

LATERIET

DOOR

Dr. D. J. HISSINK.

Overgedrukt uit „De Indische Mercur” van 15 en 22 December 1916.

AMSTERDAM — J. H. DE BUSSY — 1916.



Er bestaat een zoo nauw verband tusschen bodem en klimaat, dat men gerechtigd is het geheele proces van de bodemvorming en -vervorming te beschouwen, als in hoofdzaak te zijn eene functie van het klimaat.

Nu is echter het klimaat in het algemeen een vaag begrip, omdat ieder dit begrip naar eigen werkkring, behoeften en belangen definieert en tot eene kennis tracht te komen van die bijzonderheden, die hem persoonlijk raken en die daardoor in zijn oog tot hoofdzaken worden. Met de erkenning, dat de geaardheid van den bodem in hoofdzaak is eene functie van het klimaat, heeft de bodemkundige dus de taak op zich genomen eene omschrijving van het klimaat te geven uit een bodemkundig oogpunt.

Gezien nu de groote rol, die het water bij de verweering van de gesteenten en in het organische leven, dus ook bij den opbouw van den bodem, speelt, zal het voor den bodemkundige van het grootste belang zijn te weten, wat er met den atmosferischen neerslag gebeurt. Het criterium voor den bodemkundige is wel of de neerslag de gelegenheid heeft door de gesteenten en den bodem heen te dringen en deze uit te loogen, dan wel, of de verdamping den neerslag overtreft. In het eerste geval noemt men het klimaat humied; in het laatste geval, in een aried klimaat, is er misschien tijdelijk eenige geringe uitlooding, die echter gevolgd wordt door eene opstijgende waterbeweging, waardoor de opgeloste stoffen wederom naar boven gevoerd worden.

Stelt men neerslag en verdamping resp. voor door de letters N en V, dan krijgt men het volgende schema:

$N > V$	$N = V$	$N < V$
volhumied	halfhumied	grens halfaried
		volaried

Gedefinieerd op deze wijze, hangt het klimaat af van den neerslag en van de factoren, die de verdamping beïnvloeden, dat zijn wel voornamelijk de temperatuur en de sterkte van den wind. In de koude luchtstreken is het klimaat ten gevolge van de geringe verdamping reeds humied bij een vrij geringen neerslag; in de tropen daarentegen moet de jaarlijksche neerslag al zeer groot.

zijn — 2000 millimeter en meer — voordat het klimaat volhumied is. Verder komt het ook aan op de verdeling van regenval en temperatuur; in vele streken bezitten sommige jaargetijden een humied, andere een aried klimaat. Buitenzorg bezit het geheele jaar door een volhumied klimaat; Mohr althans constateerde aldaar, zelfs in den drogen moesson, steeds eene benedenwaarts gerichte beweging van het water in den bouwkuin, steeds dus uitlooging. In Nederland wordt de bodem zeker gedurende herfst en lente voortdurend uitgeloozd; in strenge winters, wanneer de bodem bevroren is, houdt elke waterbeweging op, terwijl in warme, droge zomers een naar boven gerichte waterstroom kan worden waargenomen. Zoo constateerde ik bijv. in het jaar 1906, dat het gehalte aan keukenzout in de Zeeuwsche polders, die op 12 Maart van dat jaar ondergelopen waren, in de droge, warme Junimaand in de bovenste lagen toen en in de onderste lagen afnam.

In gebieden, die men tot de half humiede of half ariede kan rekenen, oefent ook de aard van den bodem weer invloed uit. Immers een zandgrond verhoudt zich ten opzichte van de hoeveelheid water, die afvloeit, anders dan een kleibodem, hetgeen uit de volgende berekening duidelijk zal worden. Stellen we bijv., dat de kleigrond een watercapaciteit van 25 volumeprocenten bezit en de zandgrond van 5 volumeprocenten, dan zal, wanneer beide gronden uitgedroogd zijn, een regen van 200 millimeter den kleibodem tot 4×200 millimeter = 8 decimeter met water verzadigen. De zandgrond is echter al door $\frac{800}{20} = 40$ millimeter regen tot die diepte van 8 dM. met water verzadigd en levert derhalve bij een regenval van 200 millimeter: 200 millimeter — 40 millimeter = 160 millimeter drainwater. Dit geval komt inderdaad veel voor: de zandgrond wordt uitgeloozd, de kleigrond niet of althans in mindere mate.

