

NN31545.0227

TUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
NOTA No. 227 d.d. 11 december 1963Over de invloed van de bodemgesteldheid op de beweidingmogelijkheid en van de beweiding op de bodemgesteldheid

G.P.Wind en C.J.Schothorst

Inleiding

Vertrapping van grasland is in de weidebouw een probleem, dat steeds urgenter wordt. Dit wordt deels veroorzaakt door de moderne economische structuur van het landbouwbedrijf. De arbeidspositie is doorgaans moeilijk, zodat een aanmerkelijke vergroting van de arbeidsbehoefte, als gevolg van vertrapping van het grasland slecht is op te vangen.

Aan de andere kant stelt de zware veebezetting steeds hogere eisen aan de draagkracht van het grasland, dat door de hoge stikstofbemesting juist slapper wordt.

Dit artikel behandelt de bodemkundige oorzaak van de vertrapping en de invloed van de ontwateringsdiepte. Het geeft tot slot enkele consequenties van mogelijke verbeteringsmethoden.

Het onderzoek heeft zich voornamelijk beperkt tot zand- en veengrasland.

De gronddruk van het weidende vee

Een flinke koe weegt 600 kg, de totale hoefoppervlakte bedraagt volgens STEGENGA (persoonlijke mededeling) ongeveer 300 cm^2 . Een stilstaande koe oefent op de grond dus een druk uit van 2 kg/cm^2 . Als het gewicht op twee hoeven drukt, dus tijdens het lopen, is de gronddruk 4 kg/cm^2 . Deze waarde is enigzins afhankelijk van de leeftijd en het gewicht van de dieren. Jonge en lichte dieren hebben een gronddruk van ongeveer 3 kg/cm^2 . Oudere en vooral zwaardere koeien komen tot 4 kg/cm^2 , blijkens onderzoek van STEGENGA. Dit stemt overeen met SEARS (1956) die voor Jersey-koeien $3,3 \text{ kg/cm}^2$ vond.

Ter vergelijking diene, dat landbouwtrekkers ten hoogste 1 kg/cm^2 wegen. De meeste andere werktuigen zijn niet zwaarder. Slechts beladen wagens benaderen de druk van koeihoeven.

SCHOTHORST (1963) mat het draagvermogen met een sonde. Hij vond dat grasland ernstig werd vertrapt wanneer de draagkracht kleiner was dan 5 kg/cm^2 . Pas bij 7 kg/cm^2 blijkt het land voldoende stevig te zijn. De effectieve druk van de koeihoeven schijnt dus nog wat groter te zijn dan die berekend uit de deelsom van gewicht en hoefoppervlakte. Dat is

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0165 9693

156526

ook wel plausibel, omdat de hoeven niet volledig plat worden neergezet terwijl dat bovendien nog met een zekere snelheid gebeurt.

Bodemkundige eigenschappen die de draagkracht bepalen

Zeer voor de hand liggend is, dat het organische stofgehalte van groot belang is voor de draagkracht. Vertrapping komt zelden voor op zandige gronden; op veengronden is het meer regel dan uitzondering. SCHOTHORST (1963) vond dat de netto weide-opbrengst op venige en zeer humeuze gronden 15% lager is dan die op stevige zandgronden. PIETERS (1961) en SCHOTHORST (1963) namen waar, dat de gevoeligheid voor vertrapping toeneemt met het humusgehalte.

Eveneens is het duidelijk, dat het vochtgehalte van groot belang is. In droge tijden komt nergens vertrapping voor. In natte perioden zijn alle humeuze- en kleigronden gevoelig. Figuur 1 toont het verband tussen de in het veld gemeten draagkracht en het vochtgehalte van diverse veengronden met meer dan 40% organische stof. Bij vochtgehalten groter dan 65 vol. % is de draagkracht te gering en treedt dus vertrapping op.

