

LIMBURGSCHE KLEEFGROND EN TERRA ROSSA¹⁾).

Bijdrage tot de Kennis van het Verweeringsvraagstuk,

DOOR

DR. D. J. HISSINK,

*Directeur van het Rijkslandbouwproefstation voor den Akker- en Weidebouw
te Groningen (Afdeling voor bodemkundig onderzoek).*

I. LIMBURGSCHE KLEEFGROND.

Op het Plateau van Ubagsberg, in Zuid-Limburg, komt eene bruingekleurde, leemachtige grondsoort voor, welke door de bewoners, ter onderscheiding van het lössleem, kleefgrond of ook wel kleefklei genoemd wordt. Behalve door de physische samenstelling onderscheiden beide grondsoorten — kleefklei en lössleem — zich ook hierdoor van elkander, dat de eerste steeds vuursteen bevat, welke in het lössleem ontbreken²⁾.

Algemeen wordt deze kleefgrond opgevat als het residu van het krijt van Kunrade, waarop het — in lagen ter dikte van 1 à 2 dM. — gelegen is. Ook de voormalige geoloog van den opsporingsdienst, Dr. W. C. KLEIN, is deze meening toegedaan. Dr. KLEIN was zoo welwillend mij een monster kleefgrond te verschaffen, alsmede een drietal monsters van den onderliggenden mergel. De monsters zijn genomen uit de spoorweginsnijding bij Croubeek en door mij genummerd:

B 144 Kleefgrond.

B 145 Krijtmonster 1—2 dM.

B 146 idem 5—6 dM.

B 147 idem 3—4 M.

} onder maaiveld.

Ter betere oriëntteering zij hier vermeld, dat de plek, waar deze monsters genomen zijn, bezichtigd werd op de excursie, gehouden door Belgische

¹⁾ Op 4 April 1914 hield ik in de zevende bijzondere vergadering van de Geologische Sectie (zie verslagen dezer Sectie, Deel I, blz. 165—168) een voordracht over „Eenige bodemvormings- en vervormingsprocessen (lateriet, terra rossa, Limburgsche kleefgrond), waarin reeds voorloopig een en ander over dit onderwerp is medegedeeld.

²⁾ In *Cultura* van Mei 1916 (Jaargang 28, blz. 170—177) komt een artikel over kleefklei voor, van de hand van den Heer C. A. J. M. DE GIER. Het bevat, naast enkele photographiën, een kaartje van het plateau van Ubagsberg, waarop de vindplaatsen van den kleefklei zijn aangegeven.

en Hollandsche geologen van 14—17 September 1912. Van het verslag van deze excursie, van de hand van Dr. KLEIN, is door Dr. LORIÉ een referaat bewerkt voor het Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap (deel XXXI, 1914, afl. 1), aan welk referaat het volgende is ontleend (blz. 87): „Ten zuiden van Croubeek bezichtigde „het gezelschap eene spoorwegingraving voor de nieuwe lijn Heerlen—„Valkenburg. Zichtbaar was de kalksteen van Koenrade, eene afdeeling „van het Maastrichtsche Krijt, bedekt door verweeringsleem, die door de „inboorlingen zeer typisch „kleefgrond” wordt genoemd, misschien in „tegenstelling met de veel minder kleverige löss”.

Zooals reeds is opgemerkt, wordt deze kleefgrond opgevat als het verweeringsresidu van het krijt. De mergel bevat, naast groote hoeveelheden koolzure kalk en iets magnesiumcarbonaat, een rest, die bij behandeling van den mergel met verdund zoutzuur achterblijft en men stelt zich nu voor, dat de kleefgrond ontstaat door verweering van het krijt, dus na de oplossing van het calcium- en magnesiumcarbonaat is achtergebleven. In dit opzicht bestaat er dus overeenstemming tusschen den Limburgschen kleefgrond en de terra rossa, de roode gronden, die de krijtafzettingen in het Karstgebied bedekken. Nu loopen de meeningen over de wijze, waarop deze terra rossa ontstaan is, al zeer uiteen en ik heb daarom getracht door de studie van den Limburgschen kleefgrond en van de rest van den Kunrader kalksteen, een inzicht te krijgen in het vraagstuk van de verweering dezer krijtrotsen, een inzicht, dat — naar het mij wil voorkomen — ook voor de geologen niet zonder belang is.

Het was voor mijn doel in de eerste plaats noodig, de beschikking te krijgen over eene hoeveelheid van het in het krijt voorkomende residu en wel op zoodanige wijze, dat dit residu bij de behandeling geen noemenswaardige veranderingen onderging. Eene behandeling met verdund zoutzuur ter oplossing van het CaCO_3 en MgCO_3 was dus buitengesloten, omdat dit zoutzuur ook op het residu inwerkt en er een gedeelte van zal oplossen. Ook verdund azijnzuur bleek in deze richting te werken, zooals we direct zullen zien. Ik besloot dus tot een uitlooging van het krijt met koolzuurhoudend water.

De hoeveelheid mergel, waarvan men uitgaat, hangt natuurlijk af van het percentage residu. Indien slechts enkele tiende procenten residu aanwezig zijn, zooals dit bijv. in de kalkafzettingen van het Karstgebied dikwerf het geval is, zal men — om bijv. 10 gram residu te verkrijgen — hebben uit te gaan van enkele kilogrammen mergel. Een orienteerend onderzoek bracht nu aan het licht, dat de Kunrader kalksteen gelukkig nogal rijk aan onoplosbaar residu is. Bij eene behandeling met verdund zoutzuur werden de volgende gehalten gevonden:

TABEL I.
Gehalten in procenten.

N ^o . B.	145	146	147
Vocht (H ₂ O)	0,63	0,98	0,97
Koolzuur (CO ₂)	40,27	40,07	38,98
Calciumoxyd (CaO)	52,13	51,73	49,98
Magnesiumoxyd (MgO).	1,19	0,91	0,96
Residu	6,20	6,40	8,55

Wanneer al het magnesiumoxyd aan koolzuur gebonden voorkomt en de rest van het koolzuur als CaCO₃ aanwezig is, dan bevatten deze mergels gemiddeld 87,8 % CaCO₃, 2,1 % MgCO₃ en 2,1 % CaO, terwijl het gehalte aan residu gemiddeld ongeveer 7 % bedraagt. Opmerkelijk is het, dat de vlak bij elkander gelegen monsters B 145 en 146 nagenoeg evenveel residu bevatten — het bovenste iets minder dan het tweede —, terwijl het enkele meter dieper onder maaiveld gelegen derde monster aanzienlijk meer residu bevat. Wanneer een verschil in residugehalte onder invloed van de ligging onder maaiveld tengevolge van de uitloogende werking van het hemelwater tot stand kwam, dan zou men juist de omgekeerde volgorde verwacht hebben. En aangezien mij geen andere invloeden na de vorming van deze krytafzettingen dan juist de uitloogende werking van het water bekend zijn, is men geneigd de conclusie te trekken, dat het gehalte aan residu nog al afwisselend kan zijn. Intusschen wil ik aan deze weinige cijfers, die slechts op één vindplaats betrekking hebben, geen verdere conclusies vastknoopen.

Aangezien ik voor een scheikundig onderzoek van het residu over minstens 20 gram stof moest kunnen beschikken, besloot ik van 500 gram krijt uit te gaan. Ik splitste deze eerst in twee hoeveelheden, ieder van 250 gram, ten einde door eene duplobepaling eenige controle op mijn cijfers te kunnen verkrijgen. Laat ik hier direct aan toevoegen, dat steeds eene voldoende overeenstemming tusschen alle duplobepalingen verkregen werd.