Ook de geaardheid van den ondergrond is van invloed op de waterbeweging in den bouwkuin. Eene zandige onderlaag laat het water beter door dan eene nagenoeg ondoorlatende laag bijv. van potklei. Zoo is, om een ander voorbeeld te nemen, het Karstgebied aan de Middellandsche Zee, niettegenstaande den betrekkelijk geringen neerslag en het milde klimaat, tot de humiede gebieden te rekenen, omdat het water ten gevolge van de geaardheid van het terrein zeer gemakkelijk afvloeit.

Door Treitz¹⁾ (Hongarije) is eene poging aangewend om het klimaat in cijfers uit te drukken. Hij gaat daarbij uit van het feit, dat de gezamenlijke werking van de atmosferische factoren, die van invloed zijn, dat zijn de temperatuur, de neerslag en de windsterkte, zich ten slotte afspiegelt in de spanning van de waterdamp in de lucht, in den vochtigheidstoestand van de

¹⁾ Comptes rendus de la première conférence internationale agrogéologique, Budapest (1909); Was ist Verwitterung, von P. Treitz, Budapest, blz. 135—136.

atmosfeer dus. Het komt er nu maar op aan dit begrip in één getal voor het geheele jaar uit te drukken. Treitz doet dat op de volgende wijze: Hij leest 's middags om 2 uur de temperatuur en den vochtigheidstoestand van de atmosfeer af en bepaalt dan het verschil tusschen de maximum spanning van den waterdamp bij die temperatuur en de afgelezen spanning en berekent vervolgens het gemiddelde van deze verschillen over het geheele jaar. Het aldus verkregen cijfer kan als maatstaf voor de verdamping dienen en geeft dus, zegt Treitz, „die Bedingungen an, die in grossen Zügen auch die Natur des an diesen Stellen gebildeten Bodens bestimmen”.

Het is duidelijk, dat dit jaarcijfer in een uitgesproken humied klimaat klein, in een uitgesproken aried klimaat daarentegen zeer groot is. Treitz geeft aan voor Helgoland, de plaats met de vochtigste atmosfeer in de Duitsche laagvlakte, het cijfer 19; voor Breslau, waar de formatie van de zwarte aarde begint, het cijfer 30. Tusschen 50—90 spreekt Treitz van een halfwoestijnklimaat, terwijl voor het woestijnklimaat het cijfer boven de 90 ligt.

Intusschen blijkt ook hieruit weder welk een innig verband er tusschen de beide factoren Bodem en Klimaat bestaat. En gezien de moeilijkheid om eene scherpe definitie van het klimaat te geven, zou men misschien nog beter omgekeerd te werk kunnen gaan; dat wil dus zeggen, men zou, uitgaande van het feit, dat de samenwerking van alle atmosferische invloeden aan de oppervlakte van het land eene karakteristieke geaardheid verleent, op grond van deze karakteristieke geaardheid de verschillende klimaatgebieden kunnen onderscheiden.

Ten slotte nog deze opmerking, dat ook moedergesteente en de gesteldheid van het terrein op het bodemvormingsproces van invloed zijn; maar deze invloeden treden, zoowel in een uitgesproken humied als in een uitgesproken aried klimaat op den achtergrond. Bezit het klimaat echter een minder uitgesproken karakter, zijn de drie factoren, die het klimaat beïnvloeden: warmte, neerslag en wind, meer regelmatig verdeeld, dan treden bodemvormingen op, die mede van de plaatselijke gesteldheden afhangen.

Met het oog op den grooten invloed, dien de plantengroei en vooral de daarmee gepaard gaande humusvorming op het bodemvormings- en bodemvervormingsproces uitoefent, moge hier thans een woord aan de vorming en omzetting van den humus en mede aan den aard van den humus gewijd worden. Ik bepaal mij tot de hoofdzaken.

Bij voldoende toetreding van de zuurstof van de lucht en bij gunstige levensvoorwaarden voor de medewerkende bacteriën, wordt de gevormde humus ontleed; de eindproducten van dit vermolmingsproces zijn koolzuur en water.