De invloed van vocht en organische stof gezamenlijk wordt gedemonstreerd door figuur 2, ontleend aan SCHOTHORST (1963). Deze tekening bevat punten, die voldoende stevige toestanden aangeven en kruisjes, die situaties voorstellen die sterk gevoelig zijn voor vertrapping. Tussen de punten en de kruisjes is een scheidingslijn getrokken, die de vertrappings- of gevoeligheidsgrens wordt genoemd. Men ziet dat bij hogere humusgehalten ook hogere vochtgehalten toelaatbaar zijn. Voor niet bodemphysici is dat een slecht verteerbare conclusie. Er is immers aangetoond, dat zowel hoge vocht- als hoge humusgehalten de gevoeligheid voor vertrapping bevorderen. Nu wordt gesteld, dat hoe humeuzer de grond is, des te hoger het vochtgehalte mag zijn. Dat komt doordat het vochtgehalte geen goede maat is voor de vochttoestand van de grond, wanneer men verschillende gronden met elkaar vergelijkt. Een zandgrond met 45 vol. % vocht is kletsnat, een veengrond met datzelfde vochtgehalte is droog. In het algemeen is de vochtspanning, op de pF, wel een goede maat voor de vochttoestand. Dat blijkt ook hier. De vertrappingsgrens ligt namelijk ongeveer bij pF 2.0 voor humeuze gronden tot pF 2.2 voor veen. Zeer humusarme zandgrond (0-2% organische stof) is zelfs onder water nog draagkrachtig.

De ontwatering van grasland

In perioden waarin de neerslag de verdamping overtreft is het vochtgehalte van de bovengrond groter dan of gelijk aan de veldcapaciteit. Deze komt hoogstens overeen met een pF 2.1 à 2.2, wanneer de grondwaterstand voldoende laag is. Meer in het algemeen is de pF van veldcapaciteit gelijk aan de logaritmische van de grondwaterdiepte in cm. Is deze laatste dus 50 cm, dan is de pF van veldcapaciteit 1.7. Voor humeuze zandgronden en alle soorten veen is deze ontwateringsdiepte dus te gering. Pas bij grondwaterstanden in de orde van 100 à 150 cm wordt de vertrappingsgrens niet overschreden. Grasland op veen en humeuze zandgrond is in natte perioden dus slechts voldoende draagkrachtig bij zeer diepe ontwatering. Aldus de theorie.

In de praktijk wordt het Nederlandse grasland veel minder diep ontwaterd wegens gevaar voor inklinking, irreversibele indroging en schade aan gebouwen. Bovendien acht men drainage van grasland in het algemeen niet rendabel. In Duitsland staat BADEN (1963) een zeer diepe ontwatering van grasland voor. Tijdens een gemeenschappelijke excursie van Duitsers en Nederlanders bleek dat het 1,50 m diep ontwaterde hoogveen- en laagveen-grasland inderdaad draagkrachtig was. De reis werd gemaakt eind oktober 1961 toen het ruim voldoende had geregend om de grond op veldcapaciteit te brengen. Hoewel er wensen waren ten aanzien van de botanische kwaliteit van dit land bleek toch, dat de praktische ervaring met de draagkracht goed overeenstemde met de theoretische verwachting.

In strijd met de theorie bleken twee percelen veengrasland draagkrachtig te zijn in natte perioden bij grondwaterstanden omstreeks 70 cm - mv. Zelfs al kwam tijdelijk de grondwaterstand tot aan maaiveld, dan nog werd een draagkracht groter dan 5 kg/cm^2 gemeten. Niettemin bleken beide percelen goed in figuur 2 te passen. Dat betekent dat het vochtgehalte van deze gronden lager is dan normaal bij vergelijkbare grondsoorten.

Werd aanvankelijk gedacht aan irreversibele indroging (WIND, 1963), later is gebleken dat de grotere dichtheid van de grond deze grote draagkracht veroorzaakte.

Bodemdichtheid en draagkracht

De twee genoemde percelen met afwijkende draagkracht en een diepere ontwatering dan het meeste Nederlandse veengrasland zijn een complex

verbeterd madeland. in de ruilverkaveling Borger en veldje 7 van het grondwaterstanden-proefveld te Zegveld.

In tabel 1 worden deze percelen vergeleken met nabijgelegen grond met ongeveer hetzelfde organische stofgehalte, doch lagere waterstand.

Tabel 1. Dichtheid van wel en niet draagkrachtige grond (1-6 cm-mv.)

