

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION HOORN.

VOORTGEZETTE PROEFNEMINGEN OVER INKUILEN ¹⁾,

DOOR

E. BROUWER.

(Ingezonden 1 September 1931.)

Inleiding.

In aansluiting aan onze proefnemingen omtrent hooiwinning en inkuiling ²⁾ werden op verzoek van één onzer Veevoederbureaux in de jaren 1927—'30 een vijftal proeven genomen, waarbij telkens twee verschillende, in de praktijk gebruikelijke methoden van inkuilen van gras met elkaar werden vergeleken; het onderzoek heeft dus betrekking op niet minder dan tien kuilen. Bij de ééne werkwijze werd buitenshuis een ondiep gat (± 50 cm) in den grond gegraven, waarin het gras werd gestort. Daarop werd het bovenvlak, zoowel als het boven den beganen grond uit stekende zijvlak der grasmassa, met aarde afgedekt (methode „in den grond” ³⁾). Bij de tweede werkwijze werd, eveneens buitenshuis, het gras op den vlakken bodem opgestapeld en de aardbedekking alléén op het bovenvlak aangebracht, zoodat het zijvlak onbedekt bleef (methode „op den grond”).

De hoeveelheid gras, welke in elken kuil werd gebracht, bedroeg 25 000 kg of iets minder. Weliswaar treft men in de praktijk wel grootere kuilen aan; de onze waren evenwel toch groot genoeg om er waardevolle conclusies uit te trekken.

Het doel der proeven was nl. om de verliezen, welke bij deze twee werkwijzen ontstaan, te bepalen en met elkaar te vergelijken, terwijl aldus onze vroegere uitkomsten tevens konden worden aangevuld en uitgebreid.

¹⁾ De belangrijkste der tabellen, welke bij dit opstel behooren, zijn in den text opgenomen, de minder belangrijke zijn aan het slot geplaatst. Wordt in dit opstel naar een der laatstgenoemde verwezen, dan is dit steeds te zien aan een sterretje, dat bij het tabelnummer is geplaatst, hetgeen het naslaan vergemakkelijkt. Tabel 2* is b.v. te vinden aan het slot, tabel 1 (zonder *) in den text.

²⁾ E. BROUWER, Versl. landbk. onderz., N^o. 32, 1927, blz. 69; N^o. 33, 1928, blz. 10; N^o. 35, 1930, blz. 5; Verslag Proefzuivelboerderij, 1926, blz. 41; 1927, blz. 1; 1929, blz. 1.

³⁾ De kuilen bevatten, overeenkomstig de praktijk, zóóveel gras, dat de hoopen voor een groot deel boven den beganen grond uitstaken, wanneer de aardbekleding in den winter was weggenomen.

Techniek van inkuilen.

Het gras voor deze proeven werd 's voorjaars in het gebruikelijke stadium gemaaid. Na het één à twee dagen (bij uitzondering ook iets langer of korter) te hebben laten verwelken werd het naar de kuilen gereden, waarbij er bij elke proef en op elken dag, dat er werd gekuild, voor werd gezorgd, dat de wagens om en om en in even groot aantal naar den kuil *in* den grond en naar den kuil *op* den grond werden gereden. Voor zoover mogelijk werd de alleronderste laag iets droger, de allerbovenste laag iets minder droog ingebracht dan de rest. Het optassen geschiedde op 3 à 7 dagen, telkens met een onderbreking van 2 à 3 (soms 1 of 4) dagen al naar gelang van het weer en de andere werkzaamheden, zooals in de praktijk gebruikelijk is, zoodat al het gras van één proef in den loop van ruim één week, of ook iets langer of korter, werd opgestapeld. De hoeveelheid gras was telkens bij beide kuilen practisch even groot en wisselde van proef tot proef tusschen rond 21 000 en 25 000 kg (zie ook tabel 1).

De vorm van alle kuilen was rond. De diepte van de gegraven kuilen bedroeg ongeveer 50 cm, de doorsnee \pm 5 m; de doorsnee van de kuilen *op* den grond was telkens ongeveer 50 cm grooter (zie tabel 1).

Vóór het opbrengen van de aarde werden de zijvlakken vrij kort afgeplukt, waarna dit materiaal boven op den hoop werd gelegd. In de praktijk steekt men de zijvlakken dikwijls af. Wij hebben dit niet gedaan, omdat wij dit een nadeel, zij het ook een klein nadeel, achten, daar bij de kuilen op den grond licht en lucht dan, naar het ons voorkomt, méér op het materiaal kunnen inwerken. Beperkt men zich tot afplukken, dan behoudt men een vrij losse, beschermende laag, waardoor de vochtverdamping aan het oppervlak ongetwijfeld wordt tegengegaan, zoodat het gras hier minder uitdroogt en bederf zal worden beperkt. Dit alles geldt natuurlijk vooral voor kuilen, welke den geheelen zomer aan zon en droogte zijn blootgesteld; minder voor herfstkuilen.

De aardbedekking, wier dikte \pm 60 cm bedroeg, werd aangebracht, wanneer de kuilen na verloop van enkele dagen na het optassen van het laatste gras, flink bezakt waren, en wel éérs op het bovenvlak; nog iets later werden ook de zijvlakken afgedekt (zooals gezegd, dit laatste alléén bij de ingegraven kuilen). Bij de kuilen op den grond werd het afglijden der aarde voorkomen door op den rand van elken hoop een ring van loodrecht staande plankjes te plaatsen, welke door twee metalen banden, één onder en één boven, werden saamgehouden. Spleten, welke gedurende den zomer af en toe in de aardbedekking ontstonden, werden geregeld dichtgetrapt.

In den daaropvolgenden winter werd het materiaal vervoederd. Daar wij in vorige jaren daarbij, ondanks het gebruik van een zeil, af en toe overlast van regenwater hadden gehad, kregen wij van het Bestuur der Proefzuivel-

TABEL. 1.

Overzicht der kuilen.

	Proef N ^o . 1 1927—'28.		Proef N ^o . 2 1928—'29.		Proef N ^o . 3 1928—'29.		Proef N ^o . 4 1929—'30.		Proef N ^o . 5 1929—'30.	
	1. in den grond	2. op den grond	3. in den grond	4. op den grond	5. in den grond	6. op den grond	7. in den grond	8. op den grond	9. in den grond	10. op den grond
Kuil N ^o	18, 19, 21, 23, 25, 27 Mei	18, 19, 21, 23, 25, 27 Mei	24, 25, 29, 31 Mei, 2 Juni	24, 25, 29, 31 Mei, 2 Juni	26, 30 Mei, 1, 4 Juni	26, 30 Mei, 1, 4 Juni	11, 12, 14, 15 Juni	11, 12, 14, 15 Juni	28, 30 Mei, 1, 5, 7, 8, 10 Juni	28, 30 Mei, 1, 5, 7, 8, 10 Juni
Gras ingekuuld.....	5,00 m	5,50 m	4,90 m	5,25 m	4,80 m	5,20 m	4,70 m	5,20 m	4,70 m	5,25 m
Doorsnede van den kuil...	0,60 m	—	0,50 m	—	0,50 m	—	0,50 m	—	0,50 m	—
Diepte van den kuil.....	21 360 kg	21 388 kg	25 049 kg	24 923 kg	24 372 kg	24 357 kg	22 242 kg	22 272 kg	25 313 kg	25 388 kg
Hoeveelheid ingebracht gras	23,08 %	22,93 %	23,19 %	23,18 %	24,11 %	24,01 %	27,55 %	27,36 %	24,71 %	24,07 %
Droge-stof-gehalte	47° C	49° C	47° C	47° C	49° C	47° C	64° C	68° C	51° C	51° C
Hoogste tempera- tuur in het centrum	47° C	55° C	41° C	40° C	43° C	43° C	51° C	48° C	53° C	57° C
Opening van den kuil ...	31 Jan.	3 Dec.	10 Apr.	4 Mrt.	5 Jan.	1 Dec.	17 Mrt.	4 Febr.	7 Jan.	5 Dec.
Hoeveelheid bruikbaar gras	17 877 kg	16 346 kg	18 217 kg	16 769 kg	18 965 kg	16 511 kg	18 495 kg	14 250 kg	19 951 kg	16 010 kg
Droge-stof-gehalte... ..	21,63 %	21,52 %	23,17 %	24,15 %	23,80 %	23,77 %	26,69 %	27,49 %	25,44 %	26,32 %
Hoeveelheid afval.....	457 kg	1106 kg	932 kg	1291 kg	581 kg	1645 kg	837 kg	1922 kg	704 kg	1769 kg

(3) C. C.

boerderij de beschikking over een metalen kap, welke pas bij de opening over den kuil werd geplaatst. Deze kap kon omhoog worden gedraaid, waarvan telkens bij het uitnemen van gras gebruik werd gemaakt; daarna werd zij telkens weer neergedraaid. Deze wijze van werken was afdoende voor het omzeilen van de zoeven gesignaleerde moeilijkheid; voor de praktijk is zij natuurlijk overbodig.

In elken hoop werden bij het optassen twee metalen buizen gelegd; één beneden het midden en één daarboven. Hierin werd de temperatuur regelmatig opgenomen. Bovendien werden, om de omzettingen in het inwendige der hoopen na te gaan, in elken hoop een zestal zakjes met afgewogen inhoud gelegd, verdeeld over twee niveaux.

Monsterneming en analyse.

Monsterneming. Hieraan werd groote zorg besteed. Geen wagen is in de kuilen gereden zonder dat er op een systematische wijze een groot aantal greepjes gras uit werd genomen. Het aldus op een dag verzamelde gras werd snel gehakseld, waarop een submonster werd getrokken, dat telkens binnen enkele uren bij 60 à 70° C werd gedroogd, waarna het werd gemalen. Aldus werden van elken hoop een vrij groot aantal luchtdroge monsters verkregen, waarvan aliquote deelen werden gemengd om naderhand geanalyseerd te worden.