Elke 250 gram van den mergel werden nu in een cilinder gebracht met 2 Liter water, waardoor onder omroeren bij 30° Celsius een stroom koolzuur werd geleid gedurende ongeveer 6 uur. Daarna liet ik de massa bezinken en zoog den volgenden dag de vloeistof door een filter van Pasteur-Chamberland af¹⁾. Daarna werd wederom geroerd en koolzuur doorgeleid

¹⁾ Voor een en ander werd gebruik gemaakt van de toestellen beschreven in mijne verhandeling „Verslag eener in den zomer van 1908 gemaakte studiereis naar Duitschland” Verslagen Landb. Onderzoekingen Proefstations, Deel 6.

en den derden dag wederom afgeliftreerd. Na vier dagen verzamelde ik aldus ongeveer 7,9 L. vloeistof, waarin ongeveer 6,5 gram CaCO_3 bleken te zijn opgelost. Ik ging op deze wijze door, met dit verschil, dat ik de vloeistof niet affiltreerde, doch voorzichtig afhevelde. Wel is waar verloor ik op die wijze een weinig zwevend residu, maar dit verlies is niet groot en in allen geval werd aldus het tijdroovende filtreeren ontgaan. Telkens wanneer ongeveer 7,5 liter verzameld was, werd het gehalte aan CaO en MgO bepaald. Na vier analyses vond ik opgelost gemiddeld in 30,5 Liter vloeistof 23,823 gram CaCO_3 en 0,341 gram MgCO_3 . Aangezien hiervoor reeds langer dan een maand noodig geweest was, zou de uitlooging van alle CaCO_3 en MgCO_3 uit de 500 gram mergel minstens 10 maanden geduurd hebben. Zelfs bleek mij later, dat hoe langer hoe minder CaCO_3 per Liter in oplossing ging, zoodat ik ter bereiking van mijn doel — het oplossen van alle CaCO_3 — wel een jaar noodig gehad zou hebben. Ter bespoediging van het proces werd daarom de massa van elken cilinder (oorspronkelijk 250 gram mergel) over vier cilinders verdeeld en op deze wijze gelukte het mij na ongeveer $3\frac{1}{2}$ maand het residu vrij van CaCO_3 en MgCO_3 te krijgen. Ook werd het aantal analyses bekort. Aan den anderen kant werd evenwel in het filtraat kiezelzuur bepaald; aluminium- en ijzerverbindingen bleken niet in oplossing te zijn gegaan. Ik volsta hier thans met opgave van de volgende cijfers, welke betrekking hebben op de totale hoeveelheid van 500 gram mergel.

TABEL II.

	Hoeveelheid water, waarmee de mergel behandeld is, in Liters.	Opgelost totaal in grammen.			Opgelost per Liter in grammen.	
		CaCO_3	MgCO_3	Kiezelzuur (SiO_2)	CaCO_3	SiO_2
1	60.935	47.647	0.682	0.048 ¹⁾	0.78	
2	491.4	326.032	12.760	0.308	0.66	0.627
3	163.8	85.780	1.206	0.194	0.52	1.184
4	82.0	22.732	0.124	0.078	0.28	0.951
Samen .	798.135	482.191	14.772	0.628		

Nadat dus de 500 gram mergel, aanvankelijk (sub 1) over 2 cilinders, daarna (sub 2, 3 en 4) over 8 cilinders verdeeld, met bijna 800 liter met

¹⁾ In de eerste 60,9 liter werd geen kiezelzuurbepaling gedaan. Het cijfer van 0,048 gram is berekend uit het gemiddelde per liter van de andere cijfers sub 2, 3 en 4.

koolzuurverzadigd water bij 30° Celsius waren uitgeloozd, was na 3 1/2 maand een bruingekleurd residu verkregen en wel totaal na drogen 32,56 gram, dat is 6,5% op mergel berekend.

In de eerste plaats blijkt eene niet onbelangrijke fout bij de CaO (en MgO)-bepalingen gemaakt te zijn. Totaal toch wordt reeds bijna 500 gram alleen aan CaCO₃ en MgCO₃ teruggevonden. Verder wordt slechts 6,5% residu gevonden, waarbij nog het in oplossing gegane kiezelzuur ad 0,126% geteld moet worden. Dit gehalte van 6,64% residu is slechts weinig meer dan bij de behandeling met verdund zoutzuur (zie blz. 199) gevonden werd. Bij het telkens afhevelen (ongeveer 400 keer telkens twee liter) is natuurlijk iets residu verloren gegaan. Terwijl slechts sporen Al₂O₃ en Fe₂O₃ in oplossing gingen, blijken toch nog op de 500 gram mergel 0.628 gram kiezelzuur (SiO₂) te zijn uitgeloozd; dat is op mergel 0.126% en op residu 1,93%. Ik vestig ten slotte de aandacht op het feit, dat de laatste 245 liter (sub 3 en 4) per liter meer kiezelzuur uitloogden dan de voorafgaande 491 liter (sub 2). Ik kom hierop nader terug.

Het was oorspronkelijk mijn plan ook de monsters B 146 en B 147 met met koolzuurverzadigd water uit te loogen, waarmede ook werd aangevangen. Uitgeloozd werden door ongeveer 61 liter water met 500 gram mergel ongeveer 48 gram CaCO₃. Toen ik daarna mijn toestel, dat slechts acht cilinders kon bevatten, geheel voor de uitlooging van het krijtmonster B 145 noodig had, werden B 146 en B 147 verder met ongeveer 40 liter verdund azijnzuur (1 Liter ijsazijn op 40 Liter H₂O) behandeld. Op deze wijze verkreeg ik ook hier een bruingekleurd residu en wel resp. 8.77% en 11.14%. Opgemerkt moet worden, dat het verdunde azijnzuur oploste 0.088% SiO₂ en bovendien 0.157% Al₂O₃ + Fe₂O₃ op mergel berekend; dat is op residu gem. ongeveer 0.8% SiO₂ en 1.5% Al₂O₃ + Fe₂O₃.

De aldus verkregen residu's van de mergelmonsters B 145, 146 en 147 kwamen in uiterlijk vrijwel met het monster kleefgrond B 144 overeen. Alleen waren ze wat donkerbruin getint tegen het monster kleefgrond lichtbruin. Deze vier monsters werden nu scheikundig onderzocht volgens van BEMMELEN¹⁾. Deze methode komt neer op eene behandeling van den grond met sterk zoutzuur bij kookhitte, waardoor het verweeringscomplex A van den bodem ontleend wordt, terwijl de onverweerde mineraalfragmenten, voor zoover deze althans uit kwarts, veldspaat, glimmer bestaan, zoo goed als niet worden aangetast. Bij de ontleding van het verweeringscomplex A gaan Al₂O₃ en Fe₂O₃ en de basen in oplossing, terwijl het kiezelzuur zich kolloidaal afscheidt en later door verdunde loog kan worden gescheiden van de onverweerde mineraal-

1) Zie verder: D. J. HISSINK, Ueber die Bedeutung und die Methode der chemischen Bodenanalyse mit starker heisser Salzsäure — Intern. Mitt. für Bodenkunde, V. Bd. 1915

fragmenten. Laat ik hier nog ten overvloede aan toevoegen, dat naast het door zoutzuur ontleedbare verweeringscomplex A in vele gronden nog een door zwavelzuur ontleedbaar verweeringssilikaat B in den bodem aanwezig is ¹⁾. Wegens gebrek aan tijd werden de vier residu's van B 145, 146 en 147, niet op verweeringscomplex B onderzocht, terwijl om dezelfde reden ook geen onderzoek kon worden ingesteld naar de samenstelling van de onverweerde mineraalfragmenten.

De resultaten van het onderzoek zijn in onderstaande tabel opgenomen.

TABEL III.

Samenstelling in procenten, berekend op den bij 105° Celsius gedroogden grond.

	Residu's van mergels.			Gemidd. samenstelling residu's.	Kleefgrond B 144.	
	B 145.	B 146.	B 147.			
Gloeiverlies	6.74	7.88	7.44	7.35	6.74	
Verweeringssilikaat A. {	Aluminiumoxyd (Al ₂ O ₃)	7.48	7.81	8.31	7.87	12.93
	Kieselzuur (SiO ₂)	23.93	26.57	26.85	25.79	27.18
	Ijzeroxyd (Fe ₂ O ₃)	8.33	9.00	11.20	9.52	12.93
	Calciumoxyd (CaO)	1.29	0.98	1.60	1.30	1.66
	Magnesiumoxyd (MgO)	2.31	2.31	2.53	2.39	1.55
	Kaliumoxyd ²⁾ (K ₂ O)	1.95	2.06	2.17	2.06	1.77
Komplex B + onverweerde mineraalfragmenten	48.42	41.63	39.65	43.21	33.48	
Samen	100.45	98.24	99.75	99.49	98.24	

Een geheel juist beeld van de samenstelling van het in den kalksteen aanwezige residu geven de cijfers sub B 145, 146 en 147 niet, omdat bij de behandeling, zoowel met koolzuurhoudend water als met verdund azijnzuur, naast CaO en MgO, ook nog andere bestanddeelen (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, vermoedelijk ook iets K₂O en Na₂O) in oplossing gegaan zijn. Voor mijn doel, dat is de vergelijking van de samenstelling van de residu's met den kleefgrond, zijn de verkregen cijfers evenwel voldoende nauwkeurig. Deze vergelijking komt nog beter tot haar recht, wanneer in plaats van de procentische samenstelling de moleculaire samenstelling gegeven wordt.

¹⁾ Zie bijv. Het Verweeringssilikaat B in den bodem, door DR. D. J. HISSINK; Archief voor de Suikerindustrie in Ned.-Indië, No. 21, 1915.

²⁾ Het gehalte aan Na₂O is niet bepaald.