Plaats	Grondwaterstand cm-mv	humus %	poriënvolume ml/ml	draagkrachtig
Borger	75	65	0,76	wel/high
Holsloot	30	62	0,84	niet/low
Zegveld 7	65	55	0,76	wel/high
Zegveld 6	44	48	0,79	niet/low
Location	cm below surface Depth of groundwater	organic matter	pore volume	Bearing capacity

Table 1. Pore volume and bearing capacity of low moor pastures

Men ziet dat de stevige grond een iets lager poriënvolume heeft dan de niet draagkrachtige. De verschillen zijn nogal klein, maar de totale mogelijke variatie in poriënvolume is ook niet groot, ongeveer 10% voor graslandzoden met gelijk humusgehalte.

Om nu het verband te vinden dat bestaat tussen draagkracht en poriënvolume moesten we overgaan van veld- naar laboratoriumonderzoek. In het veld is onvoldoende variatie in dichtheid te vinden, en de metingen worden steeds beïnvloed door verschillen in vocht- en organische stofgehalte.

Van acht grondsoorten met humusgehalten, variërend van 0 - 92% werden zes kunstmatige monsters genomen die in dichtheid variëerden van zeer los tot zeer vast. Van elk monster werd een pF-curve bepaald tussen pF 0.4 en 2.3. Bij deze vochtspanningen en bovendien bij pF 2.0 werd de draagkracht gemeten, door er een sonde van 1 cm² in te drukken op een balans.

In figuur 3 is het gevonden verband tussen draagkracht, dichtheid en vochtspanning weergegeven voor een zand- en een veengrond. Het blijkt dat zeer dichte grond zowel in natte, als in droge toestand voldoende draagkrachtig kan zijn, terwijl zeer losse grond steeds een te geringe draagkracht heeft. Dit werd voor alle acht grondsoorten gevonden.

Als de grond maar dicht genoeg is zal dus vertrappingsschade achterwege blijven. Dat dit ook buiten het laboratorium opgaat, blijkt uit de

genoemde percelen te Zegveld en Borger. De vraag is nu, hoe de grote dichtheid daar is ontstaan.

Verdichting door weidend vee

De zeer losse structuren, zoals in de laboratoriumproef zijn gebruikt, komen in het veld niet voor, althans niet in de zodelaag van grasland. Onder de druk van de koeihoeven wordt de grond samengedrukt. Hierover bestaat een vrij uitgebreide literatuur (ANONYMOUS, 1963) voor de periode 1949-1961 bijeengebracht door Rothamsted Experimental Station. De meeste artikelen wijzen op de grote verdichtingen, die door beweiding ontstaan en de ongunstige gevolgen daarvan op de grasgroei. Zeer weinig gegevens zijn er over de echte vertrapping van grasland. O'CONNOR (1956) en GRADWELL (1956) hebben waargenomen, dat de grootste verdichtingen niet onder de natste omstandigheden worden bereikt. In de grondmechanica-literatuur vindt men, dat onder belastingen van korte duur slechts verdichting mogelijk is tot aan volkomen verzadiging van de grond met water. Zie onder andere SOHNE (1955). Voor verdergaande verdichting is het nodig dat water uittreedt. Daarvoor is meer tijd nodig dan de duur van een koeievoetstap.

Wordt een losse zode betreden, dan wordt deze dus samengedrukt. De dichtheid neemt dus toe en daarmee de draagkracht, (zie figuur 3) tot deze gelijk is geworden aan de uitgeoefende druk. Onder droge omstandigheden kan voldoende draagkracht reeds bij een geringe verdichting worden verkregen. De grond is dan onvoldoende dicht om bij een latere beweiding onder nattere omstandigheden draagkrachtig te zijn. Ze zal dan dus weer verder worden verdicht tot ook onder die omstandigheden een draagkracht van $+ 5 \text{ kg/cm}^2$ is bereikt. Maar het kan ook gebeuren dat reeds daarvoor de grond volledig is verzadigd met water. Dan kan de draagkracht niet verder toenemen. Dan gaat de grond uitwijken voor de druk van de koeihoeven. De koeien zakken in de grond totdat ze "op kleef" staan gefundeerd en verwoesten de zode.

