

MEDEDELINGEN VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE
WAGENINGEN/NEDERLAND-DEEL 51, VERH. 3 (p. 73-90), 1951

OVER DE ZUUR-BASE-EVENWICHTEN IN HOOL, IN NORMAAL GRAS EN IN GRAS DAT AANLEIDING GEEFT TOT HAEMOGLOBINU- RIE (BLOEDWATEREN) OF TOT GRAS- TETANIE (KOPZIEKTE) BIJ RUNDEREN

door

E. BROUWER en A. J. van de VLIERT

Laboratorium voor Physiologie der Dieren van de Landbouwhogeschool

(Ontvangen 4.5.51)

I. INLEIDING

Gedurende de zomer van 1950 stelde één onzer (v. d. VLIERT) een onderzoek in naar het bloedwateren, dat in Drente bij runderen voorkomt op veengronden in de omgeving van Hooghalen. Het is blijkbaar dezelfde aandoening als die in Oost-Drente, welke door JONKER¹⁾, door GEERTSEMA²⁾ en door THIJN³⁾ uitvoerig is beschreven. Een nadere uiteenzetting omtrent de ziekte zelf kan hier daarom achterwege blijven, temeer omdat het in genen dele zeker is, dat dit lijden direct samenhangt met hetgeen hieronder volgt.

Eveneens willen wij hier voorshands het stilzwijgen bewaren over de omstandigheden, waaronder de haemoglobinurie zich te Hooghalen voordoet, behalve op één punt. Er werd nl. waargenomen, dat de urine van de dieren, welke op deze weiden graasden, veelal een zure reactie had, ook wanneer er geen spoor van haemoglobine in werd aangetroffen. Enige urines werden te Wageningen met behulp van de glaselectrode onderzocht. Vele andere, waaronder ook die van enige schapen, werden in de weide met behulp van lyphanpapier getoetst en bijna steeds bleek de pH tussen 6 en 7 te liggen of ook nog wel lager, tot ca 5. Dit was zowel het geval bij de urine van enige dieren met lichte haemoglobinurie als bij die van vele andere, welke schijnbaar gezond waren.

De toestand en het gedrag van de meeste dieren waren zodanig, dat niet gedacht behoefde te worden aan te geringe opneming van gras. In dit laatste geval toch worden orgaaneiwitten geoxydeerd, waardoor zure stofwisselingsproducten ontstaan, b.v. zwavelzuur, die onvoldoende door de basen van de geringe hoeveelheid voedsel worden geneutraliseerd, zodat de urine zuur wordt. Evenmin

¹⁾ B. JONKER, Tijdschrift voor Diergeneeskunde 56 (1929) 1144.

²⁾ G. GEERTSEMA, Proefschrift Utrecht (1939).

³⁾ J. W. THIJN, Tijdschrift voor Diergeneeskunde 67 (1940) 421.

2047412

bleek de urine zure ketonlichamen te bevatten. De reactie van ROTHERA was namelijk negatief of althans niet sterker positief dan normaal.

Het regelmatig voorkomen van zure urine bij weidende dieren, die geen duidelijke ziekteverschijnselen vertonen en voldoende gras eten, is iets merkwaardigs. Bij de talrijke urinemonsters, die wij in de loop der jaren van elders onderzochten, kwam het natuurlijk af en toe wel voor, dat de urine van een weidende koe zuur was; maar dit was toch uitzondering. Daarom werd het dienstig geacht een nader onderzoek in te stellen en wel in de eerste plaats naar de minerale samenstelling van het gras, omdat de urine-pH in de eerste plaats bepaald wordt door de zuurvormende en basevormende bestanddelen van het voedsel. In verband daarmee werd een negental grasmonsters uit verschillende weiden in het haemoglobinuriegebied verzameld, van welk gras het gehalte aan eiwit en dat aan K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Cl , P_2O_5 en SO_4 welwillend door het Centraal Instituut voor het Landbouwkundig Onderzoek te Wageningen werden bepaald. Wij zijn het instituut voor deze medewerking zeer erkentelijk. Uit de verkregen cijfers berekenden wij de gehalten aan de afzonderlijke elementen; zij zijn weergegeven in tabel 1 (serie 2; gras Drente). Deze berekening geschiedde in drie decimalen om afrondingsfouten bij de verdere becijferingen met dit materiaal te voorkomen. Overigens kan aan het derde cijfer achter de komma niet de geringste betekenis worden toegekend. Het monster No 246 (9) had wellicht beter wegelaten kunnen worden, omdat dit slechts uit één enkele grassoort (*Smele* of *Deschampsia caespitosa*) bestond, die rijkelijk in de haemoglobinurieweiden voorkomt en daarom afzonderlijk werd bemonsterd.

Uitdrukkelijk zij gezegd, dat wij hierbij voorshands in het midden laten in hoeverre de zure reactie der urine samenhangt met de haemoglobinurie. Duizendvoudige ervaring heeft geleerd, dat een voedsel, waarvan de stofwisselingslakken de urine zuur maken, geenszins tot haemoglobinurie aanleiding behoeft te geven; als regel is er in dergelijke urine nl. geen spoor van haemoglobine te bespeuren. Dit geldt niet alleen voor runderen en andere planteneters, maar ook voor carnivoren en voor omnivoren, zoals de mens en het varken. Hier is de urine ook in normale omstandigheden zuur, niet steeds omdat zo veel dierlijk voedsel met een zuuroverschot wordt gegeten, maar bij de omnivoren vooral omdat de granen eveneens een zuuroverschot leveren. Mocht er op de weiden te Hooghalen dus een verband bestaan tussen de zure reactie der urine en de haemoglobinurie, dan is het waarschijnlijk, dat het gras niet alleen abnormaal is wat zijn minerale samenstelling aangaat, maar ook in andere opzichten. Het zou b.v. kunnen zijn, dat er giftige stoffen in voorkomen of dat er bij de gistingen in het maagdarmkanaal haemolytisch werkende bestanddelen uit ontstaan. Wij willen deze kwestie in dit opstel echter buiten beschouwing laten en in de eerste plaats de vraag behandelen waarom het gras der boven bedoelde weiden tot zure reactie der urine aanleiding geeft ¹⁾.

¹⁾ Hieraan zij nog toegevoegd, dat GEERTSEMA bij zijn onderzoek in West-Drente de reactie van de haemoglobine bevattende urine alkalisch vond. Voorts vernamen wij, dat bij voeding met mineraalzuursilage af en toe „bloedwateren” kan optreden, echter alleen bij het gebruik van zeer sterk zuur materiaal. Zelf hebben wij dit echter nimmer waargenomen, niettegenstaande een onzer vroeger zeer vele zure urines heeft onderzocht van koeien, die met mineraalzuursilage waren gevoederd.

2. HET BASE-OVERSCHOT

Bezien wij nu de analysecijfers in tabel I (serie 2; gras Drente), dan geven deze op het eerste gezicht weinig aanleiding tot ongerustheid. De gehalten aan eiwit en kalium, welke in vele weidebestanden angstwekkend hoog zijn, blijven hier binnen redelijke grenzen, terwijl Na, Mg, Cl en P, waarvan het gras dikwijls maar amper genoeg bevat, met gunstige of zelfs zeer goede cijfers uit de bus komen. Er schijnt dus geen vuiltje aan de lucht te zijn.