Voor ik hiertoe overga, komt het mij niet ongewenscht voor in het algemeen een enkel woord te wijden aan de samenstelling van het door zoutzuur ontleedbare verweeringscomplex (het complex A)¹⁾. Men moet zich dit complex opgebouwd denken, ten deele uit absorptieverbindingen, zoowel minerale als organische, en ten deele uit echte chemische verbindingen. Zooals bekend, is het kenmerkende van absorptieverbindingen wel dit, dat de samenstellende componenten (als SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 en basen als CaO , K_2O , enz.) niet in aequivalente verhoudingen aanwezig zijn. Het is dus onjuist op grond van eene chemische analyse van dit verweeringscomplex A tot de aanwezigheid van bepaalde chemische verbindingen te besluiten. Deze fout wordt herhaaldelijk begaan. Wanneer bijv. ATTERBERG in een laterietachtige grondsoort (Brazilië, Santa Teresa) bij de behandeling met zoutzuur en loog op 5.91% Al_2O_3 vindt 6.31% SiO_2 — dat is op 1 molecule Al_2O_3 ongeveer 1.81 molecule SiO_2 — dan besluit hij tot de aanwezigheid van eene verbinding $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ en wel van de in zoutzuur oplosbare vorm van kaolien, nakriet. Dit is onjuist. De samenstelling van het verweeringssilicaat kan niet nauwkeurig worden opgegeven; men moet zich vergenoegen met de mededeeling, dat op 1 molecule Al_2O_3 aanwezig is 1,81 mol. SiO_2 .

In dezelfde fout vervalt ook BAUER, wanneer hij bij zijne onderzoekingen van lateriet tot de aanwezigheid van kleine hoeveelheden diaspoor besluit in al die gevallen, waarin het watergehalte niet voldoende is om de formule voor hydrargilliet ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) te geven.

Nog steeds is de opvatting niet overal doorgedrongen, dat de amorfe stoffen, wat hunne samenstelling en bouw betreft, van de kristallijne onderscheiden moeten worden. Formules, die alleen voor kristallijne verbindingen gelden, worden nog dikwerf toegepast op stoffen, die zich in amorfen toestand bevinden en uit complexen met onbepaalde samenstelling bestaan.

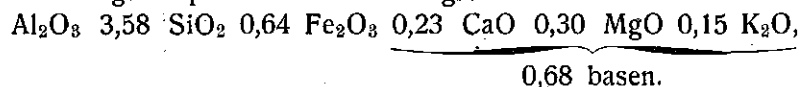
¹⁾ Zie o.m. D. J. HISSINK, Die kolloidalen Stoffe im Boden und ihre Bestimmung. Verhandlungen der II internationalen Agrogeologenkonferenz, Stockholm 1910, blz. 33—37. Ook Gedenkboek van BEMMELEN, blz. 60—70.

TABEL IV.

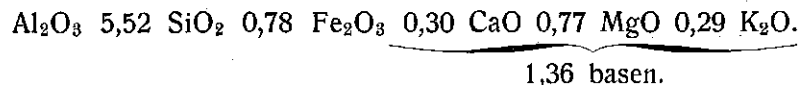
Moleculaire samenstelling van het door zoutzuur ontleedbare verweeringscomplex A.

	Residu's van de mergels.			Gemiddelde moleculaire samenstelling van de residu's.	Van den kleefgrond. B 144.
	B 145.	B 146.	B 147.		
Al ₂ O ₃	1	1	1	1	1
SiO ₂	5,44	5,77	5,50	5,52	3,58
Fe ₂ O ₃	0,72	0,74	0,87	0,78	0,64
CaO	0,31	0,22	0,36	0,30	0,23
MgO	0,78	0,75	0,78	0,77	0,30
K ₂ O	0,28	0,29	0,29	0,29	0,15

De moleculaire samenstelling van het verweeringscomplex wordt gewoonlijk opgegeven op Al₂O₃ = 1. De moleculaire samenstelling van het verweeringscomplex A in den kleefgrond is:



terwijl de moleculaire samenstelling van het residu uit den kalksteen gemiddeld is:



Uit de tabellen III en IV zijn nu de volgende conclusies te trekken.

In de eerste plaats lost in zoutzuur aanzienlijk minder op van de residu's dan van het monster kleefgrond; de residu's bevatten een hoger gehalte aan onverweerde mineraalfragmenten dan de kleefgrond. En verder bezit het door zoutzuur ontleedbare verweeringscomplex van den kleefgrond eene andere samenstelling dan dat van de residu's; het eerste bevat minder kiezelzuur (3,58 mol. tegen 5,52 mol.) en minder basen (0,68 mol. tegen 1,36 mol.).

Wanneer nu inderdaad de kleefgrond uit het onoplosbare residu van het krijt gevormd is, dan mag ik op grond van mijne cijfers deze conclusie trekken, dat de verweering van het krijt zich ook na de oplossing van de koolzure kalk en magnesia nog voortzet. En dit leidt tot deze stelling, dat de kleefgrond niet enkel is het onoplosbare residu van het krijt, maar het verweerde residu daarvan. En wanneer deze stelling juist is, dan vraag ik mij af, of zij ook niet van toepassing is op andere op krijt voorkomende bodemformatie's. Dan zou ook de boven reeds genoemde

*Waar is bij de verweering
dan de SiO₂ gehalte
dan de kleefgrond
minder bevat dan de
residu's?
Zijn de SiO₂ gehalte van
verweering producten
afgeleid of zijn ze
bestaan uit de reeds uitgehaalde?*

terra rossa niet zijn op te vatten als het onoplosbare residu van de krijtformatie daar ter plaatse, maar als het na de oplossing van de koolzure kalk en magnesia verder verweerde residu. Het komt mij belangrijk genoeg voor deze opvatting tegenover andere opvattingen omtrent het ontstaan van deze roode aarden te stellen.

II. TERRA ROSSA.

Terra rossa is de roode aarde, voorkomende op de kalkgesteenten in sommige streken van de landen om de Middellandsche Zee (Karstgebied). Voor eene beschrijving van deze streken zij o.m. verwezen naar een artikel van de hand van Dr. WILHELM GRAF ZU LEININGEN „Beiträge zur Oberflächen-Geologie und Bodenkunde Istriens”, voorkomende in Naturw. Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft, 1911 (Heft 1 en 2).

Het gehalte aan onoplosbaar residu van deze kalken loopt zeer uiteen. TUCAN¹⁾ vond in zeer zuivere kalken slechts 0,32% rest; LEININGEN geeft op gehalten van 2—23%, doch ook van 0,044%. Is werkelijk de terra rossa het onoplosbare residu van deze kalkafzettingen, dan moeten wel enorme lagen koolzure kalk en magnesia opgelost zijn, om eene laag terra rossa van enkele centimeters dikte te vormen. Sommigen zien in deze omstandigheid een bezwaar tegen de theorie van het onoplosbaar residu, omdat het moeilijk te begrijpen is, dat hetzelfde water, dat 100 meter kalksteen en meer oploste en wegvoerde, niet in staat geweest zou zijn de kleine hoeveelheid onoplosbare bestanddeelen mee te sleepen²⁾. Dit bezwaar is wel te ondervangen, wanneer men bedenkt, hoe moeilijk het is een eenigszins slijmig neerslag, dat zich aan een filter vastgehecht heeft, er af te spoelen. TUCAN meent het directe bewijs voor de stelling, dat de terra rossa het onoplosbare residu van de kalkafzettingen ter plaatse is, te kunnen leveren door eene vergelijking van de mineralogische samenstelling van de terra rossa met de onoplosbare rest van het onderliggende kalkgesteente. Dit onderzoek heeft bewezen, dat de terra rossa bijna geheel bestaat uit dezelfde mineralen, die in het onoplosbare residu voorkomen en deze overeenkomst is voor TUCAN een onomstootelijk bewijs voor de juistheid der stelling, dat de terra rossa het onoplosbare residu van de kalken en dolomieten is.

¹⁾ Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, XXXIV, Beilage Band.

²⁾ Zie bijv. J. WALTHER, Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft — Jena — 1893, blz. 562.

Het zou zeker van belang zijn een dergelijk onderzoek in te stellen naar de mineralogische samenstelling van den Limburgschen kleefgrond en van het onoplosbare residu van den onderliggenden kalksteen. Zij, die iets voor dit onderzoek gevoelen, kunnen gaarne de beschikking krijgen over mijn monster B 147 en het residu van B 144, verkregen door uitloogen met koolzuurhoudend water.

TUCAN neemt nu verder stilzwijgend aan, dat er geen verschil in scheidkundige samenstelling bestaat tusschen de terra rossa en het residu van de krijtafzettingen. Ik kan mij met deze opvatting niet vereenigen en het komt mij voor, dat ik geen onnut werk doe, met eenige kritiek op de publicatie van TUCAN te geven.