Bij het ledigen der kuilen in den winter vond de bemonstering van elken kuil op twee verschillende wijzen plaats; wij namen nl.:

a. Boormonsters. Allereerst werd een boormonster van de bovenlaag genomen. Was deze laag opgevoerd, dan werd de middenlaag aangeboord en wanneer deze op haar beurt was weggenomen, de onderlaag. Het spreekt vanzelf, dat elk dezer drie monsters zoo spoedig mogelijk werd gedroogd en vermalen;

b. Greepjesmonsters. Op elken dag, dat er uit de kuilen gras werd gehaald, werd uit dit laatste een groot aantal greepjes genomen, welke werden gehakseld, waarop er een submonster van passende grootte uit werd getrokken, dat werd gedroogd. Het aldus verkregen luchtdroge materiaal werd in een schaal verzameld, totdat de bovenlaag van den kuilhoop, overeenkomende met de onder *a.* genoemde bovenlaag, was opgevoerd; daarna werd gemalen. Op dezelfde wijze werden monsters van de middenlaag en van de onderlaag genomen.

In totaal (*a.* + *b.*) werden dus ten slotte van elken hoop zes monsters verkregen, twee aan twee betrekking hebbende op dezelfde laag. Het droge-stof-

gehalte van deze dubbelmonsters liep dikwijls iets uiteen; wij hebben ons er echter, zoowel bij deze proef als bij onze oudere proeven, van overtuigd, dat geen systematische verschillen konden worden geconstateerd. Ook wanneer de droge-stof-bestanddeelen werden bepaald, konden wij geen duidelijke systematische verschillen waarnemen, welke ons bij dergelijke onderzoeken zoo dikwijls parten kunnen spelen. Derhalve hebben wij het geoorloofd geacht van de zes monsters van elken kuil aliquote deelen te mengen voor de definitieve analyse, behalve bij de eerste proef, waar alle monsters afzonderlijk werden onderzocht.

Zoals gezegd kwamen in elken hoop bij het optassen op twee niveaux telkens drie zakjes, elk met 2 (zeer enkele malen $1\frac{1}{2}$) kg materiaal. Daar steeds twee hoopen tegelijkertijd werden opgebouwd, werden telkens zes zakjes op éénmaal gevuld, voor elken hoop drie; één daarvan werd in het midden van den hoop gelegd, de overige twee tegenover elkaar op $1\frac{1}{2}$ m van den kant. De gezamenlijke inhoud der zes zakjes werd afzonderlijk (natuurlijk vóór de vulling) bemonsterd. Bij het uitnemen moest natuurlijk telkens de gezamenlijke inhoud van de drie zakjes uit elk niveau en uit elken kuil afzonderlijk worden bemonsterd. Aldus konden ook hier verliescijfers worden bepaald, waarbij wij ons voor deze proeven tot de droge stof beperkten. De verliescijfers in de geheele hoopen eenerzijds en die in de zakjes anderzijds, werden dus volmaakt onafhankelijk van elkaar bepaald.

Analyse. Hiervoor kunnen wij naar onze vroegere verslagen verwijzen. Wij herinneren eraan, dat de bij het drogen vervluchtigde vetzuren als zetmeelachtige stof in rekening werden gebracht, de ammonia als vocht.

Verder werd ook hier zoo goed mogelijk op finesses gelet, in het bijzonder bij de ruwe celstof, waarbij de analysefouten vrij groot kunnen zijn. Werd b.v. ruwe celstof bepaald in het uitgebrachte gras, dan werd tegelijkertijd en door denzelfden persoon ook ruwe celstof bepaald in het ingebrachte gras van denzelfden kuil. De dubbelanalyse werd op dezelfde wijze uitgevoerd, maar door een anderen persoon. Men voelt, dat op deze wijze systematische analysefoutjes geen invloed kunnen uitoefenen op de cijfers, welke de qualiteitsveranderingen gedurende het inkuilen aangeven en dit was voor ons een belangrijk punt. Overigens zullen wij den lezer niet verder met dergelijke bijzonderheden vermoeien.

Vergelijking van het opgetaste materiaal.

Zoals gezegd werd ervoor gezorgd, dat in de ingegraven kuilen bij elke proef even veel gras kwam als in de niet-ingegraven kuilen. Dat dit inderdaad het geval was kan blijken uit tabel 1.

Ook de samenstelling stemde zoo goed overeen als men slechts kan wenschen, zooals uit tabel 2*, 3* en 4 volgt. De eerste twee regels uit de laatstgenoemde tabel geven de gemiddelden weer.

Qualiteit van het verkregen ingekuilde gras.

Na de ervaringen, welke wij in den loop der jaren bij het inkuilen hebben opgedaan, bleken alle kuilen goed te zijn geslaagd. De afval aan de kanten bedroeg slechts enkele centimeters; bij de ingegraven kuilen (vooral aan het beneden den beganen grond liggende deel) iets minder dan bij de niet-ingegraven kuilen. Het bruikbare materiaal zelf was als regel zoet, hier en daar ook wel iets zuur, vooral de onderste laag, die ook wel stinkend kon zijn.

In de nevenstaande tabel 4 (overgenomen uit tabel 2* en 3*) zijn naast elkaar geplaatst de gemiddelde samenstelling van het gras, zooals het *in* de kuilen werd gebracht en die van het materiaal, zooals het er weer werd uitgenomen.

Het gehalte aan *droge stof* is in de kuilen in den grond procentsgewijs iets afgenomen, in de kuilen op den grond iets toegenomen. Dit wil zeggen, dat uit de kuilen op den grond iets méér vocht is uitgeperst en verdampt dan uit die in den grond, hetgeen wel zonder meer begrijpelijk zal zijn.

Het gehalte der droge stof aan *droge-stof-bestanddeelen* is natuurlijk gedurende de inkuiling gewijzigd en wel als volgt:

<i>Eiwitachtige stof</i>	1,5 %	afgenomen.
<i>Vetachtige stof</i>	1,5 %	toegenomen.
<i>Zetmeelachtige stof</i>	5,8 %	afgenomen.
<i>Ruwe celstof</i>	± 4 %	toegenomen.
<i>Minerale bestanddeelen</i>	1,9 %	toegenomen.
<i>Werkelijk eiwit</i>	3,0 %	afgenomen.
<i>Verteerbare eiwitachtige stof</i>	3,5 %	afgenomen.
<i>Verteerbaar werkelijk eiwit</i>	4,9 %	afgenomen.

Wij merken hierbij op, dat deze uitkomsten goed overeenstemmen met die, welke vroeger door ons werden verkregen ¹⁾.

Vergelijking van de kwaliteit der eindproducten. De omzettingen in het inwendige der kuilen zelve (dus de kantafval buiten beschou-

¹⁾ BROUWER, Versl. landbk. onderz., N^o. 35, 1930, blz. 5; Versl. Proefzuivelboerderij, 1929, blz. 1.

TABEL 4.

Gemiddelde samenstelling van het opgetaste en uitgenomen materiaal.

	Droge stof (%)	Samenstelling der droge stof (%)							Verteerb. werk. eiwit.
		Eiwit-achtige stof ¹⁾	Vet-achtige stof.	Zetmeel-achtige stof.	Ruwe celstof.	Min. bestand-deelen.	Werk. eiwit.	Verteerb. eiwit-achtige stof ¹⁾	
Kuilen in den grond, opgetast	24,53	14,5	3,5	46,8	24,4	10,8	11,0	11,6	8,1
Kuilen op den grond, opgetast.....	24,31	14,6	3,5	46,9	24,2	10,8	11,1	11,8	8,2
Kuilen in den grond, opgetast	24,53	14,5	3,5	46,8	24,4	10,8	11,0	11,6	8,1
Kuilen in den grond, uitgenomen	24,15	13,1	5,0	41,1	28,0	12,8	8,0	8,4	3,3
Kuilen op den grond, opgetast.....	24,31	14,6	3,5	46,9	24,2	10,8	11,1	11,8	8,2
Kuilen op den grond, uitgenomen	24,65	13,0	5,0	41,0	28,5	12,6	8,1	8,1	3,2
Kuilen in den grond, uitgenomen	24,15	13,1	5,0	41,1	28,0	12,8	8,0	8,4	3,3
Kuilen op den grond, uitgenomen	24,65	13,0	5,0	41,0	28,5	12,6	8,1	8,1	3,2

¹⁾ De ammonia in het ingekuilde gras niet inbegrepen; bij het versche gras is deze correctie verwaarloosd.

wing gelaten) gingen in beide gevallen nagenoeg even ver. De samenstelling van het verkregen ingekuilde gras verschilde dan ook niet noemenswaard (zie tabel 2*, 3* en 4). Het grootste verschil zien wij nog bij de ruwe celstof; het gehalte (in de droge stof) was bij de kuilen op den grond namelijk 0,5 % hooger. Dit is begrijpelijk, daar deze kuilen het meest aan atmosferische invloeden blootstonden en het meeste vocht (met daarin opgeloste bestanddeelen) hadden verloren. Het gevonden verschil is echter zóó onbeteekeend, dat wij voor de praktijk kunnen concludeeren, dat de kwaliteit van het ingekuilde product (dus niet de quantiteit!) bij zorgvuldige inkuiling *in* den grond en bij zorgvuldige inkuiling *op* den grond niet noemenswaard verschilt. Wij merken echter nog op, dat het materiaal onder in de ingegraven hoopen dikwijls min of meer zuur is.

In- en uitgewogen hoeveelheden gras; afval.

In onderstaande tabel zijn tegenover elkaar geplaatst de hoeveelheden gras, welke in de kuilen werden gebracht, alsook die, welke er in den winter weer uit werden genomen.

TABEL 5.

Opgetaste en uitgewogen hoeveelheden gras.