Dit vervormen en verplaatsen van de grond staat gelijk met wat in de Engelse literatuur "puddling" wordt genoemd. In het algemeen leidt puddling tot instabiele structuren en losse grond. Na een vertrapping is de grond dus gevoeliger geworden voor een nieuwe vertrapping.

Draagkracht en grondwaterstand

In het voorgaande is aangetoond dat de draagkracht van een grond wordt bepaald door zijn dichtheid en zijn vochtgehalte. Bovendien blijkt het vochtgehalte bepalend te zijn voor de mate van verdichting die mogelijk is; terwijl zonder meer duidelijk is, dat het vochtgehalte niet onafhankelijk kan zijn van de dichtheid. Er is dus sprake van een vrij ingewikkelde samenhang tussen de genoemde drie grootheden. Bij een dergelijk stelsel van tegenkoppelingen treedt doorgaans een vrij stabiele evenwichtssituatie op, die slechts door uitwendige oorzaken is te verstoren. Zo'n oorzaak kan de grondwaterstand zijn.

Om nu dit complex van interrelaties beter te doorzien is een quantitative benadering nodig. Men stelle zich voor wat er gebeurt indien een grond met 80% poriën wordt samengedrukt tot het poriëngehalte 75% is geworden. Was men uitgegaan van 100 ml, dan was er dus 20 ml vaste delen. Na samendrukking maken deze 20 ml 25% van het totaal uit. Het volume van 100 ml is dus gedaald tot 80 ml door de samendrukking. Was er oorspronkelijk 50 vol. % vocht, dat is 50 ml, dan is het vochtgehalte na de samendrukking eveneens 50 ml, dat is $\frac{50}{80} = 62,5$ vol. %. Bij een verdergaande samendrukking tot een poriënvolume van 71,4% blijkt het vochtgehalte eveneens 71,4 volumeprocent te worden. Dan is dus de volledige verzadiging bereikt, waarbij verdere samendrukking niet mogelijk is.

In figuur 4 is het verloop van de samendrukking grafisch voorgesteld voor een veengrond met 37% organische stof. De stijgende getrokken lijnen geven het verband tussen poriënvolume en vochtgehalte voor een constante hoeveelheid vocht. Deze lijnen, de verdichtingslijnen, lopen uit op een dalende getrokken lijn, die de volledige verzadiging voorstelt. Op deze verzadigingslijn is aangegeven welke vochtspanning bestond als de grond voor de verdichting een poriënvolume van 80% had.

De verdichtingslijnen lopen niet evenwijdig aan elkaar. Ze kruisen elkaar in het theoretische nulpunt van het coördinatenstelsel, waar het poriëngehalte 100% is en het vochtgehalte nul. Daar is dus het volume van de grond oneindig groot en, vermits de hoeveelheid vocht eindig is, is er geen vochtgehalte.

Opvallend is, dat de verdichtingsmogelijkheid zeer beperkt is. Heeft de grond 80% poriën en 50% water, dus een luchtgehalte van 30% dan is toch slechts een verdichting van 9 vol. % mogelijk. Hetzelfde ziet men bovenin de figuur. De grond met 5% lucht is slechts over 1% te verdichten.

Bij elke dichtheid en vochtgehalte kan men een cijfer voor de draagkracht zetten. Dit wordt gehaald uit figuur 3. Met behulp van figuur 5 worden de pF-gegevens omgewerkt tot vochtgehalten. Zo leest men in figuur 3 af, dat bij een poriënvolume van 77% en een pF 2.0 een draagkracht van 5 kg/cm² bestaat. In figuur 5 ziet men dat een pF 2.0 overeen komt met een vochtgehalte van 63% op de pF-curve met een poriënvolume van 77%.

