverliezen eerste snede (direct na betreden)

Ter vaststelling van de relatie tussen de opbrengstverliezen en de mate van vertrapping bij de verschillende draagkrachtniveaus en betredingsintensiteiten zijn regressieberekeningen uitgevoerd met de resultaten van de afzonderlijke proefjaren en met het totaal aantal waarnemingen over 1985 t.m 1987. Tevens is voor de jaren 1985 t.m 1987 getoetst of het intercept b bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5% bij betreding volgens $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 significant van nul afwijkt.

Ook is de standaardafwijking berekend van de hellingshoek a en het intercept b.

De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 8.

Gemiddeld wordt een goede correlatie gevonden tussen opbrengstverlies en vertrapping. De spreiding tussen de afzonderlijke jaren is vooral te wijten aan verschillen in grasaanbod en verschil in conditie van het gras. In het ene jaar was het gras nat en in het andere droog bij betreding (Tabel 8).

Uit toetsing kwam naar voren dat het intercept b bij $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 significant van nul verschilt zodat mag worden aangenomen dat de berekende intercepten het gevolg van betreding zijn. De intercepten verkregen uit de betredingsproeven in het voorjaar bij verschillende draagkracht (Tabel 8)

Tabel 8. Relaties tussen opbrengstverliezen in % van het grasaanbod bij de eerste ($y_1 = ax+b$) en de mate van vertrapping van de zode (x%) verkregen door regressieberekening voor de drie afzonderlijke en gezamenlijke proefjaren (a, b = constanten) n: aantal waarnemingen; r: correlatiecoëfficiënt; s: standaardafwijking

Jaar	n	$\frac{1}{2}O_4$					O_4				
		a	b	r	S _a	S _b	a	b	r	S _a	S _b
1985	72	0,544	40,05	0,59	0,09	3,15	0,611	47,10	0,88	0,04	2,33
1986	60	0,855	14,95	0,81	0,08	2,88	0,772	33,44	0,89	0,05	2,75
1987	72	0,827	18,17	0,60	0,13	2,28	0,535	34,39	0,77	0,05	1,83
1985/'87	204	0,884	20,49	0,75	0,06	1,66	0,740	34,61	0,87	0,03	1,45

verschillen niet veel van die verkregen bij goede draagkracht in de zomer (Tabel 7). Zij geven dus de verliezen weer die, bij betreding overeenkomend met een bepaald beweidingssysteem, als een constante factor mogen worden beschouwd.

De aan de vertrapping toe te schrijven verliezen worden dan gevonden door het op de betreden velden gemeten totale verlies te verminderen met de waarde van het intercept (= betredingsverlies). Hierdoor kunnen de zomerproeven verder buiten beschouwing worden gelaten, waardoor de foutenkans kleiner wordt.

In Figuur 6 zijn de relaties tussen vertrappingsverlies en mate van vertrappen weergegeven voor $\frac{1}{2}O_4$, O_4 en $\frac{1}{2}O_4 + O_4$, gebaseerd op de proefresultaten uit 1985 t.m 1987. Het blijkt dat door de vertrapping als een percentage uit te drukken de verbanden tussen opbrengstverlies in procenten van

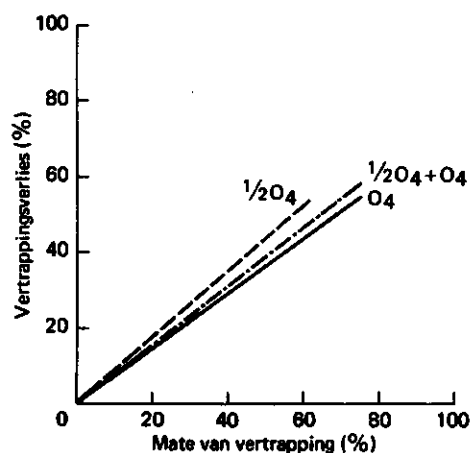


Fig. 6. Relatie tussen vertrappingsverlies in procenten van het grasaanbod en mate van vertrapping bij betreding met melkkoeien overeenkomend met het beweidingssysteem O_4 (vier dagen dag en nacht weiden, de helft van dit beweidingssysteem, $\frac{1}{2}O_4$ en de som van $O_4 + \frac{1}{2}O_4$ gebaseerd op drie proefjaren