	Opgetast gras (kg).	Uitgewogen bruikbaar materiaal (kg).	Kantafval (kg).
Proef N ^o . 1 { kuil <i>in</i> den grond	21 360	17 877 = 84 %	457 = 2 %
{ kuil <i>op</i> den grond	21 388	16 346 = 76 %	1106 = 5 %
Proef N ^o . 2 { kuil <i>in</i> den grond	25 049	18 217 = 73 %	932 = 4 %
{ kuil <i>op</i> den grond	24 923	16 769 = 67 %	1291 = 5 %
Proef N ^o . 3 { kuil <i>in</i> den grond	24 372	18 965 = 78 %	581 = 2 %
{ kuil <i>op</i> den grond	24 357	16 511 = 68 %	1645 = 7 %
Proef N ^o . 4 { kuil <i>in</i> den grond	22 242	18 495 = 83 %	837 = 4 %
{ kuil <i>op</i> den grond	22 272	14 250 = 64 %	1922 = 9 %
Proef N ^o . 5 { kuil <i>in</i> den grond	25 313	19 951 = 79 %	704 = 3 %
{ kuil <i>op</i> den grond	25 388	16 010 = 63 %	1769 = 7 %

Waren blijkens het voorgaande hoofdstuk de qualiteitsverliezen ongeveer gelijk, bij de quantitatieve vergelijking der kuilen is dit geheel anders. Gelijk men ziet, was in de kuilen op den grond de hoeveelheid bruikbaar materiaal aanzienlijk kleiner dan in de kuilen in den grond; het verschil bedroeg bij de

achtereenvolgende proeven: 8, 6, 10, 19 en 16 %. Gemiddeld werd in de kuilen in den grond 79,4 % bruikbaar materiaal teruggevonden, in de kuilen op den grond slechts 67,6 %; het verschil bedraagt dus rond 12 %.

De hoeveelheid afval was klein, maar bij de kuilen op den grond regelmatig enkele procenten grooter. Uit de tabel blijkt verder ten duidelijkste, dat de hoeveelheid afval geen maat is voor de totale verliezen; deze zijn véél grooter, zooals eveneens bij een vroeger onderzoek werd opgemerkt.

Verliezen aan droge stof.

Uit de tabel 6 blijkt zonder meer, dat de verliezen aan droge stof bij de kuilen in den grond niet onaanzienlijk kleiner waren dan bij die op den grond. Gemiddeld bedroeg het verlies aan droge stof bij de eerste 22,1 %, bij de laatstgenoemde niet minder dan 31,6 %, het verschil bedroeg dus 9,5 %. Bezien wij de verliescijfers nader, dan blijkt, dat die van de kuilen op den grond slechts weinig uiteenloopen, die van de kuilen in den grond eveneens, op één uitzondering na. Het gemiddelde verliescijfer: 22 % komt redelijk goed overeen met dat, verkregen bij een vroeger onderzoek van 5 kuilen in den grond, nl. 19 %¹⁾, vooral als men bedenkt, dat er bij de laatste twee waren, waarbij

TABEL 6.

Verliezen aan droge stof in de kuilen.

	Opgetaste droge stof (kg).	Uitgewogen bruikbare droge stof (kg).	Verlies (kg en pct).	Droge stof (pct) van het gras bij vuling van den kuil.	Droge stof (pct) van het gras bij lediging van den kuil.
Proef N ^o . 1 { kuil <i>in</i> den grond	4930	3866	1064 = 21,6 %	23,1	21,6
{ kuil <i>op</i> den grond	4905	3517	1388 = 28,3 %	22,9	21,5
Proef N ^o . 2 { kuil <i>in</i> den grond	5809	4221	1588 = 27,3 %	23,2	23,2
{ kuil <i>op</i> den grond	5776	4050	1726 = 29,9 %	23,2	24,2
Proef N ^o . 3 { kuil <i>in</i> den grond	5875	4514	1361 = 23,2 %	24,1	23,8
{ kuil <i>op</i> den grond	5849	3925	1924 = 32,9 %	24,0	23,8
Proef N ^o . 4 { kuil <i>in</i> den grond	6127	4936	1191 = 19,4 %	27,6	26,7
{ kuil <i>op</i> den grond	6094	3917	2177 = 35,7 %	27,4	27,5
Proef N ^o . 5 { kuil <i>in</i> den grond	6255	5076	1179 = 18,9 %	24,7	25,4
{ kuil <i>op</i> den grond	6110	4214	1896 = 31,0 %	24,1	26,3

¹⁾ BROUWER, Versl. landbk. onderz., N^o. 35, 1930, blz. 5; Verslag Proefzuivelboerderij, 1929, blz. 1.

de verliescijfers wellicht iets te laag waren gevonden, doordat er misschien na het openen iets regenwater in den kuil was gekomen. Daar staat echter tegenover, dat één der kuilen in die serie had geleden door het insiepelen van water gedurende den zomer door holle ligging van het bovenvlak en vermoedelijk daardoor een hoog verliescijfer gaf te zien. Het gemiddelde verlies aan droge stof bij al deze 10 kuilen in den grond bedroeg $20,4 \pm 1,46$ %. Deze cijfers hebben overigens een betrekkelijke beteekenis, omdat het verliescijfer natuurlijk in hooge mate afhangt van de zorgvuldigheid, waarmede wordt gewerkt. In de praktijk zal men zeker veelal iets hooger uitkomen dan wij. Onze conclusie is derhalve, dat bij het maken van een graskuil in het *voorjaar* de methode „op den grond” moet worden afgeraden, omdat hierbij ook bij zorgvuldig werken ongeveer $\frac{1}{3}$ van de droge stof verloren gaat. Maakt men echter op deze wijze een kuil in den herfst, dan zal het verlies vrij zeker ietwat kleiner zijn, zoodat onze slotsom niet zonder meer mag worden overgedragen op een kuilhoop, welke in dat jaargetijde wordt gebouwd. Verder blijkt uit ons onderzoek, dat bij een voorjaarskuil, zorgvuldig gemaakt volgens de methode „in den grond”, het verlies aan droge stof tot $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{4}$ (ongeveer 20 à 25 %) kan worden beperkt.

Het spreekt vanzelf, dat deze cijfers aan wisseling onderhevig zijn. Behalve van de zorgvuldigheid waarmede wordt gewerkt, hangen zij natuurlijk af van het losser of vaster opstapelen van den hoop, alsook van de grootte van den kuil, in verband met den relatief geringeren kantafval bij grootere kuilen, enz. Verder bestaat er hoogstwaarschijnlijk verband tusschen het verliescijfer en het vochtgehalte van het materiaal. Uit de tabel ziet men b.v. direct, dat bij de kuilen *op den grond* de verliezen grooter zijn, naarmate het percentage aan droge stof toeneemt; bij de kuilen *in den grond* ziet men een tendenz in tegengestelde richting, maar zeer duidelijk is dit toch niet. Een verder onderzoek zou zeker belangwekkend kunnen zijn, vooral in verband met de hieronder volgende beschouwingen omtrent de verliescijfers in de zakken.

Zooals gezegd waren in elken kuil zes zakjes met afgewogen inhoud gelegd, verdeeld over twee niveaux. De verliezen, hiermede bepaald (tabel 7), loopen, evenals vroeger, aanzienlijk uiteen, wat wederom een bewijs is voor de stelling, dat het bepalen van de verliezen in een kuilhoop met behulp van één of van enkele zakken, zooals zoo dikwijls (ook in ons land) is geschied, niet de minste beteekenis heeft, zelfs tot volkomen foutieve conclusies kan voeren.

Vergelijken wij de verliescijfers in de zakken uit de ingegraven en niet-ingegraven kuilen, dan ziet men, dat deze geen systematische verschillen vertoonen. Het gemiddelde bedroeg bij de kuilen in den grond 14,8 %, bij de kuilen op den grond 14,0 %, dus, gezien de groote schommelingen, practisch

TABEL 7.

Verliezen (in pct.) aan droge stof in de zakken met ingekuuld gras.

		Kuil <i>in</i> den grond.	Kuil <i>op</i> den grond.	Droge-stof-gehalte in de zakken (%).			
				Kuil <i>in</i> den grond		Kuil <i>op</i> den grond	
				bij vulling.	bij lediging.	bij vulling.	bij lediging.
Proef N ^o . 1	{ bovenste zakken	26	20	20,9	19,0	22,1	20,8
	{ onderste zakken	19	15	22,0	21,7	19,2	21,2
Proef N ^o . 2	{ bovenste zakken	12	12	23,1	22,3	23,1	22,6
	{ onderste zakken	27	27	22,5	22,1	22,5	22,7
Proef N ^o . 3	{ bovenste zakken	13	13	22,9	22,1	22,9	21,9
	{ onderste zakken	13	13	27,2	26,0	27,2	25,8
Proef N ^o . 4	{ bovenste zakken	6	10	23,7	22,9	23,7	23,0
	{ onderste zakken	5	8	31,3	30,2	31,3	30,2
Proef N ^o . 5	{ bovenste zakken	13	11	27,2	25,1	27,2	26,7
	{ onderste zakken	14	11	26,7	26,2	26,7	27,1

even veel. Ook hier komen wij dus tot de slotsom, dat de omzettingen in het *inwendige* van den hoop bij de beide door ons gevolgde methoden van inkuilen, mits goed uitgevoerd, praktisch gelijk zijn.

De zoeven genoemde cijfers komen weer vrij goed overeen met die, gevonden in de zakken uit de vijf vroeger onderzochte ingegraven kuilen; het toen gevonden gemiddelde bedroeg namelijk 17,3 %. In het geheel werden door ons in 15 kuilen buitenshuis (op en in den grond) 31 stellen, elk van 3 zakken, onderzocht. Het generale gemiddelde verliescijfer bedroeg $15,4 \pm 1,3\%$. De betrekkelijke waarde, ook van deze uitkomst, behoeven wij zeker niet wederom in het licht te stellen.

In ons vroeger verslag hadden wij gelegenheid er op te wijzen, dat de omzettingen in het inwendige der drogere kuilen dooreengenomen kleiner waren dan die in de nattere kuilen. Ook thans werd in beginsel hetzelfde gezien, zij het weer met grove en op het oog onverklaarbare uitzonderingen. Beschouwen wij eens eenerzijds de stellen zakken, waarin het droge-stof-gehalte bij vulling minder dan 25 %, en anderzijds die, waarin dit méér dan 25 % bedroeg. Bij de eerste was het verlies gemiddeld 17 %, bij de laatste gemiddeld 11 %. Er schijnt dus een negatieve correlatie tusschen het droge-stof-gehalte en het verliespercentage te bestaan.

Om op dit punt tot een nauwkeuriger gedefinieerde conclusie te geraken moeten wij het cijfermateriaal verder uitbuiten en daarvoor gebruiken wij den correlatiecoëfficiënt. Deze bleek te bedragen:

$$r = -0,58.$$

Aan hetzelfde onderzoek onderwierpen wij de zooveen genoemde 11 stellen zakken uit onze vroegere publicatie. Hier werd gevonden:

$$r = -0,41,$$

hetgeen dus vrij goed met het bovenstaande overeenkomt.