TUCAN geeft dan in de eerste plaats de analyse van terra rossa, afkomstig van Zûpanjac. Het onderzoek vond op de bekende wijze plaats door ontleden van de stof door koken met sterk zoutzuur; evtl. aanwezig silikatisch gebonden kiezelzuur, dat zich hierbij kolloidaal afscheidt, wordt bepaald door oplossen in loog. Daarna werd de samenstelling van de door zoutzuur niet ontlede bestanddeelen door behandeling met fluorwaterstof vastgesteld.

De terra rossa van Zupanjac bevat nu:

Al ₂ O ₃	} in zoutzuur	55,37 %
Fe ₂ O ₃		oplosbaar
H ₂ O		13,45 „
Rutiel (TiO ₂)		8,51 „
Eenig zirkoon.		0,91 „

Silikatisch gebonden kiezelzuur is niet aanwezig; evenmin basen en phosphorzuur.

TUCAN verdeelt het aanwezige water op geheel willekeurige wijze over het aanwezige Al₂O₃ en Fe₂O₃. 9,74% H₂O wordt aan de 55,37% Al₂O₃ toebedeeld, om daarmede diaspoor (Al₂O₃H₂O) te vormen; 3,7% H₂O vormen met de 21,76% Fe₂O₃ eenvoudig 2 Fe₂O₃ 3 H₂O en om de kleintjes niet over het hoofd te zien, noteert TUCAN 0,01% water als niet gebonden. Aangezien de massa, op rutiel en zirkoon na, geen mineralen bevat en geheel amorf is, maakt hij van Al₂O₃H₂O niet diaspoor, doch het gel van diaspoor en noemt dit sporogeliet en van 2 Fe₂O₃ 3 H₂O niet limoniet, doch ijzerhydroxydgel. De tegenwoordige opvatting is evenwel, dat dergelijke gels geen bepaalde chemische samenstelling bezitten en dat er dan ook geen bepaalde chemische formules aan toegekend mogen worden, maar dat men eenvoudig te schrijven heeft: Al₂O₃ x Fe₂O₃ y H₂O, in dit geval Al₂O₃ 0,25 Fe₂O₃ 1,38 H₂O.

Dat terra rossa geen silikatisch gebonden kiezelzuur en geen basen

bevat, zooals de formatie te Zupanjac, komt slechts zelden voor. Zoo bezit bijv. de terra rossa uit Zlobin de volgende samenstelling.

Vastgebonden water	18,08 %	
Silikatisch gebonden		
kiezelzuur (SiO ₂)	} door zoutzuur ontleedbaar silikaat	
Al ₂ O ₃		8,98 „
Fe ₂ O ₃		39,00 „
Verder MnO en iets CaO	14,02 „	
Onverwerde	} TiO ₂ , ZrO ₂	
mineralen		1,32 „
	SiO ₂ (kwarts)	17,16 „
		100,00 %

Volgens de gangbare opvattingen bestaat deze terra rossa voor 18,48% uit minerale bestanddeelen en voor 81,52% uit eene grootendeels amorfe substantie, waarin op één molecule Al₂O₃ aanwezig is 0,39 mol. SiO₂, 0,23 mol. Fe₂O₃ en 2,63 mol. H₂O. Onjuist is het, zooals TUCAN doet, hiervan te maken een mengsel van sporogeliet (Al₂O₃ H₂O), kiezelzuurgel (SiO₂ 2 H₂O), ijzerhydroxydgel (2 Fe₂O₃ 3 H₂O) en ijzeroxydgel (Fe₂O₃).

TUCAN neemt nu aan, dat in alle terra rossa hoofdzakelijk diaspoor voorkomt in gelvorm, waaraan door KISPATIC den naam van sporogeliet gegeven is. Zonder nader onderzoek verklaart hij dan verder, dat ook de hoofdmassa van het onoplosbare residu van de kalkgesteenten uit sporogeliet (Al₂O₃ H₂O in gelvorm) bestaat en dan vraagt hij zich af, hoe nu dit sporogeliet in die kalkafzettingen geraakt is. En aangezien hem geen gesteenten bekend zijn, waarvan de aluminaat-silikaatmineralen door verweering in sporogeliet overgaan, komt hij tot de conclusie, dat dit sporogeliet gevormd moet wezen tegelijk met de koolzure kalk en magnesia, doordat natriumcarbonaat en ammoniumcarbonaat — uit het eiwit van de zeediertjes ontstaan — inwerken op de in het zeewater aanwezige aluminiumzouten, daarmede aluminiumcarbonaat vormen, dat tenslotte onder verlies van koolzuur in Al₂O₃ H₂O overgaat.

Laat ik hier nog aan toevoegen de opvatting van NEUMAYR, volgens welke de terra rossa eene allothigene formatie is, d. w. z. dat ze in haar tegenwoordigen vorm bij de vorming van de kalkgesteenten werd opgenomen. Afgaande op de roode kleur van de terra rossa, meent NEUMAYR, dat zich tijdens de vorming der kalkgesteenten diepzeeslib heeft afgezet.

Tegenover deze opvattingen stel ik mijne opvatting, dat de terra rossa het *verweeringsproduct* is van het onoplosbare residu van de kalkgesteenten; m. a. w. dat dit residu, na de wegvoering van de koolzure kalk en magnesia, verder verweerd is tot terra rossa. Een uitspraak tusschen deze opvattingen kan alleen gedaan worden door een onderzoek in te stellen naar de scheikundige samenstelling van het residu, waarbij dan dit residu het

beste verkregen wordt door de koolzure kalk en magnesia met koolzuurhoudend water uit te loogen. Dan zal — wil mijne opvatting juist zijn — moeten blijken, dat het residu eene andere scheikundige samenstelling bezit dan de terra rossa, nauwkeuriger gezegd: dat het in de terra rossa voorkomende verweeringssilikaat A sterker verweerd is dan het verweeringscomplex van het residu van de onderliggende kalkgesteenten, evenals dat bij de monsters B 144 en B 145, 146 en 147 kon worden geconstateerd.

III. VERSCHIL TUSSCHEN KLEEFGROND EN TERRA ROSSA.

Bij alle overeenkomst, die er bestaat tusschen kleefgrond (Limburg) en terra rossa (Karstgebied), is er toch ook een zeer groot verschil tusschen beide te constateeren en wel in scheikundige samenstelling van het door zoutzuur ontleedbare verweeringscomplex, het zgnd. complex A.

De moleculaire samenstelling van dit verweeringscomplex van den kleefgrond is (zie blz. 204) Al_2O_3 3,58 SiO_2 0,64 Fe_2O_3 0,68 basen en komt dus overeen met die van het complex A in andere klei-, leem- en zavelgronden, zooals uit nevenstaande tabel V blijken kan.

Op één molecule Al_2O_3 komt dus in het verweeringscomplex A van deze tien grondsoorten (zie tabel V) voor van 2,7—4,8 mol. SiO_2 , van 0,2—0,7 mol. Fe_2O_3 en van 0,35—1,87 mol. basen.

De moleculaire samenstelling van het verweeringscomplex A van de boven vermelde monsters terra rossa is:

Zupanjac: Al_2O_3 nul SiO_2 0,25 Fe_2O_3 nul basen.

Zlobin: Al_2O_3 0,39 SiO_2 0,23 Fe_2O_3 sporen basen.

De terra rossa van Zupanjac, die geen spoor silikatisch gebonden kiezelzuur en geen basen bevat, blijkt te zijn zuivere lateriet; in het verweeringscomplex komen slechts Al_2O_3 , Fe_2O_3 en H_2O voor. De moleculaire samenstelling van dit amorphe complex is Al_2O_3 0,25 Fe_2O_3 1,38 H_2O .

De terra rossa van Zlobin bevat sporen kalk en nog bijna 9% silikatisch gebonden kiezelzuur. Deze grondsoort is nog geen zuivere lateriet, maar is bezig te lateritiseeren. Het verweeringscomplex is reeds sterk basisch ($\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 0,4$). Zooals bekend komen tal van overgangsvormen naar zuivere lateriet voor. De verweering in de richting van lateriet is bij de terra rossa van Zlobin al zeer ver voortgeschreden. De door VAN BEMMELEN onderzochte bruine Deli-aarde¹⁾ is minder ver verweerd. Het verweeringscomplex A van deze grondsoort bevat op 1 mol. Al_2O_3 nog

¹⁾ Landw. Versuchs-Stationen, Band 37.

TABEL V.

Moleculaire samenstelling van het door zoutzuur ontleedbare verweeringscomplex A.