In figuur 4 kan nu het getal 5,0 worden geschreven op het punt $p = 77$; $v = 63$. Zo zijn draagkrachtcijfers ingevuld in de gehele figuur 4. Door die cijfers kan men lijnen van gelijke draagkracht trekken. Deze draagkrachtlijnen zijn geschetst als onderbroken curven. De betekenis van deze figuur is nu dat men kan zien welke dichtheid zal ontstaan onder invloed van een bepaalde belasting. Zo zal een grond met 80% poriën en 50% vocht onder een druk van 5 kg/cm² worden samengeperst tot het snijpunt van de verdichtingslijn met de draagkrachtslijn, dus tot 78%. Gingen we uit van 56% vocht, dan zou de verdichting gaan tot 76,5% poriënvolume. Was er in de uitgangstoestand 61% vocht of nog meer, dan kan de grond niet tot een draagkracht van 5 kg/cm² worden verdicht. Dan treedt dus vertrapping op.

De grootst mogelijke natuurlijke verdichting komt voor, wanneer deze grond wordt beweid bij pF 1.8 à 1.9. In dat geval daalt het poriënvolume tot 74%. De grond is dan zo dicht geworden, dat hij onder alle omstandigheden, dus ook als hij tijdelijk onder water zou staan, zonder schade aan de zode kan worden beweid. Dat geldt natuurlijk voor slechts korte tijd, want door allerlei biologische activiteiten en weersinvloeden, (opvriezen), kan het poriënvolume weer stijgen. Maar men is verzekerd van een voortdurend draagkrachtige weide, wanneer deze veengrond met 37% organische stof regelmatig wordt beweid wanneer de vochttoestand van de bovengrond overeenkomt met pF 1.8 à 1.9. Dat is het geval wanneer de grondwaterstand in voor- en najaar 60 à 80 cm onder maaiveld is.

Dit is dus de ontwateringsdiepte, die voor veengrond met 37% organische stof goede beweidbaarheid garandeert. Minder venige gronden kunnen met ondiepere waterstanden volstaan. Zo kon voor een zandgrond met 9% organische stof worden berekend dat grondwaterstanden van 40 cm in voor- en najaar voldoende zijn. De rest van het materiaal laat niet zulke drastische conclusies toe. Wel zijn er aanwijzingen, dat veen met 90% organische stof tot 100 à 150 cm moet worden ontwaterd.

Conclusies

Veen en venige grond beschikken slechts over voldoende draagkracht voor beweiding in natte seizoenen wanneer ze vrij dicht is. De benodigde verdichting kan door weidend vee worden teweeggebracht. Daarvoor is echter een ontwateringsdiepte nodig, die groter is dan de gebruikelijke.

De vrij grote dichtheid, die nodig is voor de beweidbaarheid heeft consequenties voor de groeimogelijkheden van het gras. Grond, die voldoende draagkrachtig is heeft een gering luchtgehalte bij veldcapaciteit. Bij alle gronden uit de laboratoriumproef was het luchtgehalte bij veldcapaciteit ongeveer 5%, wanneer de grond juist voldoende draagkrachtig was.

Dat geringe luchtgehalte is ongetwijfeld nadelig voor de zuurstof- en koolzuur-diffusie. De verdichting is weliswaar beperkt tot de oppervlakkige lagen, 0-6 cm; de literatuur spreekt over 2 à 3 inches. Maar alle lucht moet die bovenste laag passeren. Het is bepaald niet ondenkbaar, dat de geringe bewortelingsdiepte van oud grasland het gevolg is van deze grote dichtheid van de bovenste laag.

Grotere draagkracht door diepere ontwatering gaat dus ten koste van de grasgroei. In het algemeen kunnen de omstandigheden voor beweiding en die voor de grasgroei niet beide optimaal zijn. Dat geldt ook wanneer men nog diepere ontwatering overweegt. In dat geval wordt voldoende draagkracht weliswaar bij een geringeredichtheid bereikt. De voordelen van diepere wortelgroei zullen echter teniet worden gedaan, door onvoldoende vochtvoorziening.