Thans beschouwen wij nog de verliescijfers en het droge-stof-gehalte in alle 31 stellen zakken. Hier leverde de becijfering op:

$$r = -0,501 \pm 0,135^1).$$

De negatieve correlatie tusschen droge-stof-percentages bij vulling en het verliescijfer in de zakken is dus wezenlijk. M.a.w., kuilt men het gras droger in, dan zijn de omzettingen in het inwendige van den kuil en de verliezen door het uitpersen van vocht met daarin opgeloste bestanddeelen gemiddeld kleiner. Men bedenke echter, dat bij droog materiaal de zijanten méér voor schimmel en bederf toegankelijk worden en dat bij onvoldoenden druk gemakkelijker een overmatige broei kan intreden. Bij kuilen op den grond schijnt alleen reeds de eerstgenoemde dezer twee factoren, blijkens hetgeen vroeger werd opgemerkt, het voordeel van droge inkuiling zelfs te overvleugelen. Ook moet men nog de respiratieverliezen op het veld in aanmerking nemen, welke bij kort liggen van het gras niet groot zijn, maar die toch aanzienlijk kunnen worden, wanneer het materiaal meer dan enkele dagen blijft liggen. In elk geval is het af te keuren het gras nat van regen of dauw te maaien en zóó in te kuilen. Ook bij droog gemaaid gras geven wij voor ons, althans bij inkuiling in den grond, er de voorkeur aan het 1 à 2 dagen te laten verwelken, temeer daar hierdoor in den regel een smakelijker voeder wordt verkregen; bij nat gras heeft men méér kans op een stinkend product. Wij geven echter toe, dat de hiervóór vermelde totale verliescijfers, betrekking hebbende op de ingegraven kuilen, niet geheel voldoende waren om onze handelwijze volkomen te rechtvaardigen.

Verdere beschouwingen omtrent de verliescijfers in de zakken.

In dit hoofdstuk zullen wij, aansluitende aan het voorafgaande kapittel, het verband tusschen het droge-stof-gehalte en de gevonden verliescijfers

¹⁾ Wij geven, als altijd, de middelbare afwijking aan.

der zakken in wiskundige formules nader vastleggen. Daar ons bij vroegere gelegenheden is gebleken, dat niet alle lezers belangstelling voor dergelijke beschouwingen hebben, zijn deze laatste in een afzonderlijk hoofdstuk ondergebracht, dat desgewenscht kan worden overgeslagen.

Gewoonlijk gaat men bij de formuleering der uitkomst van dergelijke proefnemingen niet verder dan het berekenen van den correlatiecoëfficiënt, zooals hiervóór is gedaan. Evenwel, deze is op zichzelf weinig „tastbaar”. Wij willen daarom nog de regressielijn berekenen. Wij denken ons van al de 31 stellen zakken het droge-stof-gehalte op de X-as, het verliescijfer op de Y-as van een rechthoekig coördinatenstelsel uitgezet. De regressielijn denken wij ons in den vorm:

$$Y = a_1 (x - \bar{x}) + \bar{y},$$

waarin \bar{x} het gemiddelde van de droge-stof-gehalten, \bar{y} dat van de verliescijfers aangeeft. Daar de analysefouten in de abscissen klein, de schommelingen in de verliescijfers (hier niet te verwisselen met analysefouten!) groot zijn, kunnen wij in het volgende steeds de gewone methode der kleinste quadraten toepassen. Aldus werd gevonden:

$$Y = -0,9303 (x - 24,3) + 15,4,$$

$$a_1 = -0,93 \pm 0,30, \bar{y} = 15,4 \pm 1,1.$$

Deze lijn is geteekend in fig. 1. Voor elk procent, dat het droge-stof-gehalte in de zakken grooter is, wordt het verlies dus 0,93 % kleiner. Bij 24,3 % (d.i. \bar{x}) droge stof bedraagt het gemiddelde verlies: 15,4 % (d.i. \bar{y}). Ware de regressie volkomen rechtlijnig, dan zou de regressielijn de X-as snijden bij $X = 40,9$. Bij 40,9 % droge stof zou dus geen verlies meer intreden. Dit is natuurlijk onjuist, zooals ten overvloede blijkt uit de vroeger bepaalde verliescijfers in nog vier andere, in dit opstel nog niet vermelde stellen zakken¹⁾ met zeer hoog droge-stof-gehalte (zie fig. 1). Men zou hieruit kunnen concludeeren, dat de gevonden waarde voor den regressiecoëfficiënt, nl. $-0,93$, te laag is. Gezien de aanzienlijke grootte der middelbare afwijking is dit niet onmogelijk; maar het moet tenminste even waarschijnlijk worden geacht, dat de regressie niét volkomen rechtlijnig is en dit is dan ook de reden, dat wij bij voorbaat de extreem hoge droge-stof-percentages bij het tot dusver gevolgde regressie-onderzoek hebben uitgeschakeld.

¹⁾ De kuil, waarin deze zakken lagen, bevond zich onder dak, wat op de verliescijfers in de zakken wel niet van veel invloed zal zijn. Zie ook de meermalen aangehaalde vroegere verhandeling.

Het is niet moeilijk het materiaal van alle 35 stellen zakken, dus die met hoog droge-stof-gehalte inbegrepen, uit te buiten onder gebruikmaking van een parabolische regressielijn van den vorm:

$$Y = b_1 x^2 + b_2 x + b_3.$$

Aldus werd gevonden:

$$Y = 0,0232 x^2 - 2,012 x + 50,39.$$

Ook deze lijn is geteekend in fig. 1. Men ziet, dat zij in het gebied der zakken met laag droge-stof-gehalte den loop der rechte regressielijn zeer fraai volgt, maar bovendien, dat zij eveneens goed aansluit bij de waarnemingen in de zakken met hoog droge-stof-gehalte. Tegen de verwachting gaat de lijn geheel rechts naar boven, wat echter, gezien het geringe aantal waarnemingen aldaar, niet wezenlijk behoef te zijn ¹⁾.

Op bovenstaande wijze hebben wij drie constanten (b_1 , b_2 en b_3) noodig om het beloop der regressie in het gebied der waarnemingen op bevredigende wijze te karakteriseeren. De formule heeft echter een louter empirisch karakter, hetgeen dus wil zeggen, dat aan de constanten b geen diepere beteekenis toekomt. Wij hebben daarom getracht tot een nog eenvoudiger formule met minder constanten te komen, door in deze formule tegelijkertijd een weinig „theorie” op te nemen, maar ook niet meer dan een spoor.

Vraagt men zich af, op welke wijze de omzettingen in den kuilhoop en de verliezen door uitpersen van vocht van het watergehalte van het materiaal afhankelijk zijn, dan ligt het voor de hand in eerste instantie aan te nemen, dat zij recht evenredig zijn met het percentage aan vocht, dus met $100 - x$, als x weer het percentage aan droge stof voorstelt; zij zijn dus gelijk aan k ($100 - x$). Voor het verliespercentage vindt men derhalve:

$$Y = 100 k \frac{100 - x}{x}, \text{ of, } 100 k = K \text{ stellende:}$$

$$Y = K \frac{100 - x}{x},$$

¹⁾ De ligging der parabool blijkt duidelijker, wanneer wij haar op den volgenden vorm brengen:

$$Y = c_1 (x - c_2)^2 + c_3, \text{ of}$$

$$Y = 0,02316 (x - 43,45)^2 + 6,67.$$

In deze formule geeft c_2 de abscis, c_3 de ordinaat van den top aan, terwijl c_1 een maat is voor de stijging links en rechts van den top.

Natuurlijk kan men de parabool ook op den gebruikelijken vorm brengen en vindt dan:

$$(x - c_2)^2 = \frac{1}{c_1} (Y - c_3),$$

de parameter is dus: $\frac{1}{2c_1} = 21,59$.