Om nu enig oordeel omtrent de zuur- of basewerking van het gras te hebben, werd het zgn. *base-overschot* becijferd. Hiervoor werd het aantal milliaequivalenten base, alsook dat aan zuur berekend, die de minerale bestanddelen per kg droge stof kunnen leveren en vervolgens werd het overschot aan basische bestanddelen als het verschil van deze twee bepaald. Deze berekening geschiedde op twee wijzen. Bij de ene wijze werd elk grammolecule H_3PO_4 , dat uit de P-verbindingen ontstaat, voor drie gramaequivalenten in rekening gebracht, bij de andere wijze slechts voor $1\frac{1}{2}$ gramaequivalent; dit laatste omdat de drie zure valenties bij neutrale reactie slechts voor ongeveer de helft door de basen der

Tabel 1. *Analysen van vier series gras en hooi, berekend op droge stof*

	eiw.a. stof (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cl (%)	P (%)	S (%)
<i>Serie 1; Fries hooi</i>								
overgang veen-klei	13,2	2,537	0,321	0,607	0,329	1,138	0,331	0,276
zware klei	11,7	1,649	0,513	0,728	0,245	0,981	0,251	0,279
lichte klei	9,4	2,510	0,145	0,497	0,192	1,247	0,283	0,207
knip	10,2	2,227	0,275	0,466	0,207	1,018	0,278	0,217
veen (blauwgras)	10,2	0,943	0,385	0,818	0,329	1,225	0,084	0,287
venige knip (niet ingepolderd)	11,1	2,002	0,378	0,593	0,359	1,512	0,217	0,236
<i>Serie 2; Gras Drente</i>								
No 238 (1)	15,8	1,810	0,423	1,029	0,241	1,530	0,411	0,394
No 239 (2)	15,8	1,660	0,445	1,015	0,265	1,440	0,411	0,374
No 240 (3)	14,6	1,195	0,445	0,836	0,253	1,310	0,253	0,387
No 241 (4)	19,8	2,092	0,504	0,879	0,277	1,820	0,437	0,434
No 242 (5)	19,4	2,739	0,430	0,893	0,241	1,920	0,437	0,360
No 243 (6)	14,6	2,042	0,252	0,715	0,193	1,640	0,371	0,297
No 244 (7)	14,4	2,009	0,267	0,786	0,199	1,640	0,393	0,260
No 245 (8)	17,4	2,200	0,401	0,786	0,235	1,790	0,402	0,380
No 246 (9)	13,4	1,893	0,104	0,414	0,145	1,000	0,271	0,267
<i>Serie 3; Kunstmatig gedr. gras</i>								
gemiddeld 1942	17,0	3,113	0,171	0,643	0,253	1,330	0,384	0,390
zand 1942	17,1	3,312	0,148	0,622	0,229	1,330	0,402	0,354
laagveen 1942	16,9	2,864	0,230	0,629	0,283	1,330	0,376	0,451
klei 1942	17,1	3,163	0,141	0,672	0,241	1,320	0,380	0,364
voorjaarsgras 1942	17,3	3,013	0,163	0,622	0,217	1,240	0,354	0,317
<i>Serie 4; Gras van kopziekte- weiden</i>								
voorjaar 1930	33,4	4,145	0,095	0,444	0,160	0,889	0,495	0,553
voorjaar 1930	28,1	3,868	0,105	0,488	0,163	1,171	0,478	0,452
voorjaar 1930	23,9	3,651	0,115	0,483	0,174	1,314	0,460	0,414
voorjaar 1930	18,8	2,958	0,213	0,486	0,158	0,947	0,419	0,368
voorjaar 1930	13,6	2,526	0,105	0,478	0,109	1,474	0,309	0,211
herfst 1930	21,4	2,986	0,211	0,471	0,176	-	0,460	-

alkalimetalen worden verzadigd. De uitkomsten zijn in de tabel 2 weergegeven onder de hoofden TA (totaal-alkaliciteit = base-overschot) met de toevoegingen: ($P = 1\frac{1}{2}$ aeq.) resp. ($P = 3$ aeq.); (serie 2; gras Drente).

Zoals men ziet is er op beide wijzen een aanzienlijk base-overschot gevonden, schommelende tussen 140 en 550 milliaequivalenten per kg droge stof. Nu schijnt een zure reactie van de urine à priori geenszins onvereenigbaar te zijn met een base-overschot van het voedsel, wanneer dit overschot maar binnen matige grenzen blijft. In de urine toch komen naast de minerale basen en zuren ook *organische* zuren voor, vooral hippuurzuur, een weinig benzoëzuur enz., die een gedeelte der minerale basen neutraliseren. S.JOLLEMA ¹⁾ vond b.v. bij voeding van koeien met meer dan 60 kg gras op stal, zonder bijvoeder, per etmaal ongeveer 1200 milliaequivalenten hippuurzuur plus benzoëzuur. Nemen wij aan, dat per dag 15 kg droge stof werd gegeten, dan komt dit per kg droge stof dus overeen met 80 milliaequivalenten organisch zuur in de urine. Zoals zoëven werd vermeld leverde onze berekening echter base-overschotten in het voeder op, die tussen 140 en 550 lagen en derhalve onmogelijk door de 80 milliaequivalenten hippuurzuur en benzoëzuur kunnen worden geneutraliseerd.

Het zou natuurlijk denkbaar zijn, dat het gras van de bedoelde haemoglobinurieweiden tot een abnormaal sterke uitscheiding van organische zuren (hippuurzuur, benzoëzuur of wellicht nog andere) aanleiding geeft, waardoor het base-overschot toch zou worden weggewerkt; maar toen onze grasanalyses bekend werden, was het weideseizoen voorbij, zodat over de organische zuren in de urine geen uitsluitsel meer kon worden verkregen. Wel was reeds gebleken, dat de reactie op ketonlichamen negatief was.

3. ALKALICITEIT

Onze vroegere ervaringen brachten ons echter nog op een ander denkbeeld. Het was ons nl. bekend, dat de urine van het rund meestal slechts zeer geringe hoeveelheden kalk en phosphorzuur bevat. De overschotten aan deze bestanddelen verlaten het lichaam nl. slechts voor een gering deel met de urine, doch in hoofdzaak met de faeces. Het gehalte aan magnesia in de urine is weliswaar dikwijls iets hoger; maar ook deze stof verdwijnt voor het overgrote deel met de mest. Daarentegen worden de overschotten aan K, Na, S en Cl voor een belangrijk deel met de urine verwijderd. Het gevolg daarvan moet wel zijn, dat de laatstgenoemde mineralen voor de zuur-base-huishouding van bloed en weefsels en voor de urinereactie van veel meer belang zijn dan de eerste. Geheel in overeenstemming hiermede is het ervaringsfeit ²⁾, dat zure urine, veroorzaakt door het voederen van A.I.V.-silage, door bijvoeding van veel minder gramaequivalenten van natriumcarbonaat te niet wordt gedaan dan van kruit, al kan aan dit laatste enige werking zeker niet worden ontzegd.

Het lag dus voor de hand de groep K, Na, Cl, S afzonderlijk te beschouwen. Berekent men voor deze groep het base-overschot ($K + Na - Cl - S$ in milliaequivalenten per kg droge stof van het voeder), dan komt men tot een uitkomst, die de naam *alkali-alkaliciteit* draagt. VON HUTYRA en MAREK en andere Hongaarse

¹⁾ B. SJOLLEMA, Landbk. Tijdschr. 53 (1941) 671.

²⁾ E. BROUWER, Versl. landbk. Onderz. 40C (1934) 893; Tierernährung 7 (1935) 1.
E. BROUWER, N. D. DIJKSTRA, Versl. Landbk. Onderz. 42C (1936) 291; Tierernährung 8 (1936) 340.

Tabel 2. Alkaliciteit, alsmede Ca/P-, K/Ca- en K/Mg-verhouding in vier series gras en hooi