Tegenover dit vermolmingsproces staat het rottingsproces, dat is het uiteenvallen van samengestelde koolstofverbindingen in eenvoudige lichamen. Dit kan geschieden door aerobe organismen onder toetreding van lucht en het is zelfs zeer waarschijnlijk, dat bij het levensproces van alle aerobe organismen vermolmings- en rottingsprocessen naast elkander verlopen.

Maat het rottingsproces kan ook geschieden door anaerobe organismen, die de samengestelde koolstofverbindingen bij afwezigheid van luchtzuurstof afbreken en de *zuurstof van deze koolstofverbindingen zelve* voor hun levensproces gebruiken. Nu is echter in de organische resten niet voldoende zuurstof aanwezig om alle voorhanden koolstof en waterstof te oxydeeren, zoodat ook zuurstofvrije resten achterblijven.

Het spreekt wel van zelf, dat bij aanwezigheid van andere zuurstofrijke lichamen ook deze van hun zuurstof beroofd worden. Zoo bijv. de ferriverbindingen¹⁾, die tot ferro gereduceerd worden en met het gevormde koolzuur in oplossing gaan.

Het is dus duidelijk, waarom juist bij slechte toetreding van lucht of in nog hoogere mate bij afwezigheid van lucht de organische plantenoverblijfselen zich ophoopen en ten slotte tot veenvorming aanleiding geven. Kan echter de lucht in den bodem goed doordringen, dan worden de humusstoffen ten slotte ontleed en heeft geen ophooping van humus plaats.

Ook de temperatuur is hier van grooten invloed. In het zonnige heete klimaat wordt de van de planten afkomstige organische stof zeer snel verteerd; wel is de aanvulling daar door nieuwen plantenaafval zeer groot, maar de ontleding is in de meeste gevallen zóó aanzienlijk, dat zich nagenoeg geen humus vormen kan. Zelfs zal in een heet klimaat met veel regenval humusvorming zich wel voornamelijk tot boschgrond beperken. Doch ook daar kunnen de omstandigheden voor ontleding van de organische stoffen nog zeer gunstig zijn. Zoo vond men op Deli in een zandigen bodem, waarop zich een dicht oerwoud ontwikkeld had, slechts 1.7% humus. Zooals bekend is, kan intusschen ook in een tropisch klimaat — onder bepaalde omstandigheden — veenvorming optreden.

We zien dus in een tropisch vochtig klimaat eene groote massa plantenaafval ontstaan, die echter spoedig verteert; het gevolg is eene enorme koolzuurproductie in den bodem.

Mede van groot belang voor den gang van het bodemvormingsproces is de aard van den gevormden humus.

Welke chemische individuen in den humus voorkomen, is nog lang niet vastgesteld. Er is tegenwoordig een groote strijd gaande

¹⁾ IJzer (Fe) kan zijn drie- en tweewaardig. In ijzeroxyd (ijzerroest), dat is Fe_2O_3 , is ijzer driewaardig. Men spreekt van eene ferriverbinding. Door onttrekking van zuurstof (O), gaat ferrioxjde over in FeO , ijzeroxyduul of ferrooxyd.

over de vraag of in humus voorkomen humuszuren. Voor zover ik er thans over oordeelen kan, sta ik op het standpunt, dat er geen reden is, om het bestaan van zuren in den humus te ontkennen. Alleen moet men bedenken, dat deze zuren wel grootendeels in den kolloidalen toestand zullen voorkomen.

Buiten beschouwing latende of dit al of niet eene uiting is van de zure reactie van den humus, kunnen we toch als vaststaand feit aannemen, dat de humus een zeer groot vermogen bezit om basen (als kali, kalk, enz.) te binden, zij het dan, dat deze binding is de gewone binding van zuur voor base, zij het, dat we hier met eene soort van absorptieverbinding in den zin van Van Bemmelen te doen hebben.