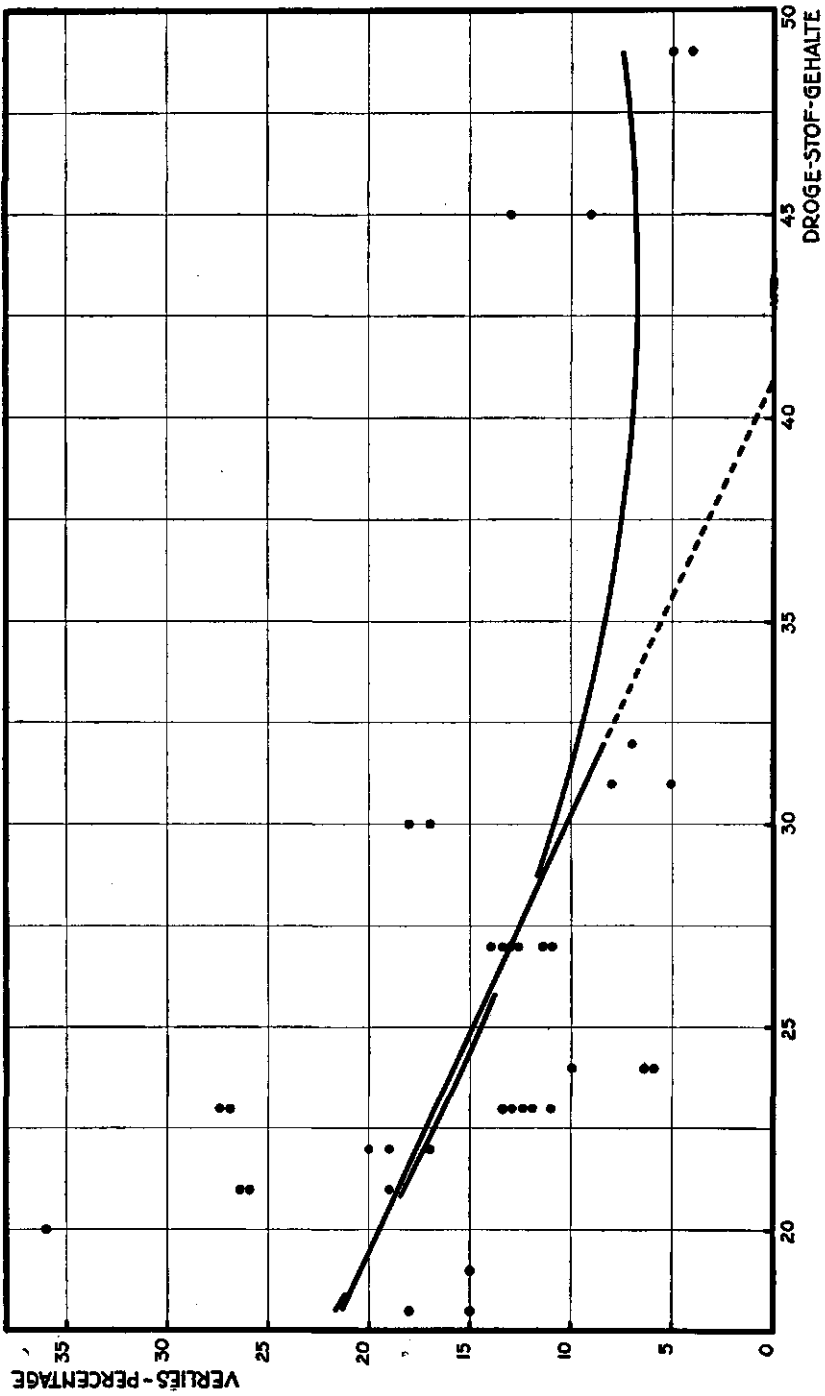


FIG. 1. Regressie van verliespercentage (y) in de zakken t.o.v. droge-stof-gehalte (x) bij vulling.
 Vergelijking der rechte lijn: $Y = -0,9303(x - 24,3) + 15,4$. Vergelijking der kromme lijn: $Y = 0,0232x^2 - 2,012x + 50,39$.

dus een formule met slechts één constante ¹⁾. De vraag is nu maar, of voor K een zoodanige waarde kan worden gevonden, dat de formule „voldoet”.

Voor een snelle oriëntatie gingen wij na, welke waarde K moet hebben, opdat de curve zoo goed mogelijk bij de zoeven reeds gevonden parabool aansluit ²⁾. Er werd op deze wijze, dus indirect, gevonden: $K = 4,82$. Bij uitzetten op millimeterpapier bleken beide curven zeer goed bij elkaar aan te sluiten. Derhalve werd de berekening van K op meer directen weg herhaald, dus uitgaande van de waarnemingen zelf, volgens de gewone methode der

¹⁾ De lijn stelt een orthogonale hyperbool voor, zooals direct blijkt, wanneer men haar brengt op den vorm:

$$x(Y + K) = 100 K.$$

Stelt men hierin: $x = \frac{\xi}{\sqrt{2}} - \frac{\eta}{\sqrt{2}}$, $Y + K = \frac{\xi}{\sqrt{2}} + \frac{\eta}{\sqrt{2}}$, dan ontstaat de gewone vorm:

$$\frac{\xi^2}{200 K} - \frac{\eta^2}{200 K} = 1.$$

Door de transformatie is de oorsprong verplaatst naar het punt $P(O, -K)$, terwijl tevens het assenstelsel 45° in positieven zin is gedraaid; men heeft nl.: $\cos 45^\circ = \sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

²⁾ Hiervoor vraagt men zich af, zich tot het gebied der waarnemingen beperkende (d.i. tusschen 18 en 49 % droge stof), voor welke waarde van K de onderstaande functie, die wij I noemen, een minimum heeft:

$$I = \int_{18}^{49} \left\{ K \frac{100-x}{x} - (b_1 x^2 + b_2 x + b_3) \right\}^2 dx.$$

Hierin zijn b_1 , b_2 en b_3 dus bekend, terwijl K gevraagd wordt. Bij het minimum moet:

$$\int_{18}^{49} \frac{100-x}{x} \left\{ K \frac{100-x}{x} - (b_1 x^2 + b_2 x + b_3) \right\} dx = 0.$$

Hieruit volgt voor K :

$$K = \frac{\int_{18}^{49} \frac{100-x}{x} (b_1 x^2 + b_2 x + b_3) dx}{\int_{18}^{49} \left(\frac{100-x}{x} \right)^2 dx} =$$

$$= \frac{\left[-\frac{1}{3} b_1 x^3 + \frac{1}{2} (100 b_1 - b_2) x^2 + (100 b_2 - b_3) x + 100 b_3 \log \text{nat } x \right]_{18}^{49}}{\left[x - 200 \log \text{nat } x - \frac{10000}{x} \right]_{18}^{49}} = 4,82.$$

kleinste quadraten. Aldus vonden wij: $K = 4,85$, zoodat de gevraagde betrekking luidt:

$$Y = 4,85 \frac{100 - x}{x}.$$

In fig. 2 zijn deze curve (een hyperbool) en de hiervóór gevonden parabool beide uitgezet. Men ziet, dat de hyperbool met geringe afwijkingen inderdaad geheel het tracé van de parabool volgt, misschien zelfs beter dan redelijkerwijze mocht worden verwacht in verband met de groote schommelingen in de verliescijfers. Zij sluit dus ook wel goed bij de waarnemingen zelf aan. Thans hebben wij echter het voordeel, dat wij voor het aangeven van het geheele beloop slechts één constante K noodig hebben.

Wij hebben nog de middelbare afwijking van K berekend en vonden: $K = 4,85 \pm 0,33$. Geheel zonder bedenking is deze becijfering echter niet, omdat de standaardafwijking der waarnemingen bij laag droge-stof-gehalte (links in de figuur) ongetwijfeld grooter is dan die bij hoog gehalte (rechts), waarmede bij de becijfering geen rekening werd gehouden. Ook bij de berekening van K zelf hadden wij dit strikt genomen in aanmerking moeten nemen, maar dit scheen de moeite niet te loonen.

Thans nog iets over de beteekenis van K . Neemt men in de formule: $Y = K \frac{100 - x}{x}$ voor het droge-stof-gehalte 50 %, dus $x = 50$, dan ziet men direct, dat K het verliespercentage voorstelt in gras met een droge-stof-gehalte van 50 %. Nu ligt 50 helaas buiten het gebied der waarnemingen. Men kan echter even goed in de formule substitueeren: $x = 25$ en vindt dan, dat drie maal K het gemiddelde verliespercentage voorstelt in gras met 25 % droge stof; in ons geval: $3 \times K = 14,6 \pm 0,99$ %.

Overigens heeft K niet de beteekenis van een natuurwetenschappelijke constante. Integendeel, deze waarde hangt ongetwijfeld sterk af van het systeem van inkuilen, zal zelfs bij éézelfde systeem eenigermate van de wijze van werken afhankelijk zijn. Zoo is het wel zeker, dat K bij inkuiling volgens het systeem VÖLTZ, waarbij de toetreding van de zuurstof der lucht zooveel mogelijk wordt uitgesloten, niet onaanzienlijk kleiner zal zijn; daarentegen zal men K hooger vinden bij de methoden, waarbij men de temperatuur zeer hoog laat oploopen. De groote schommelingen der verliescijfers in de zakken doen trouwens reeds zien, dat het droge-stof-gehalte van het materiaal niet de eenige factor is, die hier een rol speelt.

Tenslotte willen wij er nogmaals uitdrukkelijk op wijzen, dat wij bij het opstellen van de formule van een uiterst elementaire voorstelling zijn uitgegaan.

De formule moge derhalve onze huidige waarnemingen op bevredigende wijze samenvatten, wij twifelen er geen oogenblik aan, dat na uitvoeriger onderzoekingen op dit gebied zal blijken, dat zij gecorrigeerd moet worden; zij mag daarom voorshands niet anders worden beschouwd dan als een eerste benadering.

Energetische beschouwingen.

In het bovenstaande is een verband gelegd tusschen de verliescijfers en het gehalte aan droge stof van het materiaal. Merkwwaardigerwijze hebben wij een verband met de temperatuur in de hoopen niet duidelijk kunnen aantoonen. Bij een kleine becijfering bleek echter, dat, in tegenstelling met hetgeen men gewoonlijk aanneemt, de hoogte, tot welke de temperatuur in den kuil stijgt, in het geheel geen goede maat is voor de verliezen in het inwendige der hoopen.

Wij denken ons hiervoor een kuilhoop met 25 % droge stof. Nemen wij voor de soortelijke warmte van deze droge stof $0,3^1$), dan is de s. w. van het materiaal als zoodanig: $0,75 + 0,3 \times 0,25 = 0,825$. Verder hebben wij gezien, dat in de kuilzakken gemiddeld 15,4 % van de droge stof verloren ging. Ware hier alléén oxydatie van koolhydraten in het spel, dan zou per kg materiaal dus 38,5 g koolhydraten zijn verbrand; de aldus geleverde warmte zou $38,5 \times 4,2 = 162$ C bedragen. De temperatuurstijging, welke hiermede zou kunnen worden verkregen, bedraagt dus 196° C. In werkelijkheid bedroeg zij echter ongeveer 30° C in het midden, iets verder naar buiten wellicht een weinig meer.

Wij hebben ons afgevraagd, hoeveel lucht voor deze verbranding nodig is en vonden, weer per kg materiaal, niet minder dan 148 L lucht van 20° C. Bij het uit treden van deze lucht wordt natuurlijk waterdamp aan den hoop onttrokken, zoodat de vraag rees, of de verdampingswarmte van dit water voldoende was om de betrekkelijk geringe stijging der temperatuur te verklaren. Dit bleek niet het geval te zijn. Nemen wij aan, dat de lucht (koolzuur in plaats van zuurstof) den hoop bij 50° C verzadigd met waterdamp weer verlaat, waarbij het volumen van de bovengenoemde 148 L tot 185 L is uitgezet, die per L 82,6 mg water meenemen, dan worden dus in totaal 15,3 g water medegenomen. De verdampingswarmte hiervan bedraagt slechts 9,2 C. Hierbij is nog niet eens rekening gehouden met het feit, dat de lucht bij intreding reeds een zekere hoeveelheid waterdamp bevatte. Hier staat echter weer tegenover, dat ook voor het verwarmen van de lucht eenige warmte wordt vereischt.