	eiwit- achtige stof ¹⁾	AA ²⁾	EA ³⁾ (P = 1½ aeq.)	TA ⁴⁾ (P = 1½ aeq.)	VA ⁵⁾ (P = 1½ aeq.)	EA ⁶⁾ (P = 3 aeq.)	TA ⁶⁾ (P = 3 aeq.)	VA ⁶⁾ (P = 3 aeq.)	Ca/P ⁷⁾	K/Ca ⁷⁾	K/Mg ⁷⁾
Serie 1; Fries hooi											
overgang veen-klei	13,2	+295	+413	+709	-118	+253	+549	+42	1,84	4,18	7,7
zware klei	11,7	+194	+443	+638	-249	+322	+516	-128	2,90	2,27	6,7
lichte klei	9,4	+224	+269	+493	-45	+132	+356	+92	1,75	5,05	13,1
knip	10,2	+267	+268	+535	-2	+134	+401	+133	1,68	4,78	10,8
veen (blauwgras)	10,2	-116	+638	+522	-754	+598	+482	-714	9,75	1,15	2,9
venige knip (niet ingepolderd)	11,1	+103	+486	+589	-383	+381	+484	-278	2,73	3,38	5,6
Serie 2; Gras Drente											
No 238 (1)	15,8	-30	+513	+483	-543	+314	+284	-345	2,51	1,76	7,5
No 239 (2)	15,8	-21	+526	+504	-547	+327	+306	-348	2,47	1,64	6,3
No 240 (3)	14,6	-112	+503	+391	-615	+381	+269	-492	3,30	1,43	4,7
No 241 (4)	19,8	-30	+455	+425	-485	+244	+214	-274	2,01	2,38	7,6
No 242 (5)	19,4	+121	+432	+554	-311	+221	+343	-100	2,04	3,07	11,4
No 243 (6)	14,6	-16	+336	+320	-352	+157	+141	-173	1,92	2,86	10,6
No 244 (7)	14,4	+5	+366	+371	-361	+176	+181	-171	2,00	2,56	10,1
No 245 (8)	17,4	-5	+391	+386	-396	+197	+192	-202	1,96	2,80	9,4
No 246 (9)	13,4	+81	+195	+276	-114	+64	+144	+17	1,53	4,57	13,1
Serie 3; Kunstmatig gedroogd gras											
gemiddeld 1942	17,0	+252	+343	+596	-91	+158	+410	+95	1,67	4,84	12,3
zand 1942	17,1	+316	+304	+620	+11	+110	+426	+206	1,55	5,32	14,5
laagveen 1942	16,9	+176	+365	+541	-189	+183	+359	-7	1,67	4,55	10,1
klei 1942	17,1	+271	+350	+621	-79	+166	+437	+105	1,77	4,71	13,1
voorjaarsgras 1942	17,3	+294	+318	+612	-24	+146	+441	+148	1,76	4,84	13,9
Serie 4; Gras van kopzieteweiden											
voorjaar 1930	33,4	+506	+114	+620	+392	-126	+380	+631	0,90	9,33	25,9
voorjaar 1930	28,1	+423	+146	+569	+277	-85	+338	+508	1,02	7,92	23,7
voorjaar 1930	23,9	+355	+162	+517	+193	-61	+294	+416	1,05	7,56	21,0
voorjaar 1930	18,8	+353	+170	+522	+183	-33	+320	+385	1,16	6,08	18,7
voorjaar 1930	13,6	+144	+179	+323	-34	+29	+174	+115	1,54	5,29	23,1
herfst 1930	21,4	-	+157	-	-	-65	-	-	1,02	6,35	17,0

1) eiwitachtige stof = ruw eiwit (percentage in de droge stof)

2) AA = alkali-alkaliciteit = K + Na - Cl - S (milliequivalenten per kg droge stof)

3) EA = aardalkali-alkaliciteit = Ca + Mg - P (milliequivalenten per kg droge stof)

4) TA = totaal-alkaliciteit = AA + EA = base-overschot (milliequivalenten per kg droge stof)

5) VA = alkaliciteitsverschil = AA - EA (milliequivalenten per kg droge stof)

6) Verhouding van de percentages der metaalen (dus niet die der oxiden of milliequivalenten)

schrijvers¹⁾ maken melding van dit begrip. Voor zover ik echter kan nagaan, is de physiologische betekenis ervan nimmer grondig bestudeerd.

De cijfers nu, welke voor de alkali-alkaliteit van het gras uit Drente werden berekend (tabel 2), bleken inderdaad merendeels negatief te zijn (6 negatief en 2 positief), afgezien van het *Deschampsia*-monster. De organische zuren der urine tevens in aanmerking nemend, menen wij dan ook in de lage alkali-alkaliteit van het gras een aannemelijke oplossing van het probleem der zure urine te hebben gevonden. Niettemin blijft er enige twijfel, omdat het monster No 242 (5) een vrij sterke alkali-alkaliteit bezat, terwijl toch het gras van de desbetreffende weide tot zure urine aanleiding gaf. Wellicht kan dit aan onvolkomenheden bij de monsterneming en analyse worden toegeschreven.

Uiteraard kan men ook het base-overschot berekenen van de groep: Ca, Mg, P (Ca + Mg - P in milliequivalenten per kg droge stof). De Hongaarse schrijvers bestempelen de uitkomst met de naam: *aardalkali-alkaliteit*²⁾. Zij kennen hieraan grote betekenis toe voor het ontstaan van rachitis en andere beenziekten. Ook dit begrip heeft buiten Hongarije slechts geringe aandacht getrokken. Zoals vanzelf spreekt, geldt de volgende betrekking:

$$AA + EA = \text{Totaal-alkaliteit} = TA.$$

Deze totaal-alkaliteit (TA) komt dus overeen met hetgeen hierboven base-overschot is genoemd.

Zoals na het voorgaande kon worden verwacht, was de EA van het Drentse gras sterk positief (157 à 526 milliequivalenten per kg droge stof). Blijkbaar was de invloed van deze EA op de urinereactie echter zó gering, dat zij door de werking van de zwak negatieve AA van het gras + de organische zuren in de urine, volkomen te niet werd gedaan.

4. TOETSING AAN GEGEVENS UIT DE LITERAATUUR

Wanneer de verklaring voor de zure urine, waartoe wij zoëven zijn gekomen, juist is, dan zou men, wat de AA betreft, een duidelijk verschil tussen het onderhavige gras en dat uit andere gebieden mogen verwachten. Cijfermateriaal om dit te toetsen werd uit de literatuur verzameld. De oogst was niet groot, maar is o.i. toch waard hier besproken te worden. Uitdrukkelijk zij echter vermeld, dat aan het vergelijken der uitkomsten, verkregen in verschillende laboratoria, bezwaren zijn verbonden. Eveneens is dit het geval, wanneer het uitkomsten geldt, die weliswaar in hetzelfde laboratorium maar in verschillende perioden zijn verkregen. Wanneer nl. voor een controle dezelfde monsters in verschillende laboratoria of in verschillende perioden worden onderzocht, dan blijken de uitkomsten dikwijls systematische verschillen te vertonen, vooral wanneer ook nog verschillende bepalingsmethoden zijn gebruikt. Verder kunnen ook de niet-systematische, toevallige analysefouten op een dwaalspoor voeren. In ons geval moet ook daaraan worden gedacht, omdat de EA en de AA worden berekend als de algebraïsche som van 3, resp. 4 analysecijfers, zodat de analysefouten zich in de einduitkomst ophopen. Ofschoon het niet waarschijnlijk is, dat systematische en

¹⁾ F. v. HUTYRA, J. MAREK, R. MANNING, *Spezielle Pathologie und Therapie der Haustiere II* (1938) 659.

J. MAREK, O. WELLMANN, *Die Rhachitis, Pathologischer Teil* (1931).

O. WELLMANN, *Mitt. deutsch. Landw. Ges.* 46 (1931) 316.

²⁾ In het vervolg zullen wij het woord *alkali-alkaliteit* afkorten tot AA en voor *aard-alkali-alkaliteit* de letters EA (van *Erdalkali-Alkalizität*) gebruiken.

toevallige fouten ons tot een onjuiste conclusie hebben gevoerd, achten wij herhaling en uitbreiding van de berekeningen met cijfermateriaal, dat speciaal voor dit doel is verzameld, zeer aanbevelingswaardig.

Voor onze berekeningen stonden ons vier series analyses ten dienste.

Serie 1. Zes analyses van gras uit Friesland, bestemd voor hooibereiding ¹⁾. Deze analyses zijn vele jaren geleden met grote zorg uitgevoerd door het Rijkslandbouwproefstation te Groningen. De monsters waren genomen uit de zwaden van het gemaaid gras.

Serie 2. De negen boven besproken Drentse monsters, door v. d. VLIERT in 1950 uit verschillende weiden in het haemoglobinuriegebied bij Hooghalen verzameld. Aan de analyse is door het Centraal Instituut voor het Landbouwkundig Onderzoek bijzondere zorg geschonken. Zoals gezegd had het monster No 246 (9) betrekking op slechts één enkele grassoort (*Deschampsia caespitosa*).

Serie 3. Vijf gemiddelde analyses van kunstmatig gedroogd gras. Deze gemiddelden waren door 'T HART ²⁾ berekend uit Ca- en P-bepalingen in 519 monsters en uit K-, Na-, Mg-, Cl- en S-bepalingen in 72 monsters. Drie van deze gemiddelde analyses hebben achtereenvolgens betrekking op gras van zandgrond, van laagveen en van klei. Voorts werd door 'T HART nog een algemeen gemiddelde berekend en ten slotte nog een gemiddelde van enkel voorjaarsgras. De analyses, waarop de eerstgenoemde drie gemiddelden betrekking hebben, zijn dus ook gebruikt voor de berekening van de laatste twee, zodat deze laatste niet onafhankelijk zijn van de eerste. Onafhankelijk van elkaar zijn alleen maar de eerste drie (zand, laagveen, klei; in de tabellen: serie 3, analyse 2, 3 en 4). Naar men verderop zal zien is de spreiding der analyseuitkomsten gering. Zou hier niet met gemiddelden zijn gewerkt, maar met de analysecijfers der afzonderlijke monsters, dan zou de strooiing uiteraard veel groter zijn geweest.