Hoe meer nu de humus ontleed wordt, des te minder basen, als kalk, magnesia, kali, natron, zijn er noodig om den op een bepaald oppervlak gevormden humus te verzadigen; des te geringer is ook de kans, dat zich onverzadigde humus vormt. Bij ophooping van zeer groote massa's humus is de kans evenwel zeer groot, dat in den bodem niet voldoende basen aanwezig zullen zijn om den gevormden humus te verzadigen; er ontstaat onverzadigde humus.

Alleen wanneer de bodem zeer rijk aan basen is, kan zich bij groote ophooping van humus toch verzadigde humus vormen. Ik denk hier bijvoorbeeld aan den bekenden Alpenhumus, voorkomende op de kalkafzettingen.

Kan de lucht den bodem binnendringen en kunnen de aerobe bacteriën hunne taak dus goed vervullen en den gevormden humus ontleden, dan is in normale bodems eene voldoende hoeveelheid basen aanwezig om den gevormden humus te verzadigen — er vormt zich verzadigde humus.

Andere namen voor verzadigten en onverzadigten humus, die echter minder juist uitdrukken wat bedoeld wordt, zijn zure en milde humus. Deze benamingen zijn echter minder goed gekozen, omdat het onjuist is van slechts twee vormen van humus te spreken. Tusschen den geheel onverzadigten en den geheel met basen verzadigten humus zijn talloze overgangsstadia; milde en zure humus vormen dus slechts begin- en eindstadia van eene geheele reeks verbindingen.

In chemisch opzicht treden er nu zeer merkwaardige verschillen voor den dag tusschen den verzadigten en den onverzadigten humus. De verzadigde humus is een neutraal reageerend lichaam, dat wel water in groote hoeveelheden absorbeert, maar er noch eene echte, noch eene kolloidale oplossing mee vormt. De verzadigde humus is rijk aan basen; in aanraking met andere basen gebracht, heeft er uitwisseling plaats.

De onverzadigde humus is echter in water oplosbaar en wel des te meer, naarmate hij minder verzadigd is. Hij vormt met water echter geen echte oplossing, doch eene kolloïde oplossing, een zoogenaamde humussol dus, die het water eene donkere kleur

geeft. Deze humussolën werken nú — op welke wijze blijve hier in het midden — op allerlei in den bodem aanwezige verbindingen in. Zoo brengen humussolën de ijzer- en aluminiumverbindingen in den bodem en vooral ook het kiezelzuur in kolloïde oplossing in beweging.

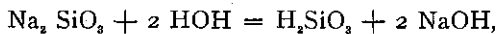
Zooals men ziet is het van groot belang voor het bodemvormingsproces of zich verzadigde of onverzadigde humus vormt. Bij goede toetreding van lucht en bij aanwezigheid van veel basen kan zich geen onverzadigde humus vormen. Ik voeg hier nog aan toe, dat ook de flora zelve van invloed is. Veel is hierover niet bekend. De beuk bijvoorbeeld vormt al zeer gemakkelijk zuren humus; heide veel minder gemakkelijk. Ook de spar vormt geen groote hoeveelheden onverzadigden humus, misschien omdat de humus van de spar rijk is aan was- en harsachtige lichamen.

Na het bovenstaande zal thans de vraag beantwoord kunnen worden, welk bodemvormingsproces zich afspeelt in een heet en volhumied klimaat, zooals dat bijv. in Buitenzorg heerscht.

De omstandigheden zijn hier uitermate gunstig voor eene zeer groote humusvorming, waarmede echter de humusontleding gelijk tred houdt, zoodat zich in den bodem eene aanzienlijke hoeveelheid koolzuur vormt. Reductieprocessen zijn, zoolang de bodem niet moerassig wordt, geen „Versumpfung” intreedt, buitengesloten, zoodat de zuurstof van de lucht hare oxydeerende werking steeds kan uitoefenen. Daarbij komt, dat wij ons bevinden in een uitgesproken humied klimaat. De bouwkruin wordt dus het geheele jaar door bij vrij hooge temperatuur uitgeloogd door een stroom water, dat rijk is aan zuurstof en koolzuur. Welke is nu de chemische werking van dit water op de gesteenten en op den bodem.