De verdichting tengevolge van de beweiding blijft beperkt tot de oppervlaktelaag. Dat komt doordat de weliswaar grote druk slechts over een klein oppervlak wordt uitgeoefend. Volgens BEKKER (1960) neemt de druk af met de helft over een diepte, die gelijk is aan de breedte van het grondcontact. Dat geldt voor tanks op rupsbanden. Voor een puntbelasting als die van een koeiehoef zal de afname nog sneller gaan. Naarmate het gewicht van de dieren en het grondcontact groter zijn, zal de verdichting zich over diepere lagen afspelen. Heel grote dieren als de sauriërs (gewicht tot 40.000 kg, bodemdruk 1 à 2 kg/cm² in het tertiair moeten dus de bodem dermate hebben verdicht, dat een weelderige plantengroei, die ze voor hun levensonderhoud nodig hadden, onmogelijk werd. Wellicht hebben deze monsters dus hun eigen ondergang bewerkt.

Moge dit slechts "soil science fiction" zijn; de realiteit is dat draagkracht en groeiomstandigheden controversiele begrippen zijn. Althans bij de vigerende eigenschappen van bodem, plant en dier. Deze controverse zou kunnen worden doorbroken door kunstmiddelen. Een ervan is zeer bekend: de bezanding van veengrasland. Men brengt een dunne laag aan van een materiaal, dat ook bij grote dichtheid nog veel lucht bevat. Het veen onder deze laag staat niet aan grote druk bloot en blijft dus behoorlijk poreus.

Een andere kunstgreep zou zijn de hoefoppervlakte van het vee te vergroten. Wij geloven dat het zin heeft dit eens te beproeven. Plastic schoenen moeten voldoende stevig en goedkoop kunnen zijn. Dat zou een oplossing kunnen zijn voor het Hollandse veengebied, waar bezanding onbetaalbaar is.

SUMMARY

The influence of the properties of a soil on its suitability for grazing and the influence of grazing on soil properties

An English translation of this article will be published in the Proceedings of the International Congress of Soil Science, to be held in Bukarest, September 1964.

In many cases the bearing power of pastures is not high enough and trampling by the cattle will occur. This is highly detrimental to the grassland. The sod is damaged, many holes appear, the botanical composition of the sward deteriorates. The puddling of the soil decreases the bearing power for grazing again.

It is known that the soil pressure that a walking cow (weight on 2 legs) exerts on the soil is in the neighbourhood of 4 kg/cm^2 . We found that trampling damage did not occur if the bearing power, measured with a penetrometer, was higher than 7 kg/cm^2 . On soils with bearing powers between 5 and 7 kg/cm^2 some trampling effects were present.

It is evident that bearing powers will be low for peaty soils and under wet circumstances. Our first experiments were aimed at finding quantitative relations between bearing power, soil moisture and organic matter content. It appeared that the higher the organic matter content was, the higher the soil moisture content could be while retaining sufficient bearing power. For peat- and peaty soils with more than 30% of organic matter, soil moisture tension must exceed 100 to 150 cm. The higher the mineral contents of the soil, the lower the soil moisture tension can be. This means that for peat- and peaty soils the drainage depth must be greater than one meter.

Nevertheless we found in contrast with this theory, some peat soils with a drainage depth of about 60 cm, that had a sufficient bearing power. These soils had a greater volume weight than soils with the same organic matter content and shallower drainage.

In a laboratory experiment it appeared that volume weight was of greater importance for bearing power than moisture content or organic matter content.

Volume weight increases when the soil is put under pressure by grazing cattle. The soil is compacted to the point where the bearing power equals the exerted pressure. In very wet soils the compaction is halted

before this point is reached due to an earlier reaching of complete saturation. In dry soils compaction is limited by cohesion and internal friction. There is therefore for each soil type a certain moisture content at which compaction and bearing power can be maximal.

This is the case for peat soils with 40% organic matter at pF 1,8 and for sandy soils with 10% humus at pF 1.6. In humid areas there are often periods when the soil is at field capacity. The moisture tension in cm then equals the height above groundwater in cm. So a pF 1.8 is often reached if the drainage depth is somewhere around 60 to 70 cm.

This means that peat soils can have a sufficient bearing power at moderate drainage depths, as was the case in the mentioned instances. The compaction, however, is then maximal, leaving an air volume of less than 5%. Diffusion of carbon dioxide is seriously impeded and rooting depths will be very shallow.

With deeper drainage depths a sufficient bearing power is reached at a lesser degree of compaction of the sod layer. Roots will then be able to grow somewhat deeper, but the capillary moisture supply will become less favourable. Maximal bearing capacity and optimal suitability for grass growth can not together be attained at one drainage depth with the existing properties of soil, plant and animal.