Serie 4. Zes gemiddelden, berekend uit het cijfermateriaal van SJOLLEMA ³⁾. Voorzover het voorjaarsgras betref, zijn de afzonderlijke monsters in SJOLLEMA's verhandeling gerangschikt in vijf groepen al naar het eiwitgehalte ($\geq 30\%$, 25 à 30 %, 20 à 25 %, 15 à 20 % en 10 à 15 % in de luchtdroge stof). Daarbij komt als zesde groep nog een aantal monsters herfstgras. Een bezwaar van dit cijfermateriaal is, dat de minerale samenstelling in lang niet alle monsters volledig werd onderzocht; vooral van S en Cl is het aantal bepalingen gering. Ook hier is het cijfermateriaal dus inhomogeen. Natuurlijk is dit niet bedoeld als een verwijt aan de onderzoeker; deze breidde het analysewerk uiteraard niet verder uit dan nodig was voor de beantwoording van de vragen, die hij zich had gesteld.

Het betref hier gras van weiden, waarop kopziekte (grastetanie) was geconstateerd. Verreweg de meeste monsters waren genomen dezelfde dag of ten hoogste enkele dagen nadat de ziekte op die weide was uitgebroken. Van een aantal weiden was bovendien enige weken later nogmaals een monster genomen, van enige ook nog een derde monster. Voorts bevinden zich onder het materiaal monsters van enige percelen, waarop de ziekte nimmer was geconstateerd. Om homogeniteitsredenen hebben wij deze laatste bij onze berekeningen weggelaten. Ten slotte zijn, in overeenstemming met SJOLLEMA's suggestie op bldz. 809, nog 13 Na-cijfers uit de tabellen geschrapt, omdat zij vermoedelijk onjuist zijn.

Van de overblijvende cijfers werden voor elk der zes genoemde groepen door

¹⁾ J. G. MASCHHAUPT, K. ZIJLSTRA, A. RAUWERDA, M. KRAMER, Onderzoek naar de samenstelling van het Friese hooi (1922).

²⁾ M. L. 'T HART, Landbouwk. Tijdschr. 56/57 (1944-'45) 477.

³⁾ B. SJOLLEMA, Landbouwk. Tijdschr. 43 (1931) 67, 139, 593, 793.

ons gemiddelden berekend, onverschillig of de minerale samenstelling der afzonderlijke monsters al of niet volledig was bepaald. Aangezien de analyses betrekking hadden op het „droge, niet geheel watervrije gras”, werden de gemiddelden ten slotte volgens SJOLLEMA's aanwijzing op blz. 68 vermenigvuldigd met 100/95 om ze benaderend op droge stof om te rekenen. Dit was nodig, omdat de data in de andere series (1, 2 en 3) eveneens op de droge stof betrekking hebben. Ook bij deze andere was trouwens een omrekening nodig geweest, omdat de cijfers in de oorspronkelijke verhandelingen niet de gehalten aan de elementen als zodanig weergaven, maar die aan de oxyden (K_2O , Na_2O enz.). Alle uitkomsten zijn ten slotte in tabel 1 in drie decimalen weergegeven, evenals bij het Drentse gras. Van deze tabel 1 zijn de cijfers van tabel 2 op hun beurt afgeleid.

Wenden wij ons thans wederom tot tabel 1, dan verlangen de analyses in de laatste serie (kopziekte) enige toelichting. Bij de vijf voorjaarsanalyses is er nl. een geleidelijk verloop der cijfers tegelijk met het eiwitgehalte. Zeer duidelijk is dit bij de K-, P- en S-gehalten, die in de tabel van boven naar beneden met het eiwitgehalte voortdurend afnemen. In het vervolg zal blijken, dat vooral de laatste gemiddelde analyse van voorjaarsgras (13,6 % eiwitachtige stof) tamelijk sterk van de overige uit deze serie afwijkt. Wellicht hangt dit daarmede samen, dat van slechts één monster uit de groep met 10 à 15 % eiwitachtige stof de minerale samenstelling volledig was bepaald en dan nog in gras, dat was verzameld bijna twee maanden nadat er kopziekte op de betreffende weide was geconstateerd. Het gehalte aan eiwitachtige stof was daarbij tot minder dan de helft gedaald. De analyse met 13,6 % eiwitachtige stof kan dan ook geenszins gelden als die van gras dat kopziekte heeft veroorzaakt en tot op zekere hoogte geldt dit ook van de gemiddelde analyse met 18,8 % eiwitachtige stof. Vermoedelijk geven de gemiddelde analyses met 28,1 % en 23,9 % eiwit nog het best een indruk van echt kopziektegras.

Beschouwen wij thans de analyses nader, dan blijkt, dat het eiwitgehalte van het Drentse gras ongeveer gelijk is aan dat van het kunstmatig gedroogde. Bij de hooimonsters is het eiwitgehalte aanmerkelijk lager en bij het gras der kopziekteweiden aanzienlijk hoger. Wij kunnen het Drentse gras dus vergelijken met ander gras, dat in een gelijk, in een vroeger en in een later stadium is geogst.

Zonder het materiaal te willen uitputten maken wij nog opmerkzaam op het lage phosphorgehalte en het hoge calciumgehalte van het blauwgrashooi. Inderdaad is bekend, dat dit hooi tot verzwakking van het beenderenstelsel en tot beenbreuken aanleiding kan geven. Wij wijzen ook nog op het lage kaliumgehalte van dit hooi.

In het gras der kopziekteweiden trekken, behalve de hoge eiwitcijfers in de eerste groepen, ook het lage calciumgehalte en magnesiumgehalte de aandacht. Ook 'T HART maakte in zijn bovengenoemde verhandeling reeds op deze lage gehaltecijfers opmerkzaam.

Vergelijkt men nu het Drentse gras met dat der andere series, dan blijkt het eerste een laag kaliumgehalte te bezitten ($\pm 2\%$). Dit gehalte komt ongeveer overeen met dat in het Friese hooi, dat blijkens het eiwitgehalte pas in een veel later stadium is gemaaid. Aanmerkelijk hoger zijn de kaliumpercentages in het kunstmatig gedroogde gras en in het gras der kopziekteweiden. Voorts bezit het Drentse gras een hoog gehalte aan Na, Ca en Cl. De gehalten aan Mg, P en S komen ongeveer overeen met die van het gedroogde gras. Zoals gezegd zou men

zonder méér geneigd zijn de minerale samenstelling van het Drentse gras als gunstig te beschouwen.

De totaal-alkaliteit ($TA = AA + EA$; $P = 1\frac{1}{2}$ en 3 aequivalenten) van het gras uit Drente is blijkens tabel 2 duidelijk lager dan bij de drie andere series, hoewel nog sterk positief. Merkwaardig is, dat de laatstbedoelde drie series (hooi, kunstmatig gedroogd gras en gras van kopziecteland) in dit opzicht slechts weinig van elkaar verschillen, zodat de TA hier bijkans onafhankelijk is van het eiwitgehalte.

Wat nu de alkali-alkaliteit (AA) betreft, ziet men inderdaad frappante verschillen tussen de serie der Drentse monsters enerzijds en de drie overige series anderzijds, zulks geheel in overeenstemming met hetgeen op grond van de urine-reactie was verwacht. Bij het Drentse gras is de AA, zoals gezegd, in de meeste gevallen negatief. Dit is eveneens het geval bij het blauwgrashooi, terwijl zij bij het hooi van de venige knip (niet ingepolderd) slechts zwak positief is. Aanmerkelijk hogere en onderling ongeveer gelijke waarden van rond 200 à 300 zijn gevonden bij de overige hooimonsters en bij het kunstmatig gedroogde gras. De AA van het gras der kopziecteweiden steekt daar echter ver boven uit en loopt van 350 tot 500, afgezien van de vijfde analyse met 13,6 % eiwitachtige stof.

Bij de aardalkali-alkaliteit (EA) is het andersom; deze is in de serie der Drentse monsters het hoogst (rond 200 à 500), echter nog hoger bij het blauwgrashooi, waar een waarde van meer dan 600 wordt bereikt. Het allerlaagst is de EA bij de monsters der kopziecteweiden. Bij de berekening met $P = 3$ aequivalenten is zij hier zelfs negatief! Dit gras onderscheidt zich dus door een zeer hoge AA en een zeer lage EA. Diametraal daartegenover staan het Drentse gras en het hooi van de niet ingepolderde percelen uit Friesland met zeer lage AA en zeer hoge EA. Ook het land dat het blauwgras leverde, liep nl. 's winters onder water.