In de eerste plaats dient dan opgemerkt te worden, dat het begin van de verweering van het nog versche gesteente toe te schrijven is aan de hydrolytische werking, welke reeds zuiver water op de aluminiumsilikaten uitoefent.¹⁾

Onder hydrolyse of hydrolytische dissociatie wordt verstaan het uiteenvallen van een zout in base en zuur onder opname van de bestanddeelen van water. Bijv.



mits men zich maar voorstelt, dat zich niet vormt een bepaald kiezelzuur, doch veel meer een soort absorptieverbinding SiO_2 a H_2O , hetzij in gel-, hetzij in den sol-toestand.

¹⁾ De gesteenten, die bijdragen tot den opbouw der bouwaaarde, bestaan in hoofdzaak uit kiezelzuur (SiO_2), aluminiumoxyd (Al_2O_3), ijzeroxyd en -oxyduil (Fe_2O_3 en FeO), kalk (CaO), magnesia (MgO), kali (K_2O) natron (Na_2O) en water (H_2O) en geringe hoeveelheden phosphorzuur (P_2O_5) en zwavelzuur (SO_3).

koolzuurhoudend water echter aanzienlijk minder; practisch bevatte het koolzuurhoudend water geen Al_2O_3 .

Dit laatste is geen nieuws; Al_2O_3 is in koolzuurhoudend water onoplosbaar. Dit leeren ons reeds de koolzuurrijke minerale wateren, die door allerlei aluinaarde-houdende gesteenten dringen en ook de gewone wateren, die met minder koolzuur bedeed, over de aluinaarde-houdende aardoppervlakte strijken. Geen enkel van deze wateren bevat meer dan sporen Al_2O_3 , indien althans zwavelzuur of andere zuren dan koolzuur afwezig zijn.

Ik voeg hier onmiddellijk aan toe, dat ook ferrizouten niet worden aangetast door koolzuurhoudend water. Worden de ferriverbindingen eerst gereduceerd tot ferrozouten, dan kan het koolzuurhoudend water deze ferrozouten oplossen, maar bij toetreding van zuurstof en koolzuurhoudend water worden geen ferrizouten opgelost, worden zelfs mogelijk aanwezige ferrozouten weer in ferrizouten omgezet.

Wanneer wij dit alles in aanmerking nemen, dan zien we dus onder invloed van zuurstofrijk en vooral sterk koolzuurhoudend water de basen en het silikatisch gebonden kiezelzuur weggevoerd en achterblijven aluminiumoxyd (Al_2O_3) en ijzeroxyd (Fe_2O_3) in min of meer waterrijken, gehydrateerden vorm, benevens het onverweerbare kwarts (dat is kristallijn kiezelzuur (SiO_2) en andere onverweerbare mineralen.¹⁾

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 kolloidale oplossing 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, ook vertragend op het verweeringsproces werkt; wanneer dan ten slotte dit uitloogingsproces zeer lang op den bodem heeft kunnen inwerken, dan is men geneigd aan te nemen, dat onder deze omstandigheden alle gesteenten ten slotte al hunne basen en phosphorzuur en al hun silikatisch gebonden kiezelzuur zullen verliezen, zoodat — naast onverweerd kwarts en andere onverweerbare mineralen — alleen overblijven verbindingen van Al_2O_3 , Fe_2O_3 met water en wel oorspronkelijk in amorfen toestand.

Dit complex noem ik lateriet. Hoofdbestanddeel van lateriet is overeenkomstig deze uiteenzetting het aluminiumoxyd, aan

¹⁾ Zij, die over de scheikundige samenstelling van den bodem, nader iets willen lezen, worden verwezen naar mijn artikel: „De Bodem” in Van Gorkom's Oost-Indische Cultures, Deel I, waarvan binnenkort een tweede druk verschijnt.

meer of minder water gebonden. Naar gelang in het oorspronkelijke gesteente ijzer aanwezig was, is in de gevormde lateriet voorhanden Fe_2O_3 , aan water gebonden in amorfen toestand. Dit ijzeroxyd verleent de lateriet een roode kleur. Verder zullen kunnen voorkomen kristallijn, kwarts of andere onverweerbare mineralen.

De diepte van de laterietvorming hangt geheel samen met de diepte, waarop het uitloogingsproces zich kan doen gelden. Onder den grondwaterspiegel vormt zich uit den aard der zaak geen lateriet.