Grondsoort, Herkomst.	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Basen	Onderzocht door
Versche Zuiderzee-klei. .	1	3,1	0,48	1,18	VAN BEMMELEN.
idem (lichter). . . .	1	4,8	0,49	1,87	
Zware rivierklei Java . .	1	3,0	0,44	0,73	
idem Suriname.	1	2,7	0,2	0,41	
Löss, Gelderland. . . .	1	3,3	0,44	0,58	
Löss, Limburg	1	3,5	0,53	0,41	
Keileem Gelderland. . .	1	3,6	0,40	0,35	Rijkslandbouw- proefstation Wageningen.
idem	1	3,8	0,70	0,35	
Keileem, Drenthe. . . .	1	3,3	0,49	0,41	
Kleefgrond, Limburg . .	1	3,58	0,64	0,68 ¹⁾	

1,6 mol. SiO₂. Bovendien bevat deze grond nog 2,31% basen. Terloops moge hier opgemerkt worden, dat al deze laterietachtige gronden van zeer uiteenlopende vruchtbaarheid zullen zijn. Zuivere lateriet is uit den aard der zaak volkomen steriel; de terra rossa van Zlobin zal ook wel tot de zeer onvruchtbare gronden behooren, terwijl daarentegen de roodbruine Deli-aarde tot de meest gewilde gronden voor de tabakscultuur op Deli behoort²⁾. Er heerscht op dit punt nog zeer veel verwarring; de een

¹⁾ Dit cijfer heeft betrekking op de basen CaO, MgO, K₂O; de overige cijfers op alle vier basen. Aannemende het gemiddelde gehalte aan Na₂O van de andere 9 monsters, wordt dit laatste cijfers ± 0,75.

²⁾ Zie o. m. Grondsoortenkaart van een gedeelte van Deli door Dr. D. J. HISSINK, met bijbehorende toelichting; Uitgave 's Lands Plantentuin, Buitenzorg, 1901.

spreekt van vruchtbare, de ander van onvruchtbare lateriet. Het misverstand ontstaat, doordat degeen, die lateriet onvruchtbaar noemt, vrij zuivere lateriet bedoelt, terwijl degeen, die van vruchtbare lateriet spreekt, een slechts gedeeltelijk gelateritiseerd product op het oog heeft, dat nog betrekkelijk rijk aan plantenvoedingsstoffen is. De verwarring wordt veroorzaakt door de slechte gewoonte van sommigen om alles wat een roode kleur heeft, met den naam van lateriet te bestempelen. Men zal goed doen alleen de substantie Al_2O_3 a Fe_2O_3 b H_2O , die gedeeltelijk kristallijn kan zijn, plus onverweerbare mineraalfragmenten den naam van lateriet te geven.

Nà de uitlooging van de koolzure kalk en magnesia moet het achterblijvende residu van de kalkgesteenten uit het Karstgebied dus verder verweerd zijn in de richting van lateriet, in sommige gevallen zelfs tot zuivere lateriet (Zupanjac) en de vraag dient thans beantwoord te worden of inderdaad de voorwaarden voor de verweering daar ter plaatse zoodanig zijn, dat zij aanleiding geven tot de vorming van lateriet en laterietachtige formatie's. Ik herhaal hier nogmaals, dat ik onder lateriet versta het complex Al_2O_3 a Fe_2O_3 b H_2O , hetwelk gedeeltelijk tot den kristallijnen toestand overgegaan kan zijn, terwijl verder voorkomen grotere of kleinere hoeveelheden onverweerbare mineralen als kwarts, rutiel, zinkoon, enz. De laterietachtige gronden zijn gekenmerkt door het bezit van een basisch verweeringscomplex A, waarin op één molecule Al_2O_3 minder moleculen SiO_2 voorkomen dan in de kleigronden. Een grenscijfer is hier natuurlijk niet te geven; de verhouding $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ is bij de laterietachtige roodbruine Deli-aarde als 1:1,6, bij de terra rossa van Zlobin als 1:0,4. Deze laatste formatie is dus verder verweerd in de richting van lateriet, is verder gelateritiseerd dan de Deli-aarde.

IV. LATERIET EN LATERIETACHTIGE FORMATIE'S.

Lateriet en laterietachtige formatie's komen in hoofdzaak voor in streken met een tropisch humied klimaat en het is dus aan te nemen, dat dit klimaat bij uitstek gunstig is voor eene lateritiseering van de gesteenten. In een dergelijk klimaat zijn de omstandigheden uitermate gunstig voor de vorming van groote hoeveelheden humus, waarmede echter de humusontleding gelijken tred houdt, zoodat zich in den bodem veel koolzuur vormt. Reductieprocessen zijn, zoolang de bodem niet moerassig wordt, geen „Versumpfung” intreedt, buitengesloten, zoodat de zuurstof van de lucht steeds hare oxydeerende werking kan uitoefenen. En aangezien het

klimaat uitgesproken humied is, wordt de bouwkruid dus het geheele jaar door bij vrij hooge temperatuur uitgelooft door een stroom water, dat rijk is aan koolzuur en ook zuurstof bevat. Dit water lost de basen en het kiezelzuur van de gesteenten op, maar tast het Al_2O_3 en ook de ijzerverbindingen niet aan. Wel lossen deze laatste na de reductie van de ferri- tot ferroverbindingen in koolzuurhoudend water op. Maar ferriverbindingen zijn niet in koolzuurhoudend water oplosbaar, terwijl de ferrozouten door de aanwezige zuurstof tot ferrizouten geoxydeerd worden.

Wanneer men zich nu voorstelt, dat dit uitloogingsproces met koolzuur- en zuurstofhoudend water in streken met een heet, uitgesproken humied klimaat, dag in dag uit doorgaat; dat er nooit sprake is van een naar boven gericht waterstroom, die de weggespoelde verbindingen althans gedeeltelijk weer terugvoert; dat geen bemesting basen in den grond brengt, die de kolloïdale oplossingen van kiezelzuur uitvlokken en binden en daardoor het uitloogingsproces vertragen; dat geen grondbewerking plaats vindt, die — het zou mij te ver voeren dit uiteen te zetten ¹⁾ — ook vertragend op het verweeringsproces inwerkt; wanneer dan ten slotte dit uitloogingsproces gedurende zeer langen tijd op den bodem heeft kunnen inwerken, dan is men geneigd aan te nemen, dat onder deze omstandigheden alle gesteenten hunne basen en al hun silikatisch gebonden kiezelzuur zullen verliezen, zoodat — naast onverweerbare mineralen, als kwarts, rutiel, e.d. — alleen overblijven verbindingen van Al_2O_3 en Fe_2O_3 met water en wel oorspronkelijk in amorfen toestand; dat is dus zuivere lateriet.

Nu is evenwel eenige jaren geleden door STREMMER ²⁾ geconstateerd, dat door inwerking van koolzuurhoudend water op de bestanddeelen van graniet zich kaolien ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) vormen kan. „Da nach diesen Erörterungen Kohlensäure ein kaolinbildendes Agens ist, so erfolgt bei allen Prozessen, bei denen die Wirkung der Kohlensäure überwiegt, eine Zersetzung der Feldspäte in der Richtung auf den Rest $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$ “. Op grond van dit onderzoek komt men tot de conclusie, dat de aard van de gesteenten, die aan het verweeringsproces deelnemen, mede een overwegende rol speelt. Zelfs in een volhumied heet klimaat zouden dan veldspaten niet tot lateriet, maar tot kaolien verweeren.

¹⁾ Zie over de rol, die het ploegen in het verweeringsproces speelt, o.a. mijne verhandeling in het Archief voor de Suikerindustrie in Ned.-Indië, No. 21, 1915: Het verweeringssilikaat B in den bodem.

²⁾ C. GAGEL und H. STREMMER, Ueber einen Fall von Kaolinbildung im Granit durch einen kalten Säuerling; Centralblatt für Mineralogie, u.s.w., Jrg. 1909, 427 en 467. Zie ook mijne korte mededeeling in het Chemisch Weekblad, 1910, No. 12: Over kaolienvorming.

Onlangs is nu MOHR in dit tijdschrift ¹⁾ tot een zelfde gevolgtrekking gekomen. Op grond van het feit, dat hij nimmer een laterietgrond vond, waaruit *al* het silikatisch gebonden kiezelzuur verdwenen was, komt hij tot de opvatting, dat sommige mineralen — als alkaliveldspaat, glimmer — zelfs in een uitgesproken heet humied klimaat niet tot lateriet ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), maar tot kaolien ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), verweeren. Deze mineralen zouden volgens MOHR den kaolienkern in zich hebben. Nader onderzoek zal de juistheid van deze onderstelling moeten aantoonen, doch indien deze opvatting juist is, is het een reden te meer om — ter voorkoming van verwarring — alleen die formatie met den naam van lateriet te bestempelen, welke — naast onverweerbare mineralen — slechts Al_2O_3 , Fe_2O_3 en H_2O bevat.