Voor een temperatuurstijging van 30° C is per kg materiaal nodig: $30 \times$

¹⁾ KLEIBER, Über die elektrische Konservierung von saftigem Futter, Proefschrift Zürich, 1924.

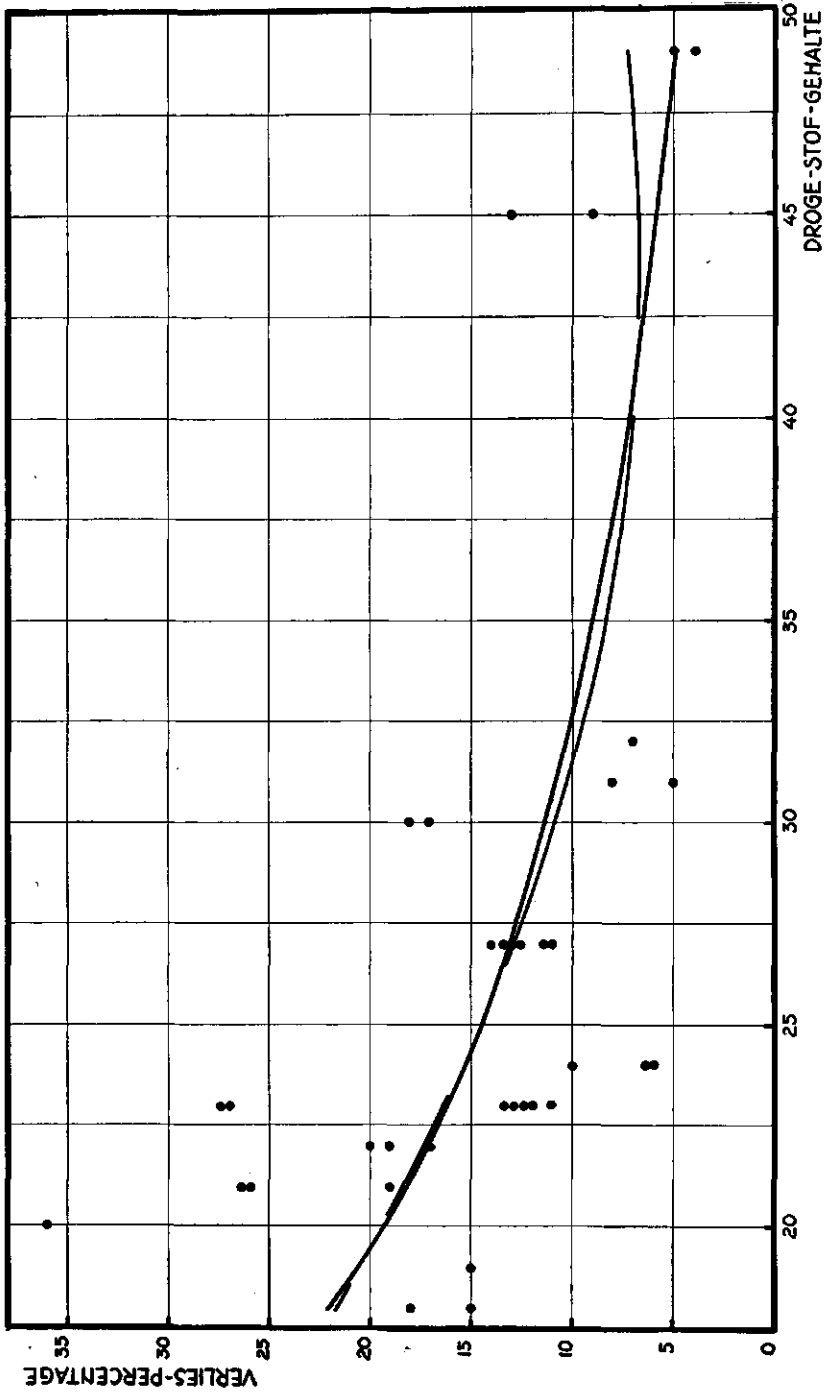


FIG. 2. Regressie van verliespercentage (y) in de zakken t.o.v. droge-stof-gehalte (x) bij vulling. Vergelijking der dunne lijn: $Y = 0,0232 x^2 - 2,012 x + 50,39$. Vergelijking der dikke lijn: $Y = 4,85 \frac{100-x}{x}$.

0,825 = 24,8 C. Deze warmte, gevoegd bij de zoeven genoemde 9,2 C, geeft samen slechts 34 C, wat dus zeer veel minder is dan de 162 C, die bij de oxydatie van 15,4 % droge stof zou worden geleverd.

Wij kunnen uit dit alles dus de gevolgtrekking maken, dat de verliezen in het inwendige onzer kuilen veel verder gaan dan noodig is om het materiaal tot de temperatuur, die we inderdaad waarnemen, te verwarmen. De oorzaak hiervan kan eenerzijds zijn, dat niet al het verlorene is geoxydeerd, maar ten deele met vocht is uitgeperst. Veelal neemt men echter aan, dat de verliezen uit dien hoofde niet groot zijn. Is dit het geval, dan moeten dus nog groote hoeveelheden warmte door straling, geleiding en door een grootere luchtcirculatie en verdamping worden afgevoerd.

Wil men de bij ons gevolgde methoden van inkuilen verbeteren, dan zal het dus zaak zijn de luchtcirculatie in de hoopen en de verliezen door uitpersen aanmerkelijk te beperken. In die richting ware te beproeven het verwelkte materiaal vast aan te trappen, de nog niet afgedekte hoopen voor wind te beschutten, de aardlaag zoo spoedig mogelijk aan te brengen, zoodra de vereischte temperatuur is bereikt, enz. Slaagt men bij deze proeven niet voldoende, dan ware in het bijzonder de inkuiling in eenvoudige, water- en luchtdichte silo's volgens de methode VÖLTZ te onderzoeken.

Kan de inkuiling in silo's ook belangrijke voordeelen brengen door het beperken van den kantafval? Hiervoor beschouwen wij nog eens de hiervóór door ons bij de methode „in den grond” en „op den grond” gevonden totale en inwendige verliezen. Was er geen kantverlies, dan zou in beide gevallen $\pm 15,4$ % van de droge stof verloren zijn gegaan. Daar de totale verliezen bij de genoemde twee methoden achtereenvolgens gemiddeld 20,4 % (tien kuilen) en 31,6 % (vijf kuilen) bedroegen, komen in het eerste geval dus 5,0 % of rond $\frac{1}{4}$, in het tweede geval 16 % of rond $\frac{1}{2}$ van het droge-stof-verlies speciaal voor rekening van den kantafval. Zelfs wanneer het mogelijk ware door middel van een silo den kantafval geheel te voorkomen, dan zou deze silo op dit punt (dus afgezien van het hiervóór genoemde) nog slechts weinig voordeel boven een goede inkuiling in den grond bieden. Op een beperking der inwendige verliezen moet dus (zonder of met silo) de nadruk vallen.

Verliezen aan de droge-stof-bestanddeelen.

Wij berekenden voor elken kuil, hoeveel procent van de totale hoeveelheid van elk droge-stof-bestanddeel verloren ging. Er werd dus uitgerekend, hoeveel kg van elk bestanddeel, b.v. zetmeelachtige stof, in den kuil was gebracht (stel a kg) en eveneens hoeveel kg er in den winter weer uit was genomen. Het hieruit gevonden verschil werd uitgedrukt in procenten van het eerstge-

noemde cijfer, dus van *a*. Voor de uitkomst van deze berekening zij verwezen naar tabel 8*; de positieve cijfers geven verlies aan, de negatieve „winst”.

In de genoemde tabel zijn de schommelingen bij de verschillende kuilen opvallend. Gezien echter het regelmatig voorkomende grootere droge-stof-verlies in de kuilen op den grond behoeft het ons niet te verwonderen, dat ook de verliezen der afzonderlijke bestanddeelen in de laatste bijna regelmatig hooger waren.

De gemiddelden in de onderstaande tabel 9 toonen het boven gezegde eveneens duidelijk aan. Tevens zijn hierin opgenomen de gemiddelden, verkregen bij onze vroegere ingegraven kuilen; de tabel heeft dus betrekking op 15 kuilhoopen, waarvan tweemaal vijf ingegraven en vijf niet-ingegraven.

TABEL 9.

Verliezen (in pct.) aan droge stof en droge-stof-bestanddeelen in 15 kuilen.

	Droge stof.	Eiwitachtige stof ¹⁾ .	Vetachtige stof.	Zetmeelachtige stof.	Ruwe celstof.	Minerale bestanddeelen.	Werkelijk eiwit.	Verteerb. eiwitachtige stof ¹⁾ .	Verteerb. werk. eiwit.
Vijf vroegere kuilen <i>in</i> den grond	19	28	— 15	29	4	10	44	43	70
Vijf nieuwe kuilen <i>in</i> den grond	22	29	— 12	32	11	8	43	43	68
Vijf nieuwe kuilen <i>op</i> den grond	32	39	3	40	19	20	50	53	73

Vergelijkt men de verliescijfers in onze vroegere en in onze nieuwere ingegraven kuilen, dan blijkt, dat de gemiddelde verliezen zeer fraai met elkaar overeenstemmen, beter zelfs dan op grond van de groote schommelingen, die de kuilen onderling vertoonden, mocht worden verwacht. Noemenswaardige verschillen doen zich alleen maar voor bij de ruwe celstof. Het bij het huidige onderzoek gevonden verliescijfer (11 %) was namelijk niet onaanzienlijk grooter dan het vroeger gevondene (4 %). De eenige verklaring, welke wij hiervoor hebben kunnen vinden is deze, dat het gras voor de vroeger onderzochte kuilen in een iets later stadium was gemaaid. Wij hadden toen namelijk een vergelijking tusschen hooien en inkuilen op het oog en wilden daarom het gras

¹⁾ De ammonia in het ingekuilde gras *niet* inbegrepen; bij het versche gras is deze correctie verwaarloosd.

voor beide wijzen van conservatie in hetzelfde stadium maaien. Er werd daarom een stadium gekozen, iets later dan dat, waarop men gewoonlijk inkuilt en iets vroeger dan dat, waarop men pleegt te maaien voor hooiwinning. Men kan zich nu voorstellen, dat de ruwe celstof uit het jongere gras van onze nieuwere kuilen ietwat intensiever aan de omzettingen deelnam dan de meer verhoude celstof in het oudere gras der vroegere kuilen, waarmede het verschil zou zijn verklaard.