het grasaanbod (y) en de mate van zodebeschadiging (x) gevonden voor $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 weinig verschillen. Worden de resultaten verkregen bij $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 tesamen genomen, dan wordt met regressieberekening het volgende verband gevonden:

$$y = 0,78 x \quad r = 0,82 \quad (5)$$

5.2.4. Vertrappingsverliezen eerste, tweede en derde snede

Het vertrappen van de zodelaag is ook van invloed op de hergroei na de eerste snede. Bij het opdelen van de opbrengstverliezen in vertrappings- en betredingsverliezen wordt het vertrappingsverlies als verloren beschouwd. Het betredingsverlies van de eerste snede is nog op het veld aanwezig en wel beneden de maai- of vreethoogte. Dit betredingsverlies is van invloed op het verloop van de hergroei en kan bij het maaien van de tweede snede (= eerste hergroei) worden meegeogst.

In Tabel 9 zijn de relaties tussen opbrengstverlies bij de tweede snede (y_2) en de mate van vertrapping gegeven voor $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 voor de afzonderlijke en de gezamenlijke proefjaren.

Opvallend is dat de intercepten bij de tweede snede allen negatief zijn, dat wil zeggen bij 0% vertrapping wordt extra gras geogst dat afkomstig is van het betredingsverlies in de eerste snede. Ook blijkt, dat de correlatiecoëfficiënten lager zijn dan bij de eerste snede, vooral bij $\frac{1}{2}O_4$ en in het proefjaar 1987 bij O_4 , toen de vertrappingsschade aanzienlijk kleiner was dan in de andere jaren (zie Tabel 4).

Tabel 9. Relaties tussen opbrengstverliezen in % van het grasaanbod bij de tweede ($y_2 = ax+b$) en de mate van vertrapping van de zode ($x\%$) verkregen door regressieberekening voor de drie afzonderlijke en gezamenlijke proefjaren (a , b = constanten) n : aantal waarnemingen; r : correlatiecoëfficiënt; s : standaardafwijking

Jaar	n	$\frac{1}{2}O_4$					O_4				
		a	b	r	S_a	S_b	a	b	r	S_a	S_b
1985	72	0,870	-45,78	0,63	0,13	4,55	1,014	-43,93	0,86	0,07	4,24
1986	60	0,766	-18,48	0,63	0,13	4,43	1,026	-17,85	0,87	0,07	3,90
1987	72	-0,494	-24,87	0,28	0,20	3,57	0,129	-37,49	0,18	0,08	2,85
1985/'87	204	0,714	-33,96	0,48	0,09	2,74	0,972	-40,66	0,72	0,07	3,29

Een en ander betekent dat het betredingsverlies bij de eerste snede wordt gecompenseerd door de extra opbrengst bij de tweede snede. De invloed van de vertrapping op de opbrengst van de tweede snede wordt gevonden door uit te gaan van de cumulatieve opbrengst van de eerste + tweede snede. Uit een regressieberekening tussen mate van vertrappen (x) en opbrengstverliezen in % van het grasaanbod bij de eerste + tweede snede (y_{1+2}) over de proefjaren 1985 t.m 1987 volgde:

$$\frac{1}{2}O_4 : \quad y (1 + 2) = 0,744 x + 1,07 \quad r = 0,75 \quad (6)$$

$$O_4 : \quad y (1 + 2) = 0,787 x + 7,37 \quad r = 0,86 \quad (7)$$

In Figuur 7 zijn de relaties tussen opbrengstverlies en mate van vertrapping voor de verschillende sneden en betredingsintensiteiten $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 weergegeven. Dat de intercepten bij de gecumuleerde eerste + tweede snede niet nul zijn, wordt mogelijk verklaard door een snellere hergroei van het platgetrapte gras dat twee dagen na het betreden niet is geoogst. Worden overeenkomstig de in par. 4.2. gegeven aanpak de intercepten buiten beschouwing gelaten dan wijkt het verband tussen opbrengstverlies % van het grasaanbod (y_{1+2}) en de mate van vertrapping (%) gebaseerd op de som van