Hoewel het doel, dat er in bestond de alkaliteit van het Drentse gras te vergelijken met die van gras uit andere gebieden, hiermede is bereikt, willen wij onze beschouwingen nog iets verder uitstrekken. Wij voeren nu een begrip in, dat, voor zover ons bekend, geheel nieuw is, nl. het *alkaliteitsverschil* (VA), hetwelk wij aldus definiëren:

$$\text{Alkaliteitsverschil} = VA = AA - EA.$$

Na het voorgaande is het duidelijk, dat bij het alkaliteitsverschil enorme variaties aan de dag moeten komen en dit volgt inderdaad uit tabel 2. Tegenover waarden van + 180 tot + 500 en zelfs + 630 van het gras der kopziecteweiden staan hier de negatieve waarden van - 100 tot - 600 van de Drentse monsters en van de laatste twee monsters Fries hooi, waarvan het blauwgras zelfs een waarde van minder dan - 700 bereikt. De overige hooimonsters en het kunstmatig gedroogde gras nemen een intermediaire positie in.

Er is aan de tabel nog een drietal kolommen toegevoegd, nl. die betreffende de Ca/P-verhouding, de K/Ca-verhouding en de K/Mg-verhouding. Zoals gebruikelijk werden deze verhoudingen berekend als de quotienten van de percentages van de *metalen* (dus niet als die van de oxyden of milliaequivalenten). De Ca/P-verhouding ligt bij de meeste monsters tussen 1 en 2, hetgeen in het algemeen als goed wordt beschouwd. Bij het gras der kopziecteweiden ligt zij nabij de benedengrens, bij de Drentse monsters en bij het Friese hooi nabij de bovengrens. Veel te hoog, nl. bijna 10, is zij bij het blauwgrashooi, dat veel Ca en weinig P

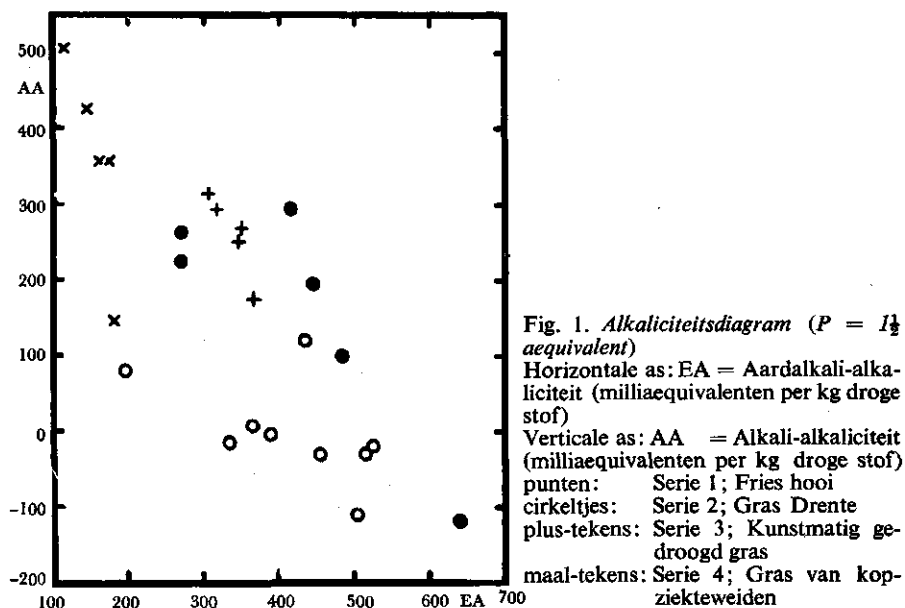
bevat. De slechte werking van dit hooi op het beenderenstelsel is hiermede volkomen verklaard.

Enorme verschillen zien wij bij de K/Ca-verhouding. Dit is na het voorafgaande niet vreemd, omdat de AA vooral door het kaliumgehalte wordt beheerst en de EA voor een belangrijk deel door het calciumgehalte. De K/Ca-waarden variëren van rond 1 bij het blauwgrashooi tot rond 9 bij het gras met 33,4 % eiwitachtige stof der kopzielteweiden. Bij het Drentse gras liggen zij nabij de benedengrens. De waarde 9 uit de eerste analyse van het gras der kopzielteweiden is uit een voedingsoogpunt vermoedelijk te hoog. Verder wensen wij ons hier over de betekenis van de K/Ca-verhouding voor de gezondheid der dieren niet uit te laten.

Ten slotte vestigen wij nog de aandacht op de K/Mg-verhouding. Deze is bij de Drentse monsters ongeveer even hoog als bij het hooi, nl. ± 10 , wanneer wij afzien van enige zeer lage waarden, b.v. die bij de laatste twee hooimonsters (2,9 en 5,6). Bij het gedroogde gras is de K/Mg-verhouding dooreengenomen iets hoger, nl. ongeveer 12. Bij de monsters der kopzielteweiden echter bereikt zij een zeer aanzienlijk hogere waarde (dooreengenomen meer dan 20). De fysiologische betekenis van de K/Mg-verhouding is nog onvoldoende bestudeerd. Wij kunnen de gedachte echter niet van ons afzetten, dat dergelijke wijde verhoudingen als bij het gras der kopzielteweiden ongewenst zijn. Inderdaad wordt in het bloed bij de kopzielte, behalve een laag Ca-gehalte, dikwijls een zeer laag Mg-gehalte gevonden.

5. ALKALICITEITSDIAGRAMMEN

Om van de alkalicitetsverhoudingen een visueel beeld te geven, werden twee diagrammen vervaardigd (fig. 1 en 2). Op de ordinaat werd de AA uitgezet en op de abscis de EA ($P = 1\frac{1}{2}$, resp. 3 aequivalenten). De beeldpunten der Drentse monsters zijn getekend als cirkeltjes, die der hooimonsters als punten, die der



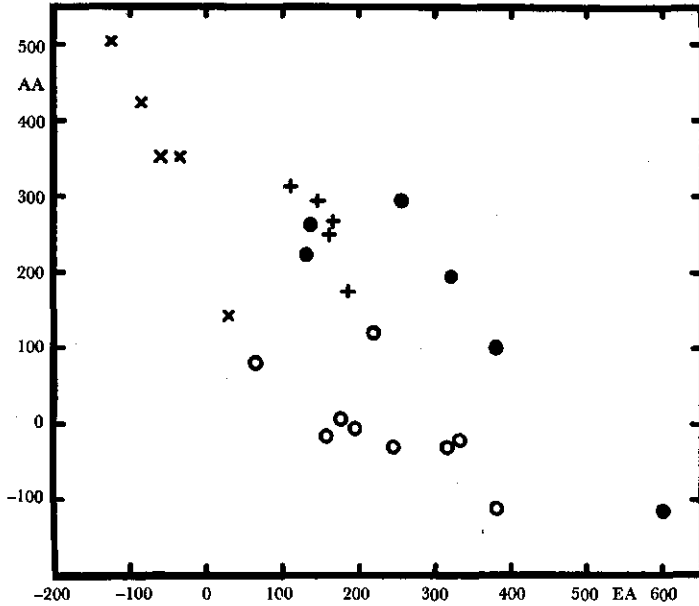


Fig. 2. Alkaliteitsdiagram ($P = 3$ equivalenten)
 Horizontale as: EA = Aardalkali-alkaliciteit (milliaequivalenten per kg droge stof)
 Verticale as: AA = Alkali-alkaliciteit (milliaequivalenten per kg droge stof)
 punten: Serie 1; Fries hooi
 cirkeltjes: Serie 2; Gras Drente
 plus-tekens: Serie 3; Kunstmatig gedroogd gras
 maal-tekens: Serie 4; Gras van kopzieltweiden

monsters gedroogd gras als plus-tekens en die der monsters van het kopzielteland als maal-tekens.