Zooals ik reeds opmerkte, verkeerden de verbindingen van Al_2O_3 en Fe_2O_3 met water, die zich bij de lateritiseering van den bodem vormen, oorspronkelijk in den amorfen, dat is in den niet-kristallijnen toestand. ²⁾ In een amorse stof heerscht geen rust. Voortdurend grijpen veranderingen in haar physischen moleculairen toestand plaats. Er bestaat een streven, om van amorf kristallijn te worden en zoo zien we dan ook op den duur de amorse lateriet in kristallijne lateriet overgaan. Uit de amorse verbindingen van Al_2O_3 met water ontstaan bij dezen overgang twee mineralen, te weten hydrargilliet ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) en diaspoor ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Onder welke omstandigheden zich het eene en onder welke zich het andere mineraal vormt, is niet bekend; maar beide mineralen komen in lateriet voor. En uit het amorse gel van ijzeroxyd (Fe_2O_3 met water) vormen zich mineralen als goethiet ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en limoniet ($2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$).

Bij dit kristallisatieproces werken allerlei invloeden van chemischen en physischen aard mede. De aanwezigheid van koolzuur werkt de kristalvorming in de hand. Onder de physische oorzaken noem ik stooten, schokken en druk. Tengevolge hiervan kan het voorkomen, dat men in bepaalde richtingen de lateriet gekristalliseerd vindt, in andere richtingen niet.

Terwijl de amorse lateriet nog in zooverre als bodem kan worden aangemerkt, als ze althans nog eenig absorptievermogen bezit, is dit met de kristallijne lateriet niet meer het geval. We zijn met dit nieuwe gesteente uit het gebied der bodemkunde gekomen in dat der geologie en aanverwante wetenschappen.

Hiermede heb ik mijn opvattingen over het lateritisatieproces zoo beknopt mogelijk meegedeeld. Thans een enkel woord over andere opvattingen van de wijze waarop lateriet ontstaan is.

¹⁾ Over ijzerconcreties en lateriet in Nederlandsch-Indië door Dr. E. C. JULIUS MOHR; Deel III (1916) van dit tijdschrift, blz. 144—145.

²⁾ Ik ga hier nu niet in op de opvattingen van sommige kolloidchemikers, als VON WEIMARN, dat het begrip amorf overeenkomt met ultra-mikrokristallijn.

WEINSCHENK¹⁾ vat de laterietvorming niet op als verweeringsverschijnsel, omdat hij niet weet waar de kali en het kiezelzuur uit de glimmer en het veldspaat van de granieten gebleven is, „welche dann doch irgendwo wieder zur Ablagerung kommen oder sich in den Weltmeeren nachweisen lassen müssten.“ Ik meen echter, dat bijv. in Britsch-Indië naast lateriet groote afzettingen van achaat en chaledoon voorkomen. Verder vermeldt WEINSCHENK zelf, dat het water der zeeën daarom weinig kali en kiezelzuur bevat, omdat beide stoffen gretig door het planten- en dierenrijk worden opgenomen. WEINSCHENK meent, dat de geweldige groote hoeveelheid lateriet, die in de tropische streken voorkomen, „auf lokale, meist im Erdinnern vorhandene, also juvenile Ursachen zurückzuführen sind“. — Ik zou als voornaamste tegenwerping tegen deze opvatting willen wijzen op het voorkomen van allerlei overgangsvormen vanaf het onverweerde gesteente tot de zuivere lateriet toe en verder ook op de aanwezigheid van een gedeeltelijk gelateritiseerde massa onder het lateriet op de hoogte van den grondwaterspiegel.

Onder degenen, die de laterietvorming als een verweeringsverschijnsel beschouwen, heerscht echter ook lang geen eenheid in opvatting. Er zijn hier zeer vele theorieën opgeworpen. Men heeft gemeend, dat allerlei zuren en basen aan dit verweeringsproces medewerkten.

In de Geologische Rundschau, 1911 Bnd. II, Heft 4 is door W. MEIGEN een goed overzicht van de literatuur tot op 1911 gegeven²⁾.

MEIGEN komt tot de conclusie, dat voor de laterietvorming humuszuren niet aanwezig mogen zijn — en met deze opvatting ga ik geheel accoord — doch dat het geheele proces neerkomt op een hydrolytische splitsing van de gesteenten door zuiver water. „Die Entstehung des Laterits ist darauf zurückzuführen“, zegt MEIGEN aan het slot, „dass in den Tropen wegen der geringen Menge von Humusstoffen im Boden die hydrolytische Wirkung des Wassers auf die Silikate rein zur Geltung kommt, während die Verwitterung im gemässigten Klima in erster Linie unter Mitwirkung von Kohlensäure erfolgt.“

Ik moet tegen deze laatste theorie opkomen. Juist in een tropisch, vol-humied klimaat vormen zich groote massa's humusstoffen, die echter zeer spoedig ontleed worden en dan aanleiding geven tot het optreden van koolzuurrijk water. Het koolzuur moet dus in een tropisch klimaat bij het verweeringsproces een veel voornamer rol spelen, dan in een gematigd klimaat het geval is. Dat door zuiver water nagenoeg geen verweering intreedt, is door H. STRENME (zie o.a. Die Chemie des Kaolins, ³⁾ blz. 115)

¹⁾ WEINSCHENK, Gesteinskunde I, blz. 82—83.

²⁾ Zie verder OHLY, Intern. Mitteilungen für Bodenkunde III en LUZ, Kolloid-Zeitschrift XIV.

³⁾ Fortschritte der Mineralogie, u.s.w. 2. Band, 1912, S. 87—128.

meermalen aangetoond. Eerst wanneer of koolzuur of humuszuren aanwezig zijn, vindt een intensieve verweering van de gesteenten plaats.

Hoewel ik gaarne wil erkennen, dat over het proces der lateritische verweering nog tal van vragen overblijven, zoo meen ik toch, dat schromelijke vergissingen, zooals men die thans nog aantreft, in de toekomst vermeden kunnen worden, wanneer men zich slechts aan de bovengegeven uiteenzetting houdt.

In de eerste plaats zal men dan inzien, dat niet op de kleur van de formatie alleen mag worden afgegaan. Bij de verweering in een gematigd klimaat komt het ijzer weliswaar in beweging en wordt het gedeeltelijk weggevoerd, waardoor de grond gebleekt wordt, maar dit ijzer zet zich op andere plaatsen ook weer zeer gemakkelijk onder invloed van de oxydeerende werking van de luchtzuurstof af en verleent dan den bodem een meer of minder intensief roode kleur. Men kan dus wel degelijk in een klimaat, waar geen sprake is van een lateritische verweering, rood gekleurde gronden aantreffen; doch deze gronden hebben met lateriet niets anders gemeen dan de kleur. En men dient wel eens te bedenken, dat niet alles maar lateriet is, wat eene roode kleur bezit. Het doet toch vreemd aan te lezen, dat bijv. JENTSCH¹⁾, alleen op grond van de roode kleur van den *Wehlauer Ton* meent, „dass man es in diesem Ton mit einer dem Laterit verwandten Bildung, doch nicht mit echtem Laterit zu tun habe”.

V. IS TERRA ROSSA OP TE VATTEN ALS EEN PRODUCT VAN EENE LATERITISCHE VERWEERING?

Ik ga thans over tot beantwoording van de vraag of de lateritische verweering enkel en alleen voorkomt in een tropisch, humied klimaat, m. a. w. of het voorkomen van lateriet of laterietachtige gronden tot de tropen beperkt is. Zonder twijfel zullen de omstandigheden wel nergens zóó gunstig zijn als juist daar, maar eene verweering in de richting van lateriet, eene lateritisatie van die gesteenten dus, die daarvoor vatbaar zijn, zal volgens mijne opvattingen op den duur overal daar kunnen optreden, waar geen humuszuren aan het verweeringsproces deelnemen, de uitlooting van den bodem door koolzuur-houdend water plaats vindt en waar bovendien deze uitlooting niet onderbroken wordt, beter gezegd niet wordt

¹⁾ Zie Beiträge zur regionalen Verwitterung in der Vorzeit, von E. BLANCK; Mitt. der Landw. Institute Breslau, Sechster Band, Heft V, blz. 630.

tegegegaan door een opstijgenden waterstroom, die de uitgeloopte stoffen weer terugvoert.

In een koel klimaat met een winterperiode zijn deze voorwaarden niet vervuld en ook in een sub-tropisch klimaat zal slechts onder zeer bepaalde omstandigheden van een lateritische verweering sprake kunnen zijn. De omstandigheden voor een lateritische verweering zijn nu echter naar mijn meening wel vervuld in sommige streken van de landen om de Middellandsche Zee, n.l. in het Karstgebied, het gebied van de terra rossa.