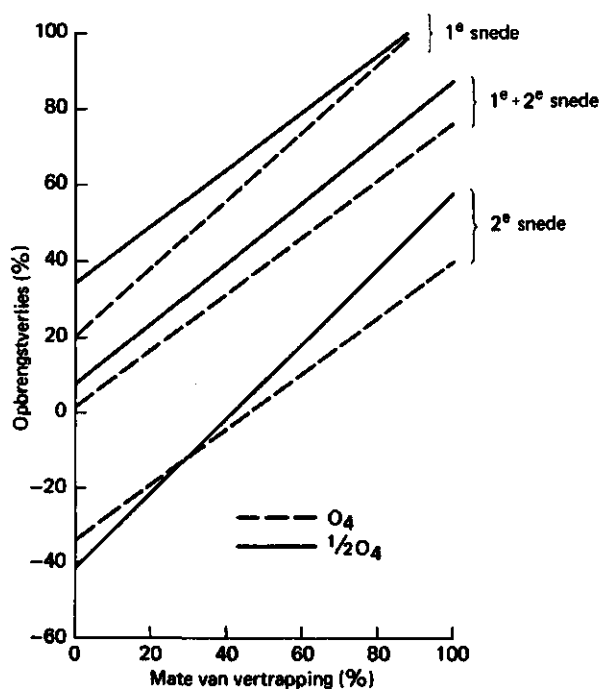


Fig. 7. Relatie tussen opbrengstverlies in procenten van het grasaanbod (som van vertrappingsverlies en betredingsverlies) en mate van vertrapping voor de eerste, de tweede en de eerste + tweede snede bij betreding met melkkoeien overeenkomend met het beweidingsstelsel O_4 (vier dagen dag en nacht weiden) en de helft van het beweidingsstelsel, $\frac{1}{2}O_4$

de eerste + tweede snede nauwelijks af van dat gevonden voor de eerste snede en is voor de cummulative opbrengst toepasbaar.

$$y = 0,78 \quad x \quad (5)$$

Bij de derde snede (tweede hergroei) is er nog nauwelijks sprake van opbrengstverschillen tengevolge van betreding, alleen in 1986 wanneer de vertrappingsschade door het betreden groter is wordt nog enige betredingsinvloed vastgesteld (zie Tabel 6). Het niveau in draagkracht waarbij de betreding heeft plaatsgevonden heeft nog enige invloed. De uit de variantieanalyse verkregen toetsingsgrootheden geven dan ook aan dat nog een kleine invloed van draagkracht aanwezig is, terwijl de invloed van betreding en de interactie niet significant meer zijn.

6 TOEPASSING PROEFRESULTATEN

In Hoofdstuk 5 zijn relaties gegeven tussen enerzijds draagkracht (MPa) en mate van vertrapping (%) en anderzijds tussen mate van vertrapping en opbrengstverliezen (%). Het optreden van zodebeschadigingen en daarmee van opbrengstverliezen is afhankelijk van de draagkracht. In eerder onderzoek zijn voor verschillende graslandgronden relaties gevonden tussen draagkracht en de drukhoogte van het bodemvocht in de zodelaag (Fig. 8). Met dergelijke verbanden kan voor elke grondsoort worden afgeleid bij welke drukhoogte welke draagkracht voorkomt.

Toepassing van bestaande simulatiemodellen die de drukhoogte van het bodemvocht in de zodelaag van dag tot dag berekenen in afhankelijkheid van de werkelijke neerslag, verdamping, bodemeigenschappen en ontwateringsdiepte maakt het mogelijk de draagkracht te voorspellen. Door na de in