Naar men ziet vormt de verzameling der beeldpunten naar boven en naar rechts als het ware een front, dat een hoek van ca 45° met de assen van het coördinatenstelsel maakt. Nu zal men zich herinneren, dat de som der coördinaten gelijk is voor alle punten, die op een rechte liggen, die een hoek van 45° met de assen maakt en daarbij van beide assen positieve (of negatieve) stukken afsnijdt. De monsters, waarvan de beeldpunten in het front liggen, hebben dus ongeveer gelijke totaal-alkaliciteit (TA). Deze laatste is blijkbaar weinig afhankelijk van het eiwitgehalte, omdat zowel de beeldpunten van de hooimonsters en van het gedroogde gras als die van het materiaal der kopzieltweiden in of nabij dit front liggen. Vermoedelijk is aan dit front het maximum aan TA onder praktische verhoudingen vrijwel bereikt; wij zien namelijk, dat het veld rechts boven het front, waar de beeldpunten der monsters met hogere TA zouden moeten liggen, geheel onbezet is.

Uiteraard is het front niet zeer scherp begrensd, omdat er ook nog andere factoren zijn, die het zuur-base-evenwicht in de planten beheersen. Wij denken b.v. aan het kiezelzuurgehalte, het nitraatgehalte en aan de verschillende organische zuren, terwijl de zwavel voor een belangrijk deel niet in anorganische vorm maar als bestanddeel van het eiwit aanwezig is. Ten slotte zijn daar nog de analysefouten, die de grens eveneens onscherp zullen maken.

Alle beeldpunten, welke links onder het front liggen, vertegenwoordigen

monsters met een lagere TA. Hiertoe behoort het merendeel der Drentse monsters. Zij vormen als het ware de achterhoede. Wij verwachten, dat zij zich bij een doelmatige bemesting van het land eveneens in het front zouden plaatsen.

De figuur kan ook nog over enige andere bijzonderheden uitsluitsel geven. Denkt men zich in het nulpunt van de ordinaat een loodlijn opgericht, dan wordt de figuur in tweeën gesneden. Onder deze loodlijn liggen de monsters met negatieve, er boven die met positieve AA. Men ziet aldus zonder meer, dat de AA van het blauwgrashooi (de punt rechts onder) en die van het merendeel der Drentse monsters negatief zijn; die van de monsters van het kopzielteland is sterk positief.

Eveneens kan men een loodlijn oprichten in het nulpunt van de abscis. De monsters rechts van deze rechte hebben een positieve EA. Bij die er links van is de EA negatief; dit zijn in fig. 2 de monsters van het kopzielteland.

Ten slotte kan men zich ook nog een rechte door het punt $P(0,0)$ denken, die, evenals de eerste der hierboven besproken rechten, een hoek van 45° met de coördinaatassen maakt, maar loodrecht op de eerste staat ¹⁾. Op deze rechte, die dus van het punt $P(0,0)$ uit naar boven en naar rechts loopt, is het alkalici-teitsverschil (VA) gelijk aan nul. Men ziet, dat de meeste monsters hooi en kunstmatig gedroogd gras nabij deze rechte zijn gelegen. Zij bezitten dus slechts een gering positief of negatief VA. Die met negatief VA liggen rechts onder de rechte, die met positief VA aan de andere zijde.

Een eindweegs rechts onder deze rechte liggen de monsters met negatief VA uit Drente, waarvan enige vrij ver van de rechte af liggen en dus een vrij sterk negatief VA bezitten. In nog sterkere mate geldt dit van het punt geheel rechts onder, dat het blauwgrashooi voorstelt. Bij de monsters links boven de rechte is het VA positief en men ziet derhalve dadelijk, dat het gras der kopzieltewiden door een sterk positief VA gekenmerkt is.

Nu hadden wij dit alles ook al bij de bestudering der tabel 2 gevonden. Wat toen echter door zorgvuldige vergelijking der cijfers en na enige berekening werd afgeleid, ziet men in de diagrammen met één oogopslag.

Bezien wij thans de diagrammen in hun geheel, dan blijkt, dat de monsters kunstmatig gedroogd gras en de goede hooimonsters zich in het centrum van het front bevinden. Dit centrum heeft in fig. 1 en 2 in ronde getallen de onderstaande grenzen:

	Figuur 1 ($P = 1\frac{1}{2}$ aeq.)	Figuur 2 ($P = 3$ aeq.)
AA	75 à 350	100 à 375
EA	225 à 500	50 à 325
TA	450 à 700	300 à 550
VA	-350 à +50	-150 à +250

Volgens v. HUTYRA c.s. ²⁾ ligt de optimale EA ($P=3$ aeq.) van het voedsel

¹⁾ Onder het punt $P(0,0)$ verstaan wij het punt, waarvan de abscis en de ordinaat beide gelijk aan nul zijn. In onze figuren ligt $P(0,0)$ dus niet in de oorsprong.

²⁾ F. v. HUTYRA, J. MAREK, R. MANNINGER, *Spezielle Pathologie und Therapie der Haustiere II* (1938) 659. Wij hebben aangenomen, dat deze schrijvers de EA per honderd g droge stof aangeven en hebben hun cijfers daarom met tien vermenigvuldigd. Voorts is het ons niet duidelijk, waarom de cijfers voor Jungtiere door hen verschillend worden genomen van die van kalveren en veulens.

voor volwassen planteneters bij + 50, voor „Jungtiere” bij + 150 en voor kalveren en veulens tot 3 jaren bij + 250 milliaequivalenten per kg droge stof. MAREK en WELLMANN¹⁾ vermelden, dat de EA voor planteneters en voor het varken volgens hun „Erfahrungen und Feststellungen” 200 à 250 moet bedragen. Een communis opinio heeft zich hierover echter nimmer gevormd. Niettemin is het interessant op te merken, dat al de genoemde waarden binnen de EA-grenzen in het bovenstaande staatje vallen, d.w.z. tussen 50 en 325.

Alles wat in de figuren 1 en 2 buiten het zoëven provisorisch afgebakende centrum ligt, is verdacht! Links boven het centrum liggen nl. de monsters der kopziekteweiden. Geheel rechts onder ligt het monster van het blauwgrashooi, dat storingen in de kalk-phosphorstofwisseling veroorzaakt; eveneens rechts onder, maar minder ver, ligt het monster van het niet ingepolderde perceel venige knip. Tenslotte liggen beneden het centrum de beeldpunten van het gras uit Drente, dat tot zure urine en „bloedwateren” aanleiding geeft.

Wij willen hiermede niet zeggen, dat al de genoemde afwijkingen directe gevolgen van de excentrische alkaliteitsverhoudingen zijn. Bij de beenziekten, veroorzaakt door het blauwgrashooi, en bij het verschijnsel der zure urine is het verband o.i. wel duidelijk. Bij de haemoglobinurie en de kopziekte voelen wij ons echter minder zeker. Wat de haemoglobinurie betreft, werd reeds in de inleiding gezegd, dat dit verschijnsel geenszins direct met de zure urine samenhangt, maar wellicht op giftige stoffen in het gras of op abnormale gistingen in het maagdarmkanaal zou kunnen berusten. Ook bij de kopziekte kunnen er giftige grasbestanddelen in het spel zijn. Voorts is het denkbaar, dat zich in het maagdarmkanaal door de excentrische alkaliteitsverhoudingen abnormale bacteriestammen ontwikkelen, wier toxische stofwisselingsproducten tot krampen aanleiding zouden geven.

Toch zullen de alkaliteitsverhoudingen, zoals zij in het jonge gras voorkomen, ongetwijfeld ook direct bevorderend op het ontstaan der kopziekte werken. De negatieve EA maakt, dat er een overmaat aan fosforzuur in de darm is, waardoor Ca en Mg gemakkelijk met de mest worden afgevoerd, zodat hun resorptie in het bloed wordt belemmerd. Wij herinneren er aan, dat een laag calciumgehalte en vooral een laag magnesiumgehalte van het bloed typische verschijnselen van de kopziekte zijn. Mogelijk wordt het neerslaan der phosphaten nog bevorderd door de hoge AA van het jonge gras. Voorts zou ook het hoge eiwitgehalte van het jonge gras een rol kunnen spelen, doordat het tot verhoogde ammoniakproductie in het maagdarmkanaal aanleiding zou kunnen geven, met de vorming van onoplosbaar tripelphosphaat (NH_4MgPO_4) als gevolg, hetgeen eveneens tot de lage Mg-spiegel in het bloed zou bijdragen. Ten slotte zouden ook de lage Ca/P-verhouding, de hoge K/Ca-verhouding en de hoge K/Mg-verhouding bevorderend op het ontstaan der kopziekte kunnen werken. SJOLLEMA²⁾ maakte indertijd reeds op de hoge K/Ca-verhouding in het gras van kopziekteweiden opmerkzaam. Meer dan tot dusverre hebben wij ons er evenwel rekenschap van te geven, dat verschuivingen in deze verhoudingen al of niet gepaard kunnen gaan met veranderingen in AA en EA en eventueel in TA, al naar gelang van de wijzigingen, die de zuren daarbij ondergaan. Belangrijk zal het dus zijn te onderzoeken de invloed van verhoging van K/Ca en K/Mg bij

¹⁾ J. MAREK, O. WELLMANN, Die Rhachitis, Pathologischer Teil (1931) 244.