Verliezen aan zetmeelwaarde.

Natuurlijk stelt men zich de vraag, hoeveel van de oorspronkelijk in het gras aanwezige zetmeelwaarde na het inkuilen nog over is. Hierbij doen zich twee bezwaren voor. In de eerste plaats vormt bij de berekening volgens KELLNER de „aftrek voor ruwe celstof” een groote moeilijkheid; deze kan nl. alléén door proeven met het respiratie-apparaat nauwkeurig worden bepaald. In de tweede en voornaamste plaats echter waren wij niet bij machte verteringscoëfficiënten te bepalen. Wij willen echter op grond van de verteringscoëfficiënten in de literatuur een schatting maken en daarbij de door KELLNER aangegeven berekening toepassen, dus ook de door hem aangegeven aftrek voor ruwe celstof gebruiken.

Als verteringscoëfficiënten namen wij, behalve bij het eiwit, die, welke KELLNER voor eiwitrijk hooi aangeeft; deze cijfers toch stellen de gemiddelden voor van niet minder dan 48 verteringsproeven en zijn dus als zoodanig goed vastgesteld, beter dan die van het ingekuilde gras zelf. In een onzer vroegere verhandelingen ¹⁾ konden wij bovendien (alweer op grond van gegevens in de literatuur) waarschijnlijk maken, dat het gedroogde en het ingekuilde product, van hetzelfde uitgangsmateriaal afkomstig, een niet zeer verschillende verteerbaarheid bezitten. De verteringscoëfficiënten van het versehe gras werden, bij gebrek aan andere betrouwbare cijfers, even groot genomen. Het spreekt vanzelf, dat de verliezen aan zetmeelwaarde bij het inkuilen daardoor zeker te klein worden gevonden, zoodat deze minimumwaarden voorstellen. Naar wij hopen zullen wij binnen niet al te langen tijd in staat worden gesteld om onze serie proefnemingen over gras, hooi en ingekuild gras op het punt van verteerbaarheid door eigen onderzoek verder aan te vullen. Tot zoolang moeten wij ons behelpen met hetgeen onderzoekingen van anderen ons bieden. Dit is dan ook de reden, dat wij eerst aan het slot van deze verhandeling op dit punt iets dieper ingaan.

Wat de techniek der berekening verder betreft, werd in gras en ingekuild

¹⁾ BROUWER, Versl. landbk. onderz., N^o. 32, 1927, blz. 69; Verslag Proefzuivelboerderij, 1926, blz. 41.

gras niet het verteerbaar eiwit, maar het verteerbaar totaal eiwit (bij het ingekuilde gras zonder ammonia) in rekening gebracht. Voorts werd bij het ingekuilde gras bij het „vet”, dat immers ten deele uit zuren bestaat, een correctie aangebracht en wel in dier voege, dat hiervan even veel in rekening werd gebracht, als zich bevond in het gras, waarvan was uitgegaan; de rest werd bij de zetmeelachtige stoffen opgeteld.

TABEL 10.

Verliezen aan zetmeelwaarde in de kuilen.

	Zetmeelwaarde opgetast (kg).	Zetmeelwaarde uitgenomen (kg).	Verlies (kg en pct).	Zetmeelwaarde in 100 kg droge stof.		
				Opgetast materiaal.	Uitgenomen materiaal.	
Proef N ^o . 1	kuil <i>in</i> den grond	2649	1901	748 = 28 %	53,7	49,2
	kuil <i>op</i> den grond	2638	1720	918 = 35 %	53,8	48,9
Proef N ^o . 2	kuil <i>in</i> den grond	3170	2029	1141 = 36 %	54,6	48,1
	kuil <i>op</i> den grond	3165	1967	1198 = 38 %	54,8	48,6
Proef N ^o . 3	kuil <i>in</i> den grond	3155	2195	960 = 30 %	53,7	48,6
	kuil <i>op</i> den grond	3184	1892	1292 = 41 %	54,4	48,2
Proef N ^o . 4	kuil <i>in</i> den grond	3247	2425	822 = 25 %	53,0	49,1
	kuil <i>op</i> den grond	3250	1889	1361 = 42 %	53,3	48,2
Proef N ^o . 5	kuil <i>in</i> den grond	3311	2399	912 = 28 %	52,9	47,3
	kuil <i>op</i> den grond	3255	1966	1289 = 40 %	53,3	46,7

De aldus verkregen cijfers bevinden zich in tabel 10. Begrijpelijkerwijs vonden wij ook hier groote verschillen tusschen de kuilen onderling. Het gemiddelde verlies aan zetmeelwaarde bedroeg bij de ingegraven kuilen niet minder dan 29 %, bij de kuilen op den grond 39 %; zooals gezegd zijn dit minimumcijfers. Het verschil tusschen beide werkwijzen komt intusschen ook hier duidelijk tot uiting en vormt weer een aansporing om bij voorjaarskuilen de methode *in* den grond te gebruiken.

Overzicht.

Het onderzoek omtrent de in de praktijk gebruikelijke methoden van inkuilen van gras werd voortgezet met een vijftal proeven, waarbij telkens twee verschillende methoden van inkuilen met elkaar werden vergeleken. Het onderzoek heeft dus betrekking op niet minder dan tien kuilen.

Bij de ééne werkwijze (methode „in den grond”) werd buitenshuis een ondiep, rond gat (\pm 50 cm) in den grond gegraven, waarin het gras werd gestort. Daarop werd het bovenzvlak, zoowel als het boven den beganen grond uitstekende zijvlak der grasmassa, met aarde afgedekt. Bij de tweede werkwijze (methode „op den grond”) werd, eveneens buitenshuis, het gras op den vlakken bodem opgestapeld en de aardbedekking alléén op het bovenzvlak aangebracht, zoodat het zijvlak onbedekt bleef.

Alle kuilen werden in het voorjaar opgebouwd en in den daaropvolgenden winter geledigd. Al het gras werd bij het optassen en ledigen der kuilen gewogen en bemonsterd, waardoor een goed beeld van de totale verliezen kon worden verkregen. Bovendien werden de omzettingen in het inwendige der hoopen (dus hier zonder kantafval) met behulp van de „zakkenmethode” nader bestudeerd.

Uit dit onderzoek, gecombineerd met onze vroegere uitkomsten, kan het volgende worden besloten.

1. Bij zorgvuldig inkuilen volgens de methode „in den grond” ging $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$ deel van de droge stof verloren.
2. In kuilen, in het voorjaar gebouwd volgens de methode „op den grond”, ging ongeveer $\frac{1}{3}$ van de droge stof verloren; wordt de kuil eerst in den herfst opgebouwd, dan is het verlies vermoedelijk kleiner. Bij voorkeur en in het bijzonder bij kuilen, die geruimen tijd moeten staan, vóórdat zij worden geledigd, passe men dus de methode „in den grond” toe.
3. Zoowel bij kuilen „op den grond” als bij kuilen „in den grond” vinden kwaliteitsverliezen plaats, waarvoor naar den text wordt verwezen.
4. Deze kwaliteitsverliezen waren bij beide methoden ongeveer gelijk, zoodat de kwaliteit (niet de quantiteit) van het ingekuilde gras ook practisch gelijk was.
5. De verliezen aan droge stof in het inwendige (dus afgezien van den kantafval) van beide typen van kuilhoopen bedroegen ruim 15 %.
6. Deze inwendige verliezen namen af, wanneer het gras met een hooger droge-stof-gehalte werd ingekuild en omgekeerd. Bij de kuilen op den grond werd dit geringere inwendige verlies echter overvleugeld door

grooter kantafval; bij de kuilen in den grond schenen ook de totale verliezen bij hooger droge-stof-gehalte kleiner te worden. Zoo eenigszins mogelijk kuile men geen gras in, dat nat is van regen of dauw. Waarschijnlijk is het voordeelig om bij inkuiling volgens de methode in den grond het in te kuilen gras eerst te laten verwelken, ook wanneer het droog wordt gemaaid.

7. Het verband tusschen het droge-stof-gehalte van het uitgangsmateriaal en het verliespercentage aan droge stof in het inwendige der kuilen (dus weer zonder den kantafval) kon in grove trekken worden weergegeven door de formule: $Y = K \frac{100 - x}{x}$. Hierin is Y het verliespercentage, x het percentage aan droge stof bij het optassen en K een constante, waarvoor in ons geval werd gevonden: $K = 4,85$. Deze formule mag niet anders dan als een eerste benadering worden beschouwd; ongetwijfeld zal zij bij voortgezet onderzoek correctie behoeven.
8. De hoeveelheid warmte, benodigd om de temperatuur van het gras op te voeren tot de hoogte, welke in de kuilen wordt waargenomen, is zeer veel kleiner dan de hoeveelheid warmte, die de verloren gegane droge stof bij oxydatie heeft geleverd of zou leveren. Tusschen het verlies aan droge stof en de hoogte tot welke de temperatuur stijgt, bestaat geenszins een zoo nauw verband, als men veelal aanneemt.
9. Op grond van verteringscoëfficiënten uit de literatuur werd het verlies aan zetmeelwaarde bij inkuiling in den grond op meer dan 29 % geraamd, bij inkuiling op den grond op meer dan 39 %.
10. De mogelijkheid is niet uitgesloten, dat bij voortgezet onderzoek zal blijken, dat bij geringe wijziging van de bij ons gevolgde methoden van inkuilen (dus ook zonder silo's) het verliespercentage iets kan worden beperkt.

Weitere Untersuchungen über Ensilierung nach holländischen Methoden.

Kurze Zusammenfassung.

Die Untersuchung der in der holländischen Praxis gebräuchlichen einfachen Ensiliermethoden von Gras wurde fortgesetzt. Es wurden fünf Versuche gemacht, worin jedesmal zwei Verfahren mit einander verglichen wurden.