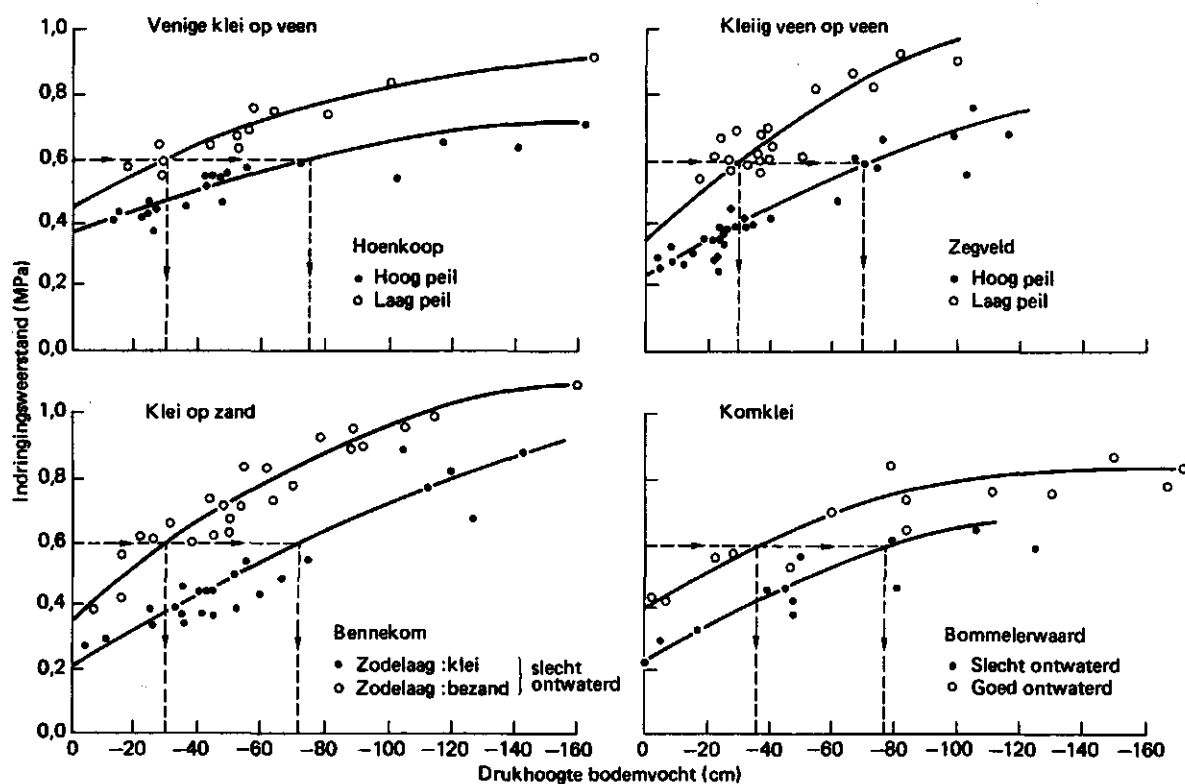


Fig. 8. Relatie tussen draagkracht en drukhoogte van het bodemvocht (vochtspanning) in de zodelaag voor vier graslandgronden bij een slechte en goede ontwatering. De stippellijnen geven de vochtspanning waarbij de zode voldoende draagkracht ($0,6 \text{ MPa}$ (6 kg.cm^{-2})) heeft voor beweiden en berijden (VAN WIJK, 1984)

Hoofdstuk 4 gegeven relaties hiermee te combineren zijn ook de opbrengstverliezen door vertrapping bij beweiding en de invloed hiervan op de hergroei goed te benaderen.

Voor de betredingsintensiteiten overeenkomend met de $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 -beweidingssystemen worden de volgende relaties tussen draagkracht en de mate van vertrappen (x in %) weergegeven (zie par. 4.2.3.):

$$\frac{1}{2}O_4 : \quad x = - 99 \log I_w - 14 \quad (2)$$

$$O_4 : \quad x = - 178 \log I_w - 28 \quad (3)$$

Voor beweidingen die wat betreft beweidingduur tussen twee en vier dagen liggen, bij een perceel dat voor vier dagen was gepland kan de mate van vertrapping bij bekende draagkracht door interpolatie worden afgeleid.