²⁾ B. SJOLLEMA, Landbouwk. Tijdschr. 43 (1931) 793.

B. SJOLLEMA, Stoffwechselstörungen des Rindes (1933).

gelijkblijvende alkaliceitsverhoudingen en omgekeerd die van een wijziging der alkaliceitsverhoudingen bij gelijkblijvende K/Ca en K/Mg.

Ten slotte kan men zich afvragen of de AA in het gras van kopziekteweiden zò groot is, dat niet alleen de urine alkalisch wordt, maar dat ook de pH en (of) de alkalireserve van het bloed hoger worden. Pas wanneer deze laatste twee verschuivingen, afzonderlijk of gezamenlijk, in het bloed optreden, spreekt men van alkalose¹⁾. Alkalose nu kan inderdaad tot krampen aanleiding geven. Toch schijnt het niet waarschijnlijk, dat alkalose, als zoëven gedefinieerd, in belangrijke mate tot de kopziekteverschijnselen bijdraagt, omdat S_{JOLLEMA} uitdrukkelijk opmerkt, dat de pH en de alkalireserve van het bloed bij grastetanie normaal of nagenoeg normaal zijn.

Zelfs is het niet zò, dat alkalische urine een *conditio sine qua non* is voor het ontstaan van kopziekte. BREIREM c.s.²⁾ hebben nl. in Noorwegen bij stalvoeding een laag magnesiumgehalte van het bloed en krampen bij koeien waargenomen op rantsoenen, die zure urine deden produceren. Laag gehalte aan Mg van het voeder en tekort aan zetmeelwaarde schenen hier bij het ontstaan der hypomagnesaemie een belangrijke rol te spelen. Wederom blijkt dus, dat wij met een ingewikkeld vraagstuk te maken hebben. Het is thans wel duidelijk, dat men voor de verklaring van het ontstaan der tetanie niet met één enkele oorzaak uitkomt, zoals vitamine-D-gebrek, magnesiumtekort, kaliumvergiftiging³⁾, hoge K/Mg-verhouding, hoge K/Ca-verhouding, eiwit-overmaat, hoge alkali-alkaliteit, te lage aardalkali-alkaliteit. Veeleer denke men aan een combinatie van deze en wellicht nog onbekende factoren.

Wellicht kunnen de bovenstaande opmerkingen enige vingerwijzing geven bij het verdere onderzoek omtrent de grastetanie en omtrent een meer rationele bemesting van het weiland, zulks met het doel het uitbreken der ziekte zo veel mogelijk te voorkomen. Op deze plaats zullen wij ons echter niet verder in hypothetische beschouwingen verdiepen; er is over deze geheimzinnige ziekte reeds genoeg getheoretiseerd.

6. BESLUIT

Welke aspecten biedt onze studie nu met betrekking tot de haemoglobinurieweiden bij Hooghalen? Wij hebben reeds gezien, dat de minerale samenstelling van het gras dezer weiden op het eerste gezicht een gunstige indruk maakt. Weliswaar gaf dit gras in 1950 tot het lozen van zure urine aanleiding; maar niemand kan met zekerheid zeggen, dat dit schadelijk is. Er zou dan ook weinig reden zijn naar wijziging van de minerale samenstelling te streven, wanneer er zich tevens geen haemoglobinurie op deze weiden voordeed en wanneer ervaren oudere schrijvers de rantsoenen met een zuuroverschot niet als schadelijk beschouwden, zij het om andere redenen dan haemoglobinurie. KRONACHER⁴⁾ zegt in zijn boek: „Im allgemeinen scheint nur das eine festzustehen, dasz ein Überschutz der

¹⁾ E. BROUWER, Versl. landbk. Onderz. 41C (1935) 521; Tierernährung 7 (1935) 463.

²⁾ K. BREIREM, F. ENDER, K. HALSE, L. SLAGSVOLD, Acta Agr. Suecana 3 (1949) 89.

³⁾ J. VERDEYEN verdedigde nog kort geleden in een overigens lezenswaardig opstel de mening, dat het wezen der tetanie op de opneming van zò veel kalium zou berusten, dat de nieren bij de uitscheiding in gebreke zouden blijven. Voor de daaruit volgende ophoping van kalium in het lichaam worden echter onvoldoende bewijzen aangevoerd (Organization for European economic cooperation, Farm advisory methods for Grassland improvement (1950) 94).

⁴⁾ C. KRONACHER, Züchtungslehre, Berlin (1929) 305.

Basen über die Säuren in der Nahrung erforderlich ist". NILS HANSSON¹⁾ weer meent: „Lange Erfahrung hat auch gezeigt, dasz eine längere Zeit dauernde Fütterung mit Futtermitteln deren Asche sauer ist, ernste Schwierigkeiten mit sich bringen kann”.

Letterlijk genomen kunnen deze uitspraken niet voor het Drentse gras gelden, omdat de totaal-alkaliciteit hier vrij sterk positief was en er dus op papier geen sprake was van een zuuroverschot. Echter alleen maar op papier, want functioneel had dit gras wél een zuuroverschot, getuige de zure urine.

Voorts is het thans wel duidelijk, dat een aantal der bezwaren, welke de oudere schrijvers waarnamen, niet aan de zuurwerking van het voeder moet worden toegeschreven, maar aan kopergebrek, cobaltgebrek e.a., waarvan men toentertijd het bestaan nog niet kende. Wij denken hier b.v. aan de gevallen van likzucht en van kwijnen, die door IBELE²⁾ en door NILS HANSSON¹⁾ aan een gebrek aan base of aan een overschot aan zuur werden toegeschreven. Ook hebben wij reeds uiteengezet, dat haemoglobinurie als zodanig geenszins een direct gevolg van de uitscheiding van zure urine is.

Het is dus zeer de vraag of het enkele feit van de zure urine schadelijk is. Vermoedelijk moeten wij dit verschijnsel veeleer opvatten als een aanwijzing, dat er iets niet in orde is met de cultuurtoestand en met de bemesting van het land, waarop het haemoglobinuriegras groeit. Inderdaad heeft het Hooghalense haemoglobinurieland veel overlast van water. Voorts groeien er behalve *Deschampsia* tal van andere ongewenste planten. Wij merkten op: *Juncus*, *Spirea*, *Epilobium*, *Equisetum*, *Mentha* en *Caltha*. Ongetwijfeld is er dus bij dit land iets te verbeteren aan de ontwatering, wellicht ook aan de pH van de grond en aan de kalivoorziening. Het onderzoek van grondmonsters kan daarbij te hulp worden geroepen om te beoordelen hoe de bemesting moet zijn. Kan men het kaliumgehalte van het gewas door passende maatregelen verhogen, dan mag men verwachten, dat de alkali-alkaliciteit groter wordt en dat de beeldpunten in de diagrammen naar boven, dus naar het centrum, zullen verschuiven. Het ligt voor de hand, dat de urine daarna alkalisch zal reageren en de kans is groot, dat het euvel der haemoglobinurie dan tevens tot het verleden zal behoren.

7. SAMENVATTING

In de nabijheid van Hooghalen (D) komen weilanden voor, die tot het optreden van haemoglobinurie („bloedwateren”) en tot zure reactie der urine bij het grazende rundvee aanleiding geven. In hoeverre er een verband tussen deze beide verschijnselen bestaat, wordt in deze verhandeling buiten beschouwing gelaten.

Niettegenstaande de urine zuur was, bleek het gras in 1950 bij onderzoek een aanmerkelijk base-overschot te bevatten ($K + Na + Ca + Mg - P - S - Cl$, in milliaequivalenten per kg droge stof uitgedrukt). De zure reactie der urine kan hiermede dus niet worden verklaard.