De zomer is daar heet en droog, zoodat zich in deze periode weinig of geen plantenmassa vormt; de winters zijn niet koud, zoodat de omzetting van de weinige organische stof geregeld plaats heeft. Onder deze omstandigheden vormt zich een humusarme bodem. Te verwachten is een koolzuurverweering en geen humuszure verweering. Aan de eerste voorwaarde voor de lateriet-vorming is daarmee voldaan.

Aan de tweede voorwaarde: de regelmatige, niet onderbroken uitlooting van de gesteenten, is slechts onder bijzondere omstandigheden voldaan. Het klimaat is niet uitgesproken humied. RAMANN heeft zelfs, met het oog op den heeten, drogen zomer, vroeger gemeend het klimaat aried te moeten noemen. En ook nog in den laatsten druk van zijn werk „Bodenkunde” aarzelt hij op dit punt, maar meent toch ¹⁾, dat „während der Winterzeit humide Verhältnisse vorherrschen, welche, wie es scheint, für die Bodenbildung das Übergewicht erlangen.”

Ik ben van meening, dat dit alleen dan het geval is, wanneer de neerslag in de regenperiode, dus hoofdzakelijk in den winter, gelegenheid heeft geheel in den bodem weg te zinken en wel zóó diep, dat er in den warmen drogen zomer geen sprake is van een opstijgenden waterstroom. Deze conditie nu is vervuld in de kalkafzettingen. Het karakteristieke van het kalklandschap is onder meer gelegen in zijn lagenbouw, in de holen, die zich gevormd hebben, waardoor de geheele watercirculatie naar diepere lagen verplaatst is. Bovendien bezit de bodem een zeer gering absorptievermogen voor water; de bodem laat het water gemakkelijk door.

We hebben hier een mooi voorbeeld van den invloed, dien de aard en de bouw van het gesteente op het bodemvormingsproces kan uitoefenen, want naar mijne meening zal in het gebied om de Middellandsche Zee alleen op deze kalkafzettingen een laterietachtige bodem kunnen ontstaan; m.a.w. de lateritische verweering zal zich daar tot de karstformatie beperken.

Ik kom dus tot de gevolgtrekking, dat klimaat en plaatselijke gesteldheden van den bodem in het Karstgebied om de Middellandsche Zee zoodanig zijn, dat hier eene lateritische verweering optreedt. Terra rossa is nu op te vatten als het in de richting van lateriet verweerde residu

¹⁾ RAMANN, *Bodenkunde*, blz. 531 en 532.

van de kalkgesteenten. Het onomstootelijke bewijs voor deze stelling is te leveren door een onderzoek in te stellen naar de scheikundige samenstelling van dit residu, waarbij het dan verkregen moet worden door uitloogen van de koolzure kalk en magnesia met koolzuurhoudend water. Vooral zal het van belang wezen het residu van de kalkafzettingen te Zupanjac te onderzoeken, daar waar dit residu in den loop der tijden tot zuivere lateriet verweerd is.

In de laatste jaren is van meerdere zijden de terra rossa opgevat als een product van lateritische verweering, o.a. door Dr. P. VAGELER, wiens publicatie¹⁾ mij tot eenige kritiek aanleiding geeft. VAGELER zoekt de eerste vereischte voor een lateritische verweering in de neutrale tot basische reactie van het bodemwater. „Nun haben infolge des Mangels an organischen Substanzen die tropischen Böden, insbesondere alle, die sich in lateritischer Zersetzung befinden, neutrale bis ausgesprochen basische Reaktion. Das Kieselsäuresol ist aber gerade bei dieser Reaktion und höheren Temperaturen ausserordentlich stabil. Es gelangt daher nicht zur Koagulation, d.h. die Kieselsäure verschwindet mit dem Wasser. Wesentlich anders ist das Verhalten der beiden anderen Sole, der kolloidalen Oxyde resp. Hydroxyde (Al_2O_3 und Fe_2O_3). Beide werden schon durch geringe Mengen negativer Ionen koaguliert, wobei der nähere Charakter dieses Vorganges hier unentschieden bleiben mag, und zwar sind sie um so weniger stabil, je höher die Temperatur ist.“ — VAGELER schakelt hier geheel en al de werking van het koolzuur uit, terwijl het toch een feit is, dat zich in een lateriet-klimaat zeer groote hoeveelheden koolzuur vormen, tengevolge van de ontleding van de humusstoffen. Op grond van mijne onderzoekingen moet ik juist grooten invloed bij de lateritische verweering aan het koolzuur toekennen²⁾. Zoo vond ik bij een behandeling van ammoniumpermutiet³⁾ bij 30° Celsius bij een verdunning 1 op 1000, aan opgeloste bestanddeelen in procenten:

¹⁾ Physikalische und chemische Vorgänge bei der Bodenbildung in den Tropen, von Dr. P. VAGELER, Königsberg i. Pr.; Fühlings Landwirtschaftliche Zeitung, 59. Jaargang, 1910, blz. 873—889.

²⁾ Zie ook over den rol van het koolzuur: Intern. Mitteilungen für Bodenkunde, Band III, blz. 529—572, Die Charakterisierung des Bodens nach der molekularen Zusammensetzung des durch Salzsäure zersetzlichen silikatischen Anteiles des Bodens, von Herrn R. GANS in Berlin.

³⁾ Deze ammoniumpermutiet bevatte 45,60% SiO_2 , 23,56% Al_2O_3 , 6,21% NH_3 en 24,03% H_2O . Het is een lichaam, dat zeer veel overeenkomst vertoont met het absorbeerende bodemcomplex. (Zie verder over permutieten: De beteekenis van zeolietisch materiaal in de techniek, Chemisch Weekblad, 1909). Zie voor de hier medegedeelde cijfers mijn verhandeling: De binding van de ammoniakstikstof door permutiet enz., Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations, No. XIII (1913).

	Uitgeloogd met:	
	water.	koolzuur- houdend water.
SiO ₂	0,19	2,37
Al ₂ O ₃	0,13	0,06
Stikstof (N)	0,54	3,50

Verder vergeet VAGELER, dat de alkalische bestanddeelen bij de verweering het eerst en het volkomenst worden uitgeloogd. Er zijn nog groote hoeveelheden silikatisch gebonden kiezelzuur aanwezig, wanneer reeds nagenoeg alle basen verdwenen zijn¹⁾.

VAGELER wil nu verder ook het bestaan van de terra rossa verklaren door een hooge basiciteit van de bodemoplossing aan te nemen. „Hohe Basizität der Bodenlösung kann theoretisch in gewissen Grenzen die höheren Temperaturen ersetzen, d. h. zur Koagulierung der Sesquioxide (Al₂O₃ und Fe₂O₃) führen, während SiO₂ weggeführt wird. Wenn demgemäss in den Grenzgebieten der Tropen Roterden vom lateritischen Typus, d. h. mit vielen freien Hydroxyden¹⁾ zu erwarten sind, wird man sie auf solchen zur Alkalinität neigenden Lagerstätten suchen müssen. Die bekannte Terra rossa der Mittelmeerlande findet sich in der Tat nur oder doch in der weit überwiegenden Hauptmenge auf Kalk,”

Ook tegen deze stelling van VAGELER moet ik opkomen. De uitlooiing van de enorme massa's koolzure kalk en magnesia van de kalkgesteenten zal toch wel plaats vinden door koolzuurhoudend water. Zal nu de redeneering van VAGELER opgaan, dan moeten reeds tijdens de uitlooiing van de koolzure kalk en magnesia door koolzuurhoudend water enorme massa's silikatisch gebonden kiezelzuur in oplossing gaan, m. a. w. de lateritisatie nog vóór de uitlooiing van de carbonaten al zeer ver voortgeschreden zijn. Nu blijkt evenwel uit mijne onderzoekingen (zie blz. 200), dat door behandeling van 500 gram mergel, bevattende ongeveer 40 gram residu, met 800 Liter koolzuurhoudend water, slechts 628 milligram kiezelzuur in oplossing gaan, terwijl deze 40 gram residu toch ongeveer 10 gram silikatisch gebonden kiezelzuur bevatten. Bovendien is mij ge-

¹⁾ Zie o.m. Beitrag zur Kenntnis des Laterits, insbesondere dessen von Madagaskar, von MAX BAUER in Marburg; Neues Jahrbuch für Mineralogie, u.s.w., Festband, 1907.