Treedt bij beweiding zodebeschadiging en vertrappingsverlies door onvoldoende draagkracht op dan moet het grasaanbod hiervoor geompenseerd worden of de beweidingduur neemt af. Compenseren van het grasaanbod kan door hoger aanbod (meer oppervlakte per dag) of door eerder uitscharen. Bij vierdaagse beweiding zal in de dagen een en twee nog geen aanbodprobleem ontstaan. Dat zal pas daarna optreden. Verkorting van de beweidingduur zal dus het meeste voor de hand liggen. Door het afnemen van de beweidingduur neemt ook de vertrapping, het vertrappingsverlies en het normale beweidingverlies af. Wanneer wordt aangenomen dat de grasconsumptie, net als de vertrapping en -verlies binnen de proefopzet, regelmatig over de beweidingduur optreedt, is de beweidingduur eenvoudig te berekenen.

Vervolgens kan zowel het directe vertrappingsverlies als de som van dit verlies en de verminderde hergroei van de volgende snede met een nagenoeg gelijk verband tussen vertrappingsverlies (y in %) en de mate van vertrappen (x in %) worden weergegeven (zie par. 4.2.3.):

$$y = 0,78 x \quad (5)$$

Combinatie van verg. (5) met (2) en (3) relateert het vertrappingsverlies direct aan de draagkracht volgens:

$$\frac{1}{2}O_4 : \quad y = 0,78 (- 99 \log I_w - 14) \quad (8)$$

$$O_4 : \quad y = 0,78 (-178 \log I_w - 28) \quad (9)$$

De vergelijkingen (8) en (9) geven het vertrappingsverlies (dus exclusief de circa 20% beweidingsverlies die bij beweiding bij goede draagkracht altijd voorkomt) in procenten van het aanwezige grasaanbod. Deze relaties tussen draagkracht (MPa) en vertrappingsverlies (%) voor de betredingsintensiteiten $\frac{1}{2}O_4$ en O_4 staan in Figuur 9. Dit verband geldt ook voor de verminderde hergroei van de volgende snede en de som van het verlies door vertrapping.

Hoe kunnen de gegevens nu worden gebruikt in een gecombineerd grasproductie - graslandgebruiksmodel? Het produktiemodel berekent per dag het grasaanbod en via de waterbalans van de bodem de drukhoogte van het bodemvocht en daarmee de draagkracht van de zode (zie Fig. 8).

Wordt er ingeschaard bij onvoldoende draagkracht van de zode dan kan, afhankelijk van de veebezetting met vergelijking (8) of (9) worden berekend, welk percentage van het grasaanbod direct door vertrapping verloren gaat.

Wordt de volgende snede gemaaid of beweid dan kan het verlies door verminderde hergroei worden berekend met vergelijking (5). Deze is afhankelijk van de bij de voorafgaande beweiding opgetreden vertrapping. Wanneer echter opnieuw wordt ingeschaard bij onvoldoende draagkracht kan na het berekenen van het verlies door verminderde hergroei, met vergelijking (8) of (9) worden berekend welk percentage van het grasaanbod nu direct door vertrapping verloren gaat.

Wordt in de praktijk ingeschaard bij een grasaanbod voor vier dagen weiden (O_4 -systeem), doch bij onvoldoende draagkracht dan zal de beweidingduur door de extra afname van het grasaanbod tengevolge van vertrap-

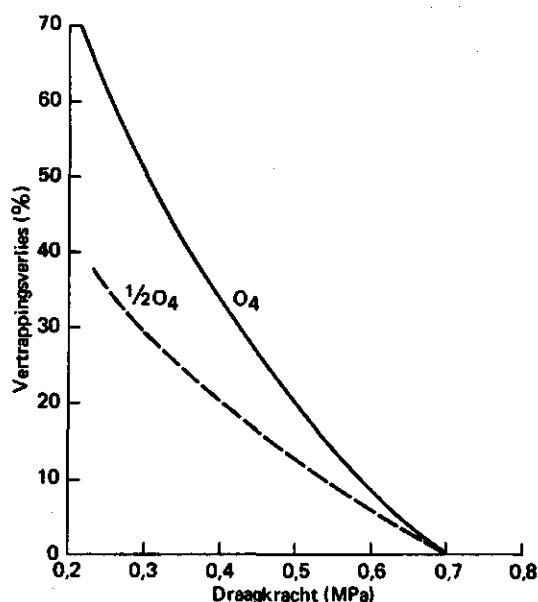


Fig. 9. Relatie tussen draagkracht en vertrappingsverlies (in procenten van het grasaanbod) bij een betreding met melkkoeien overeenkomend met het beweidingssysteem O_4 (vier dagen dag en nacht weiden) en de helft van dit beweidingssysteem, $\frac{1}{2}O_4$