Bei einer Methode wurde das Gras in einer untiefen (± 50 cm), runden, unbedeckten Erdgrube in dem Hofe (also nicht unter Dach) angehäuft und nachher wurde die Grasmasse sowohl an der oberen Fläche wie an der über der Erde herausragenden Seitenfläche mit einer dicken Erdschicht (± 60 cm) bekleidet. Bei der zweiten, noch einfacheren Methode wurde das Gras einfach auf flachem Boden (ebenfalls nicht unter Dach) angehäuft und nachher nur die obere Fläche mit Erde bedeckt, während die Seitenfläche unbedeckt blieb.

Alle Mieten wurden im Frühling gebaut und im nächsten Winter entleert. Alles Gras wurde gewogen und bemustert, wodurch die Gesamtverluste bekannt wurden. Ausserdem wurden die Umsetzungen im Innern der Mieten (diesmal also ohne Randverluste) mit Hilfe von Säcken mit abgewogenen Grasmenngen näher studiert.

Kombiniert mit unseren früheren Ergebnissen kamen wir zu folgenden Schlüssen.

1. In den eingegrabenen Mieten ging etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der Trockensubstanz verloren.
2. In den überirdischen Mieten ging etwa $\frac{1}{3}$ der Trockensubstanz verloren. Man beachte jedoch, dass diese, im Frühling gebauten Mieten während dem ganzen Sommer mit ihren offenen Seiten dem Wetter ausgesetzt waren, wodurch die Randverluste erheblich sind. Macht man diese offenen Mieten erst im Herbst, so sind die Verluste wahrscheinlich kleiner. Besonders bei Gras, das im Frühling ensiliert wird, empfehlen wir die Mieten womöglich einzugraben und an allen Seiten sorgfältig mit Erde zu bekleiden.
3. Bei beiden oben erwähnten Siliermethoden ändert sich die Zusammensetzung der Trockensubstanz. Die detaillierte Beschreibung dieser Qualitätsverluste findet man im Texte.
4. Die Qualitätsverluste waren bei beiden Siliermethoden praktisch gleich gross, so dass die Qualität der nach beiden Methoden erhaltenen Silage ebenfalls praktisch gleich war.
5. Die Trockensubstanzverluste im Innern der Mieten (also ohne Randverluste) betragen etwas mehr als 15 %.

6. Diese inneren Verluste wurden kleiner wenn das Material mit höherem Trockensubstanzgehalt eingemietet wurde und umgekehrt. Bei den oberirdischen Mieten mit offenen Seitenflächen wurde dieser kleinere innere Verlust jedoch durch den grösseren Verlust an der Auszenfläche überkompensiert, indem das mehr abgewelkte Material dem Verderbnis leichter zugänglich ist. Bei den eingegrabenen Mieten dagegen schienen auch die Gesamtverluste bei höherem Trockensubstanzgehalt kleiner zu werden. Womöglich mähe und ensilire man kein Gras, dasz nasz ist durch Regen oder Tau.
7. Der Zusammenhang zwischen dem Trockensubstanzgehalt des Ausgangsmaterials und dem Verlustprozent im Innern der Mieten (also wieder ohne Randverluste) konnte in groben Zügen mit Hilfe der unterstehenden Formel wiedergegeben werden:
- $$Y = K \frac{100-x}{x}$$
- Hierin ist Y der Verlustprozent, x der Trockensubstanzgehalt des Ausgangsmaterials und K eine Konstante; in unserem Fall fanden wir: $K = 4,85$. Die Formel darf nur wie eine erste Annäherung betrachtet werden; zweifellos wird sie früher oder später korrigiert werden müssen.
8. Die Wärmemenge, welche nötig war um die Temperatur des Grases zu der Höhe heraufzuführen, welche in den Mieten tatsächlich beobachtet wurde, war sehr viel kleiner als die Wärmemenge, welche die in Verlust geratene Menge Trockensubstanz bei der Oxydation geliefert hat oder hätte liefern können. Der Zusammenhang zwischen dem Trockensubstanzverlust und der Höhe zu der die Temperatur in den Mieten steigt, ist nicht so enge wie man oft meint.
9. Der Verlust an Stärkewerten wurde mit Hilfe von Verdauungskoeffizienten aus der Litteratur bei den eingegrabenen Mieten auf mehr als 29 %, bei den nicht eingegrabenen Mieten sogar auf mehr als 39 % geschätzt.
10. Aus weiteren Untersuchungen wird vielleicht hervorgehen, dasz die Verluste, welche man mit den oben erwähnten einfachen Siliermethoden erhält, durch dementsprechende Masznahmen etwas eingeschränkt werden können.

TABEL 2*.

*Ingegraven kuilen.**Samenstelling van het opgetaste gras en van het daaruit verkregen ingekuilde gras.*

	Droge stof (%)	Samenstelling der droge stof (%)								
		Werk. eiwit + amid ¹⁾	Vetacht. stof.	Zetmeelacht. stof.	Ruwe celstof.	Min. bestand. deelen.	Werk. eiwit.	Verteerb. werk. eiwit + amid ¹⁾	Verteerb. werk. eiwit.	
Proef N ^o . 1	opgetast	23,08	13,5	3,6	47,7	24,9	10,4	9,9	10,8	7,3
	uitgenomen	21,63	11,5	5,6	42,1	30,0	10,8	7,8	7,3	3,5
Proef N ^o . 2	opgetast	23,19	14,9	3,4	47,7	23,5	10,5	10,7	12,1	7,8
	uitgenomen	23,17	12,8	5,2	40,5	27,5	14,2	7,4	8,4	3,1
Proef N ^o . 3	opgetast	24,11	13,1	3,3	48,7	24,5	10,4	10,3	10,5	7,7
	uitgenomen	23,80	12,3	4,9	41,9	27,6	13,3	7,1	8,2	3,0
Proef N ^o . 4	opgetast	27,55	15,0	3,6	46,1	24,6	10,7	11,7	11,8	8,5
	uitgenomen	26,69	14,6	4,7	41,2	27,1	12,4	8,9	9,7	4,0
Proef N ^o . 5	opgetast	24,71	16,0	3,6	43,9	24,6	12,0	12,4	12,8	9,3
	uitgenomen	25,44	14,4	4,7	39,7	27,9	13,3	8,9	8,6	3,1
Gemiddeld	opgetast	24,53	14,5	3,5	46,8	24,4	10,8	11,0	11,6	8,1
	uitgenomen	24,15	13,1	5,0	41,1	28,0	12,8	8,0	8,4	3,3

¹⁾ De ammonia in het ingekuilde gras *niet* inbegrepen; bij het versche gras is deze correctie verwaarloosd.

TABEL 3*.

*Kuilhoopen op vlakken bodem.**Samenstelling van het opgetaste gras en van het daaruit verkregen ingekuilde gras.*

		Droge stof (%)	Samenstelling der droge stof (%)							
			Werk. eiwit + amid ¹⁾ .	Vetacht. stof.	Zetmeelacht. stof.	Ruwe celstof.	Min. bestand-deelen.	Werk. eiwit.	Verteerb. werk. eiwit + amid ¹⁾ .	Verteerb. werk. eiwit.
Proef N ^o . 1	opgetast	22,93	13,6	3,6	47,6	24,5	10,7	10,0	10,8	7,2
	uitgenomen	21,52	11,8	5,9	40,8	30,5	11,0	8,1	7,6	3,9
Proef N ^o . 2	opgetast	23,18	14,7	3,5	48,0	23,2	10,7	10,8	12,1	8,2
	uitgenomen	24,15	12,7	4,9	41,3	27,6	13,5	7,4	8,5	3,2
Proef N ^o . 3	opgetast	24,01	13,2	3,2	49,3	23,9	10,4	10,5	10,9	7,8
	uitgenomen	23,77	12,1	4,8	41,8	28,1	13,3	7,1	7,8	2,8
Proef N ^o . 4	opgetast	27,36	15,2	3,5	46,0	24,5	10,8	11,9	12,1	8,8
	uitgenomen	27,49	14,3	4,5	41,5	27,8	12,0	9,2	8,8	3,7
Proef N ^o . 5	opgetast	24,07	16,2	3,9	43,6	24,7	11,6	12,3	13,0	9,2
	uitgenomen	26,32	14,0	4,7	39,8	28,3	13,1	8,7	7,9	2,5
Gemiddeld	opgetast	24,31	14,6	3,5	46,9	24,2	10,8	11,1	11,8	8,2
	uitgenomen	24,65	13,0	5,0	41,0	28,5	12,6	8,1	8,1	3,2

¹⁾ De ammonia in het ingekuilde gras *niet* inbegrepen; bij het verscho gras is deze correctie verwaarloosd.

TABEL 8*.

Verliezen (in pct.) aan droge-stof-bestanddeelen in de kuilen.

		Droge stof.	Eiwitachtige stof ¹⁾ .	Vetachtige stof.	Zetmeel-achtige stof.	Ruwe celstof.	Minerale bestanddeelen.	Werkelijk eiwit.	Verteerb. eiwit-achtige stof ¹⁾ .	Verteerb. werk. eiwit.
Proef N ^o . 1	kuil <i>in</i> den grond .	22	33	— 24	31	5	19	39	48	62
	kuil <i>op</i> den grond...	28	37	— 18	39	11	26	42	50	62
Proef N ^o . 2	kuil <i>in</i> den grond .	27	38	— 10	38	15	2	50	49	72
	kuil <i>op</i> den grond...	30	39	1	40	16	11	52	51	73
Proef N ^o . 3	kuil <i>in</i> den grond .	23	28	— 14	34	14	2	47	40	70
	kuil <i>op</i> den grond...	33	39	— 1	43	21	14	54	52	76
Proef N ^o . 4	kuil <i>in</i> den grond .	19	21	— 6	28	12	6	39	34	63
	kuil <i>op</i> den grond...	36	40	19	42	27	29	50	54	73
Proef N ^o . 5	kuil <i>in</i> den grond .	19	27	— 7	27	8	10	42	46	73
	kuil <i>op</i> den grond...	31	40	16	37	21	22	52	58	81
Gemiddeld	kuilen <i>in</i> den grond	22	29	— 12	32	11	8	43	43	68
	kuilen <i>op</i> den grond	32	39	3	40	19	20	50	53	73

¹⁾ De ammonia in het ingekuilde gras *niet* inbegrepen; bij het versche gras is deze correctie verwaarloosd.