²⁾ Deze opvatting van VAGELER, dat in laterietachtige gronden vrij Al₂O₃ en Fe₂O₃ voorkomt, is onjuist; dergelijke gronden bevatten een basisch verweeringsilikaat (zie verder blz. 203 en 206).

bleken, dat de uitlooging van het kiezelzuur door koolzuurhoudend water juist na de verwijdering van de koolzure kalk sneller gaat verlopen. Door uitlooging van 40 gram kleefgrond met 32 Liter koolzuurhoudend water ging 72 milligram kiezelzuur in oplossing, dat zou — als men deze omrekening mag uitvoeren — per 800 Liter niet minder dan 1800 milligram kiezelzuur zijn. Al moge het nu ook nog de vraag zijn, of dit laatste — dat door 800 Liter 1800 milligram wordt uitgeloozd, wanneer door 32 Liter 72 milligram verwijderd wordt — wel geheel juist is, zoo meen ik toch te hebben aangetoond, dat er geen sprake is van een verweering tot lateriet of tot een laterietachtige massa, zoolang nog koolzure kalk in noemenswaarde hoeveelheden aanwezig is.

Trouwens ook GANS komt tot de conclusie¹⁾ dat „die Aluminatsilikate somit durch CaCO_3 vor der Verwitterung geschützt werden“. Deze onderzoeker meent zelfs, dat „Hydrargyllit sich nicht bildet, auch nicht in den Tropen, wenn die Verwitterungslösungen stärker alkalisch sind, weil diese zur Bindung der Tonerde an die Kieselsäure Veranlassung geben und einer Abscheidung der Tonerde durch die CO_2 entgegenwirken“. GANS neemt eene chemische binding van Al_2O_3 en SiO_2 aan en „erst nach Sprengung dieser chemischen Bindung durch die CO_2 kann es, bei fehlender oder geringer Alkalität der Verwitterungslösung, zu einer kristallinen²⁾ Abscheidung des Tonerdehydrates kommen“.

Tenslotte mogen hier nog de resultaten van een onderzoek van VAN DER LEEDEN en SCHNEIDER³⁾ vermeld worden. Onderzocht werden eenigè grondsoorten, afkomstig o. a. van de plantages Westpare en Moshi in Duitsch Oost-Afrika. De monsters van Westpare zijn nog betrekkelijk rijk aan koolzure kalk (1 à 2%) en bevatten een sterk zuur verweerings-silikaat A ($\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 7$ à 12), terwijl dit silikaat in de monsters van Moshi, die aanzienlijk minder basen en geen carbonaten meer bevatten, veel minder zuur, ja soms zelfs sterk basisch is ($\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 3,9$ à 1,2).

Ten slotte zou ik — wanneer inderdaad de oorzaak van de lateritische verweering in het Karstgebied aan eene alkalische reactie van de bodemoplossing, tengevolge van de aanwezigheid van koolzure kalk, moest

¹⁾ Zie t. a. p., blz. 551 en 552.

²⁾ Of, zooals GANS zich denkt, het Al_2O_3 zich onmiddellijk kristallijn afzet, is nog de vraag. Naar mijne meening vormt zich eerst amorf $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, dat op den duur in den kristallijnen vorm kan overgaan. Bij dit kristallisatieproces werkt het koolzuur bespoedigend (zie o. a. VAN BEMMELEN en ook: Zur Bildung von Eisenglanz von Dr. WÖLBLING, Berlin, Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift, 2 Januar 1909, Jrg. 45, No. 1).

³⁾ Ueber neuere Methoden der Bodenanalyse und der Bestimmung der Kolloidstoffe im Boden, von Dr. RUDOLF VAN DER LEEDEN und Dr. FELIX SCHNEIDER, Berlin; Int. Mitt. für Bodenkunde, Band II, 81—109.

worden toegeschreven — willen opmerken, dat dan niet is in te zien, waarom ook het residu van de Limburgsche krijtafzettingen niet in de richting van lateriet verweerd zou zijn. En dit nu is zeker niet het geval, zooals reeds in de eerste plaats blijkt uit de totale samenstelling van het geheele verweeringssilikaat A van den kleefklei (zie blz. 202 en 204). Intusschen ware de mogelijkheid niet uitgesloten, dat dit verweeringssilikaat toch nog voor een gedeelte uit een basisch complex bestond. Ten einde dit na te gaan heb ik het monster kleefgrond B 144 nader onderzocht volgens de methode SCHLOESING.

SCHLOESING¹⁾ kookt den grond zachtjes gedurende ½ uur met eene verdunde loogoplossing en bepaalt dan, hoeveel Al₂O₃ en SiO₂ in oplossing gegaan zijn. Bij een onderzoek, dat zich over een groot aantal Fransche klei- en zavelgronden uitstreckte, blijkt slechts weinig Al₂O₃ (van 0,30%—1,70%) en SiO₂ (van 0,90%—3,60%) in oplossing te zijn gegaan, in moleculaire verhouding Al₂O₃ : SiO₂ = 1 : ongeveer 1,5 tot 4,8. Bij laterietachtige gronden uit Madagascar is het resultaat geheel anders. SCHLOESING vindt hier bijv.:

HERKOMST.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Moleculaire verhouding Al ₂ O ₃ : SiO ₂ = 1 :
	in procenten		
Gronden uit Madagascar (SCHLOESING)	1,61	11,72	0,23
	1,92	8,10	0,40
	0,94	11,40	0,14
Kleefgrond B 144 .	1,85	1,65	1,90
Residu B 146 . . .	1,62	0,61	4,52
Residu B 147 . . .	1,31	0,52	4,30

Op grond van dit onderzoek komt SCHLOESING tot de conclusie: „La plupart des échantillons de terres de Madagascar étudiées dans cette Note contiennent, en proportions souvent considérables, soit de l'alumine libre²⁾, soit un silicate de cette base très attaquable par une dissolution diluée de soude.”

In bovenstaande tabel is mede het resultaat van het onderzoek van den kleefgrond B 144 en van de residu's van de mergels B 146 en 147 volgens

¹⁾ Comptes Rendus, Tome 132 (Janvier—Juin 1901), 1203. Chimie agricole. Recherches sur l'état de l'alumine dans des terres végétales par M. TH. SCHLOESING.

²⁾ Door een scheikundig onderzoek kan niet worden uitgemaakt, of dit Al₂O₃ in vrijen toestand voorkomt.

SCHLOESING'S methode opgenomen. De hierbij verkregen procentgehalten liggen geheel in tusschen de waarden, door SCHLOESING voor de gewone Fransche klei- en zavelgronden gevonden. Het gehalte aan in loog oplosbaar Al_2O_3 bereikt in de Limburgsche monsters nergens de hoogte, door SCHLOESING in de laterietachtige formatie's van Madagascar gevonden. Wel is er eenig verschil tusschen de in verdunde loog oplosbare Al_2O_3 -gehalten van den kleefgrond en de residu's van de mergels. Dit kan als steun voor mijne stelling, dat deze kleefgrond het verweeringsproduct van deze residu's is, worden opgevat. Maar van eene verweering in de richting van lateriet is nog geen sprake.

Uit dit alles volgt met voldoende zekerheid, dat de lateritiseering van het residu van de kalkgesteenten in het Karstgebied niet is toe te schrijven aan eene alkalische reactie van de bodemoplossing. De voorstelling, die VAGELER geeft van het verloop van het lateritisatieproces komt mij onjuist voor; bij dit proces speelt het koolzuur een hoofdrol. Dat verder in het Karstgebied, niettegenstaande de betrekkelijk geringe regenval, eene lateritisatie van de gesteenten plaats heeft, vindt zijn oorzaak in den karakteristieken bouw van het kalklandschap, waardoor de watercirculatie naar diepere lagen verplaatst wordt. Niettegenstaande den betrekkelijk geringen regenval vindt toch eene intensieve uitlooding van den bodem plaats.

Vraagt men ten slotte of ook op de Limburgsche mergelafzettingen op den duur eene lateritisatie van het residu der kalkafzettingen, van den kleefgrond dus, zal plaats vinden, dan moet het antwoord hierop ontkennend luiden. In ons klimaat gaat de omzetting van de humusstoffen minder snel dan in de tropen of in het Karstgebied, zoodat op den duur eene humuszure verweering van den kleefgrond niet kan uitblijven. Wanneer het verweeringsproces niet door bemesting, grondbewerking en andere cultuurmaatregelen gestoord wordt, dan zal ook ten slotte in den kleefgrond het ijzer en het aluminiumoxyd onder invloed van de humussolen in beweging raken en er zal zich vormen bleekleem.

Wanneer ik in dit tijdschrift eenigszins uitvoerig een onderdeel van het verweeringsvraagstuk behandeld heb, dan is dit geschied, omdat het mij voorkwam, dat dit aan de beoefenaren van de geologische wetenschap niet onwelkom zou zijn. Reeds in 1822 is het door VON HOFF in zijne „Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche" scherp uitgesproken, dat de thans waar te nemen veranderingen der huidige aarde het eenige middel zijn om de geschiedenis der aarde na te gaan. En onlangs werd door JONKER ¹⁾ hier

¹⁾ Geologische Brieven, I, N. R. Courant.