ping worden verkort. Hoe de beweidingsduur, vertrapping en vertrappingsverlies worden beïnvloed door de bij verschillende draagkrachtniveaus optredende vertrapping is geïllustreerd in Tabel 10. Bij de berekening is uitgegaan van een consumptie van 16 kg. d.s. per koe per dag en een beweidingsverlies van 20%. Dat betekent dat 20 kg. d.s. per koe per dag beschikbaar moet zijn. Bij beweiding met 25 koeien per ha gedurende vier dagen (O_4 -systeem) betekent dit een benodigd grasaanbod van 2000 kg. d.s. per ha. Met behulp van de vergelijking (3) en (5) kan nu bij elke willekeurige draagkracht worden berekend hoe groot de zodebeschadigingen en de vertrappingsverliezen zijn. Als wordt aangenomen dat de grasconsumptie, vertrapping en verliezen regelmatig verdeeld over de beweidingsduur optreden, dan kan de beweidingsduur (zonder bijvoederen) en de vertrapping worden berekend (Tabel 10).

Om bij dit O_4 -systeem de dieren bij onvoldoende draagkracht toch in hun dagelijkse grasbehoefte te voorzien, zal de boer eerder dan vier dagen moeten uitscharen, moeten bijvoederen of op een grotere oppervlakte moeten inscharen. Bij een draagkracht van 0,4 MPa bedraagt het beweidingsverlies in drie en halve dag 350 kg en het vertrappingsverlies 460 kg d.s. per ha. Bij een goede grasvoorziening gaat dus in drie en halve dag tweemaal zoveel gras verloren als bij een draagkracht van 0,7 MPa in vier dagen. Bovendien herhaalt zich het vertrappingsverlies door verminderde hergroei na vertrapping in de volgende snede.

Tabel 10. Invloed van draagkracht op beweidingsduur, mate van vertrapping en vertrappingsverlies bij 25 koeien per ha en een grasaanbod bij inscharen van 2000 kg droge stof (consumptie-aanbod inclusief 20% beweidingsverliezen van 20 kg d.s. per koe per dag)

I_w (MPa)	Beweidingsduur (dagen)	Mate van vertragen (%)	Vertrappingsverlies	
			(%)	(kg.ha ⁻¹)
0,70	4,0	0	0	0
0,65	3,9	5,0	3,9	62
0,60	3,9	10,9	8,4	136
0,55	3,8	17,0	13,2	212
0,50	3,7	23,4	18,2	291
0,45	3,6	30,0	23,4	374
0,40	3,5	36,9	28,8	461
0,35	3,3	44,2	34,4	551
0,30	3,2	51,7	40,3	645

LITERATUUR

- BOXEM, T.J. en A.W.F. LEUSINK (1978). Ontwatering van veengrasland. PR-publikatie 11, 1978.
- MEIJS, J.A.C., J.W.F. HIJINK, P. ERNST en H. SCHLEPERS, 1982. Beweidingsverliezen. Landbouwk. Tijdschrift/Pt. 94 nr. 12: 446-451. Rapport IVVO.
- SCHOTHORST, C.J., 1965. Weinig draagkrachtig grasland. Landbouwvoorl. 22, 10/11 en 12: 492-500 en 701-706. Verspr. Overdr. ICW 30.
- SCHOTHORST, C.J., 1982. Drainage and Behaviour of peat soils.
In: H. de Bakker and M.W. van den Berg (eds.). Proc. of the symposium on peat lands below sea level. ILRI, Wageningen. Publ. 30: 130-163. Tevens verschenen als Report ICW 3, 18 pp.
- WIJK, A.L.M. VAN, 1984. Landbouwkundige aspecten van ontwatering in veenweidegebieden. Rapport ICW 9, 12 pp.