Onlangs heeft Mohr ¹⁾ de conclusie, dat al het silikatisch gebonden kiezelzuur zelfs in een uitgesproken lateriet-klimaat zou worden uitgewasschen, voorbarig genoemd. 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 heet, uitgesproken humied klimaat niet tot lateriet ($\text{Al}_2\text{O}_3 + a \text{H}_2\text{O}$), maar tot kaolien ($\text{Al}_2\text{O}_2 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) verweeren.

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 opmerkte, verkeeren 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 amorphe 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 amorphe lateriet in kristallijne lateriet overgaan. Uit de amorfe 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 diaspor ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). 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 amorphe 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

¹⁾ Over ijzerconcreties en lateriet in Nederlandsch-Indië door Dr. E. C. Julius Mohr; Verhandelingen van het Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap, Geologische Serie, Deel III, 1916, 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 ultramikrokristallijn.

kan het voorkomen, dat men in bepaalde richtingen de lateriet gekristalliseerd vindt, in andere richtingen niet.

Terwijl de amorfe lateriet nog in zooverre als bodem kon worden aangemerkt, als ze althans nog eenig absorptievermogen bezat, 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 mijne opvattingen over het lateritiesatie-proces zoo beknopt mogelijk medegedeeld. Thans een enkel woord over *andere* opvattingen van de wijze, waarop lateriet ontstaan is.

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 hoeveelheden lateriet, die in de tropische streken voorkomen, „auf lokale, meist im Erdinnern vorhandene, also juvenile Ursachen zurückzuführen sind”. — Ik zou als voor-naamste 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 eene 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 vele theorieën opgeworpen. Men heeft gemeend, dat allerlei zuren en basen aan dit verweeringsproces medewerkten. In de *Geologische Rundschau*, 1911, Bd. II, Heft 4 is door W. Meigen een goed overzicht van de litteratuur tot op 1911 gegeven.²⁾

Meigen komt tot de conclusie, dat voor de laterietvorming humuszuren niet aanwezig mogen zijn en dat het geheele proces neerkomt op eene hydrolytische splitsing van de gesteenten door zuiver water. „Die Entstehung des Laterits ist darauf zurückzuführen”, zegt Meigen aan 't 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

¹⁾ Weinschenk, *Gesteinskunde* I, blz. 82—83.

²⁾ Zie verder Ohly, *Int. M. für Bodenkunde*, III en Luz, *Kolloid-Zeitschrift*, XIV.

„Klima in erster Linie unter Mitwirkung von Kohlensäure „erfolgt“.

Ik moet tegen deze theorie opkomen. Juist in een tropisch, volhumied klimaat vormen zich groote massa's humusstoffen, die echter zeer spoedig ontleed worden en dan aanleiding geven tot het optreden van koolzuur-rijk water. Het koolzuur moet dus in een tropisch klimaat bij het verweeringsproces een veel voorname rol spelen, dan in een gematigd klimaat het geval is.

Dat door zuiver water nagenoeg geen verweering intreedt, is door H. Stremmen (zie o.a. „Die Chemie des Kaolins“, blz. 115) meermalen aangetoond. Eerst wanneer of koolzuur of humuszuren aanwezig zijn, vindt eene intensieve verweering 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 wel is waar 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 een roode kleur bezit. Het doet toch vreemd aan te lezen, dat bijv. Jentsch, 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“.

Dan dient men verder te bedenken, dat op verschillende plaatsen het laterietisatieproces nog in vollen gang is. Men treft hier dus tusschenstadia aan en deze tusschenstadia zijn uit den aard der zaak aluinaardesilikaten met meer of minder basen. Het is dan ook zeer begrijpelijk, dat verschillende onderzoekers in wat zij lateriet noemen naast elkander aantreffen hydrargilliet en klei en kaolien. Zij vergissen zich alleen maar hierin, dat het geen lateriet en geen kaolien en geen hydrargilliet is, wat zij gevonden hebben, maar een zeer samengesteld complex van de samenstelling: $Al_2O_3 \cdot x SiO_2 \cdot y$ Basen, beneven ijzerhydroxyd en onverweerde mineraalfragmenten en kwarts, waarin x en y kleiner zijn, naarmate het laterietisatieproces verder voortgeschreden is. Het kan nu toevallig zijn, dat y nagenoeg 0 en x ongeveer 2 is, doch dan mag daaruit niet geconcludeerd worden tot het optreden van kaolien, zoolang althans het kaolien niet microscopisch is aangetoond.