In cases where trampling occurs, artificial means will have to be used to obtain as well higher productivity as better bearing power. One can for example cover the soil with a coarse sand layer or enlarge the hoof base of the cows.

Literatuur

- ANONYMOUS (1963). Effect of stock trampling on soil. Annotated bibliography of the Commonwealth Bur. of Soils, Rothamsted Report 11-40
- BADEN, W. (1963). Altbekannte Lehren der Moor- und Anmoorkultur im Lichte neuer hydrologischer Erkenntnisse und Kulturtechnischen Möglichkeiten, Wasser u. Boden 15: 237-248
- BEKKER, M.G. (1960). Off the road locomotion. Univ. Mich. Press. 1960
- O'CONNOR, K.F. (1956). Influence of wheel and foot treading on grassland. Proc. N.Z. Soil Sci.Soc. 2: 35-37
- EDMOND, D.B. (1962). Effects of treading pasture in summer under different soil moisture levels. N.Z. J.Agr.Res. 5: 389-395
- GRADWELL, M. (1956). Effects of animal treading on a wet alluvial soil under pasture. Proc. N.Z.Soc.Soil.Sci.Soc. 2: 37-39
- PIETERS, J.H. (1961). Gevoeligheid van grasland voor vertrapping. Landbouwwoorl. 18: 377-383
- SCHOTHORST, C.J. (1963). De draagkracht van graslandgronden. Tijdschr. Kon.Ned.Heidemij. 74: 104-111
- (1963). Beweidingsverliezen op diverse graslandgronden. Landbouwk.Tijdschr. 75: 869-878
- SEARS, P.D. (1956). The effect of the grazing animal on pasture. 7th Int. Grassl.Congr.paper 7
- ..
- SOHNE, W. (1955). Die Verdichtbarkeit des Ackerbodens unter Berücksichtigung des Einflusses organischer Bestandteile. Z.Pflanzen ernährung,Düng.Bodenk. 69: 116-125
- WIND, G.P. (1963). Gevolgen van wateroverlast in de moderne landbouw. Med.I.C.W. no.54

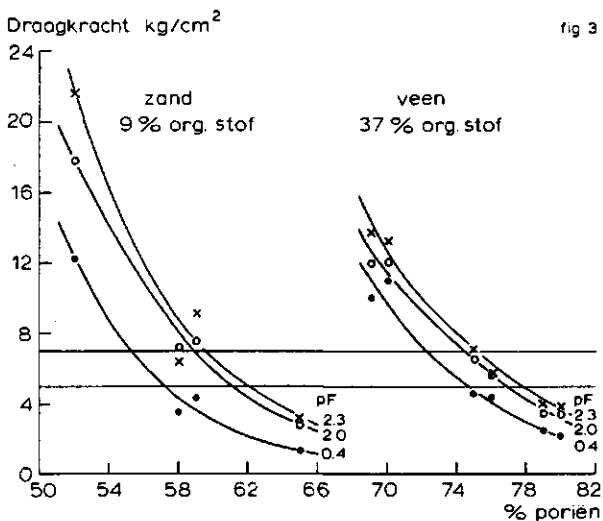
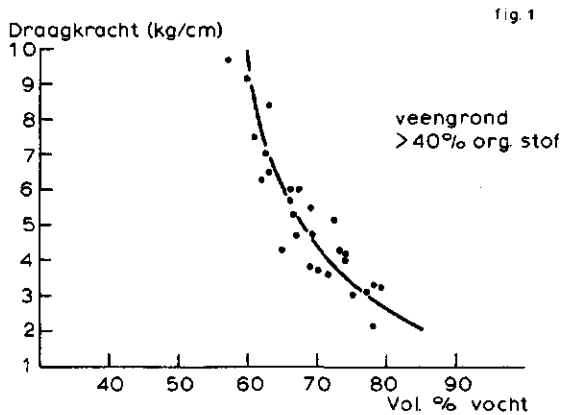


fig 4
ZODE VEENGRASLAND MET 37% ORGANISCHE STOF