Nu is bekend, dat de elementen Ca, Mg en P het lichaam der koe in hoofdzaak met de mest verlaten en derhalve van veel geringer belang voor de zuur-base-huishouding der dieren zijn dan de elementen K, Na, Cl en S, die in hoofdzaak met de urine worden verwijderd. Daarom werd ook de alkali-alkaliciteit ($K + Na - Cl - S = AA$) van het gras berekend. Deze bleek bij het merendeel der grasmonsters inderdaad negatief te zijn, waarmede een aannemelijke verklaring

¹⁾ N. HANSSON, Tierernährung 3 (1932) 137.

²⁾ I. IBELE, Mitt. d. Ver. z. Förderung d. Moorkultur 36 (1918) 14.

voor de zure reactie der urine is gevonden, al zijn verdere waarnemingen daarom niet overbodig. Weliswaar was de aardalkali-alkaliciteit ($\text{Ca} + \text{Mg} - \text{P} = \text{EA}$) vrij sterk positief, maar hiervan mag blijkens het bovenstaande slechts een geringe invloed op de urinereactie worden verwacht.

De alkali-alkaliciteit (AA) en de aardalkali-alkaliciteit (EA) dezer monsters werden vergeleken met die van een aantal andere gras- en hooimonsters, waarvan analysecijfers in de literatuur gevonden werden. Bij normaal gras en hooi bleken deze waarden tussen zekere grenzen te schommelen, die in de text provisoir zijn aangegeven. Bij gras en hooi echter, dat ongewenste verschijnselen bij het vee veroorzaakt, lagen AA en EA meestal buiten deze grenzen. Het aantal waarnemingen is echter niet groot genoeg om uit te maken of dit een algemene regel is.

Zoals was verwacht, waren de AA-waarden bij het gras, dat zure urine deed vormen, dooreengenomen aanmerkelijk lager dan die van normaal gras en hooi; de EA varieerde sterk, maar was bij het eerstbedoelde gras dooreengenomen iets hoger. In het gras van weilanden, waarop kopziekte (grastetanie) was voorgekomen, bleek de EA veel lager en de AA aanmerkelijk hoger te zijn dan in normaal gras. Diametraal daartegenover stond een monster blauwgrashooi met zeer lage AA en zeer hoge EA.

De som van AA en EA, die wij TA (totaal-alkaliciteit = base-overschot) zullen noemen, was bij het normale gras, het gras der kopziekteweiden en het hooi (het blauwgrashooi inbegrepen) ongeveer gelijk; bij het gras der haemoglobinurieweiden was TA duidelijk lager.

Zeer grote schommelingen werden waargenomen bij het verschil VA der alkaliteiten ($\text{VA} = \text{AA} - \text{EA}$). VA was namelijk zeer hoog (tot + 600 milliequivalenten per kg droge stof) bij het gras der kopziekteweiden. Bij de monsters uit Hooghalen was zij negatief (tot -600). Bij het blauwgrashooi werd zelfs de waarde -700 bereikt. Het is wel waarschijnlijk, dat dergelijke verschillen voor de stofwisseling niet zonder belang zijn, ook al blijven de pH en de alkaliereserve van het bloed normaal.

De positie, welke de monsters ten aanzien van AA, EA, TA en VA ten opzichte van elkaar innemen, werd in diagrammen overzichtelijk voorgesteld (alkaliteitsdiagrammen).

De besproken schommelingen in AA, EA, TA en VA worden uiteraard veroorzaakt door verschuivingen der minerale bestanddelen onderling. Zo werden b.v. grote verschillen aangetoond bij de K/Ca- en de K/Mg-verhouding. Bij het gras der kopziekteweiden waren zij zeer hoog, zoals trouwens al lang bekend was; het laagst waren zij bij het gras der haemoglobinurieweiden. Bij het hooi was de K/Mg-verhouding trouwens vrijwel even laag, de K/Ca-verhouding was hier dooreengenomen iets minder laag.

De betekenis van de lage waarde van EA en van de hoge waarden van AA, VA, K/Ca en K/Mg voor het ontstaan der kopziekte wordt besproken. Te veel heeft men tot nu toe de verhoudingen K/Ca en K/Mg op zich zelf beschouwd. Meer dan tot dusverre dienen wij ons er rekenschap van te geven, dat verschuivingen in de K/Ca-verhouding de K/Mg-verhouding enz. al of niet met verschuivingen in het alkaliteitssoort gepaard kunnen gaan, zulks al naar de aard der verschuivingen die er bij de andere minerale bestanddelen plaats vinden. Verder onderzoek is hier aangewezen.

Ten slotte worden maatregelen besproken, die tot verbetering van de minerale samenstelling van het gras der haemoglobinurieweiden bij Hooghalen kunnen voeren.

8. SUMMARY

ON THE ACID BASE BALANCES IN HAY, IN NORMAL GRASS AND IN GRASS GIVING RISE TO HEMOGLOBINURIA OR TO GRASS TETANY IN DAIRY CATTLE

The pastures of a territory in the vicinity of Hooghalen (province of Drente in the Netherlands) are causing hemoglobinuria in and acid urine reaction to grazing dairy cattle. In this report we do not enter into the question whether there is a relation between these two phenomena.

In 1950 the grass in this territory contained, despite the acid urine reaction, a considerable excess of base ($K + Na + Ca + Mg - Cl - P - S$ in milli-equivalents per kg of dry matter). Therefore, the acid urine reaction cannot be explained in this way.

It is however well known that the elements Ca, Mg and P are mainly excreted with the feces. Therefore, their influence on the acid-base balance in cows must be slighter than the one exerted by the elements K, Na, Cl and S, the latter being mainly excreted in the urine. We calculated therefore the alkali alkalinity ($K + Na - Cl - S = AA$) of the grass. This AA, as a matter of fact, was negative in most of the grass samples. Though further confirmation is desirable, it occurs to us that the AA affords a plausible explanation for the acid urine reaction. Actually the alkaline earth alkalinity ($Ca + Mg - P = EA$) proved to be rather pronounced, but this condition can be expected to have only a minor effect on the urine reaction.

The alkali alkalinity (AA) and alkaline earth alkalinity (EA) of these samples have been compared with the alkalinities of a number of other grass and hay samples of which the mineral composition had been published in other Netherland publications. In normal grass and hay the AA and EA values fluctuated between certain limits that have been tentatively described in the text. Of grass and hay, however, creating abnormal conditions in dairy cattle, the AA and EA were as a rule not confined within these limits. The number of observations, however, has been too small to arrive at the conclusion that it is the rule.

As had been anticipated, the AA values of the grass inducing acid urine reaction were considerably lower than of normal grass and hay; the EA values fluctuated a great deal, but in the grass quoted first they were somewhat higher on the average. In the samples from grass tetany inducing pastures, EA was much lower and AA considerably higher than in samples of normal grass. On the contrary, a sample of hay of inferior quality from a rough grazing was characterized by a very low AA and a very high EA.

The sum of AA and EA, to be designated as TA (total alkalinity = base excess), was about the same for normal grass as for the grass from tetany pastures and for the hay (including the hay from the rough grazing). In the grass from the hemoglobinuria pastures, however, TA was distinctly lower.

Very wide fluctuations were observed with the VA ($VA = AA - EA$). VA was namely very high (up to + 600 milli-equivalents per kg of dry matter) in the grass from tetany pastures. In the samples from the hemoglobinuria pastures inducing acid urine reaction VA was negative (to -600). In the grass from the rough grazing even a value of -700 was attained. Probably such big differences do not leave the metabolism of the animals undisturbed even if the blood pH and the alkali reserve do not exceed normal limits. The mutual position of the

samples with regard to AA, EA, TA and VA is visualized in graphs (alkalinity diagrams).

Of course the fluctuations of AA, EA, TA and VA originate from variations of the mineral constituents. As a matter of fact many fluctuations were found in the K/Ca and the K/Mg ratios. In the grass from the tetany pastures both of them were very high, a fact that has already been known for many years. The lowest values were found in the grass from the hemoglobinuria pastures. As for the hay, the K/Mg ratio was almost as low; the K/Ca ratio, however, was not quite as low as the one of the hemoglobinuria grass.

The consequences of the low EA values and high AA, VA values and K/Ca and K/Mg ratios to the development of grass tetany are discussed. In the past the K/Ca and K/Mg ratios have been studied too much segregately. More than before it should be realized that fluctuations of the K/Ca ratio, the K/Mg ratio etc. may or may not be accompanied by changes in the alkalinity diagrams, according to the nature of the fluctuations of the other mineral constituents. Therefore, a closer study of this subject seems highly desirable.

Finally, measures are discussed to improve the mineral composition of the Hooghalen hemoglobinuria pastures.