Men kan ook zeer wel vrij dicht naast elkander aantreffen meer of minder zuivere lateriet en een gedeeltelijk gelateritiseerd product. Het hangt geheel van plaatselijke omstandigheden af, hoe ver de lateritisatie gevorderd is. Zoo vinden we bijv. in Deli in de hooger gelegen streken, waar de grondwaterstand laag is, de roode gronden, die reeds vrij ver gelateritiseerd zijn, terwijl in de lagere streken dit proces nog niet zoo ver voortgeschreden is. De roode Deligronden zijn niet heel vruchtbaar meer, terwijl de lager gelegen chocoladekleurige gronden tot de vruchtbaarste gronden voor de tabakscultuur behooren. Het is ons nu ook duidelijk, hoe het mogelijk is, dat de een spreekt van vruchtbaar, de ander van onvruchtbaar lateriet. Houdt men zich streng aan de hierboven gegeven definitie, dan is lateriet natuurlijk volkomen onvruchtbaar. Op een bodem, die uit onverweerbare mineralen als kwarts en verder slechts uit Al_2O_3 en Fe_2O_3 bestaat, kan niets groeien. Er zijn geen plantenvoedingsstoffen, als kalk, kali, stikstof, phosphorzuur, om slechts de voornaamste te noemen, aanwezig. 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.

Ten slotte moet ook rekening gehouden worden met jongvulkanische uitbarstingen. Zoo komt in het Z.W. van de Lampongs (Zuiden van Sumatra), dank zij de daar aanwezige jonge vulkanen, veel goede grond voor; de gronden uit het N.O. van dit district, waar jonge vulkanen ontbreken, zijn volkomen gelateritiseerd en niet meer dan eene grondruine. Op Java komt het eindpunt, de zuivere lateriet, niet voor; herhaalde vulkanische uitbarstingen hebben de half gelateritiseerde gesteenten weer met versch materiaal bedekt. Hetzelfde verschijnsel valt op te merken langs Sumatra's Oostkust. Het eigenlijke landschap Deli grenst aan het hooggebergte, waar zich vulkanen bevinden en het is dit gedeelte van de langs Straat Malakka zich uitstrekende strook geweest, hetwelk bij erupties herhaaldelijk met nieuw versch materiaal overdekt is geworden. Langkat en Seidang en verder Zuidelijk Padang en Bedagei hebben dit versch materiaal niet ontvangen — de lateritisatie is hier verder voortgeschreden.

Men gevoelt na deze uiteenzetting, dat het verkeerd is, enkel en alleen afgaande op de roode kleur van een formatie, van lateriet te spreken. In verband hiermede moge worden opgemerkt, dat het nog zeer de vraag is, of lateriet wel in afzettingen van 80 tot 100 Meter diepte voorkomt en of men hier weer niet enkel en alleen op grond van de roode kleur den naam van lateriet gegeven heeft. Eerst dient door een onderzoek goed te worden vastgesteld, welke de scheikundige samenstelling van de formatie is en ook welke mineralen er in voorkomen.

Het scheikundig onderzoek vindt het beste plaats volgens Van Bemmelen (door behandeling met verdund en met sterk zoutzuur) of door behandeling met loog volgens Schloesing. Eenige analyses van lateriet en laterietachtige gronden mogen hier vermeld worden.

Samenstelling van eenige monsters lateriet in procenten der bij 105° Celsius gedroogde stof.

	I	II	III
Vast gebonden water (H ₂ O)	14,4 pCt.	26,0 pCt.	25,0 pCt.
Al ₂ O ₃ } Ontleed door sterk	29,5 "	49,9 "	50,5 "
Fe ₂ O ₃ } zoutzuur	4,6 "	20,1 "	23,4 "
Onoplosbaar SiO ₂ (kwarts).	52,0 "	3,9 "	0,7 "

Monster I bevat veel kwarts en weinig ijzer; de beide andere monsters weinig kwarts en veel ijzer. Basen komen niet voor; evenmin silikatisch gebonden kiezelzuur. De analyses I, II en III hebben betrekking op zuivere lateriet.

Geheel andere resultaten verkreeg Van Bemmelen bij het onderzoek van de roodbruine Deliaarde.¹⁾ Deze bevatte in procenten van bij 105° Celsius gedroogden grond:

Vastgebonden water (H ₂ O).	12,5 pCt.			
Humus	5,1 "			
Ontleed door sterk zoutzuur.	<table border="0"> <tr> <td rowspan="5"> $\left. \begin{array}{l} P_2O_5 \dots 0,2 \text{ pCt.} \\ \text{Basen} \dots 2,31 \text{ " } \\ Fe_2O_3 \dots 6,9 \text{ " } \\ Al_2O_3 \dots 25,31 \text{ " } \\ SiO_2 \dots 23,72 \text{ " } \end{array} \right\}$ </td> <td>Samen</td> <td>58,44 "</td> </tr> </table>	$\left. \begin{array}{l} P_2O_5 \dots 0,2 \text{ pCt.} \\ \text{Basen} \dots 2,31 \text{ " } \\ Fe_2O_3 \dots 6,9 \text{ " } \\ Al_2O_3 \dots 25,31 \text{ " } \\ SiO_2 \dots 23,72 \text{ " } \end{array} \right\}$	Samen	58,44 "
$\left. \begin{array}{l} P_2O_5 \dots 0,2 \text{ pCt.} \\ \text{Basen} \dots 2,31 \text{ " } \\ Fe_2O_3 \dots 6,9 \text{ " } \\ Al_2O_3 \dots 25,31 \text{ " } \\ SiO_2 \dots 23,72 \text{ " } \end{array} \right\}$			Samen	58,44 "
			Ontleed door zwavelzuur totaal	4,0 "
			Mineraalfragmenten (Hoornblende, Veldspaat, Magnetiet, enz.)	20,0 "
				100,04 pCt.

In de eerste plaats kan uit deze cijfers de conclusie getrokken worden, dat de roodbruine Deli-aarde bezig is te lateritiseeren. Het door sterk zoutzuur ontleedbare verweeringssilikaat toch bevat op 25,31 deelen Al₂O₃ slechts 23,72 deelen SiO₂, dat is in moleculen uitgedrukt op 1 molecule aluminiumoxyde (Al₂O₃) slechts 1,6 molecule kiezelzuur (SiO₂). Bij kleigrond is dit verhoudingsgetal grooter, ongeveer 3. Ook het gehalte aan basen, hoofdzakelijk kalk en kali, is in de roodbruine Deli-aarde naar verhouding lager dan in klei. Nog sterker komt het karakter van deze Deli-aarde voor den dag, als men haar met verdund zoutzuur behandelt. Daarin lossen op 7,9% Al₂O₃ en 4,7% SiO₂, dat is in moleculen uitgedrukt 1 Al₂O₃ op 1 SiO₂. Door koken met verdund zoutzuur wordt dus een nog basischer silikaat ont-

¹⁾ Landw. Versuchsstationen 37.

leed. Dit alles wijst er op, dat kiezelzuur en basen naar verhouding sterker zijn uitgewasschen dan bij kleigronden het geval is.

Maar in de tweede plaats blijkt uit deze cijfers ook, dat de roodbruine Deli-aarde op verre na nog geen lateriet is. Ze bevat niet minder dan 23,72 % silikatisch gebonden kiezelzuur, (plus dat silikatisch gebonden kiezelzuur, dat door zwavelzuur wordt ontleed) en toch nog 2,31 % basen en zelfs nog 0,2 % phosphorzuur. Deze laterietachtige grond behoort tot de meest vruchtbare gronden, die op Deli voor de tabakscultuur in gebruik zijn.

Als oorzaken voor deze vruchtbaarheid noemde Van Bemmelen reeds in 1890: een hoog gehalte aan humus, stikstof en phosphorzuur en een goed gehalte aan gemakkelijk oplosbare kali. Verder voegt hij er aan toe, dat deze grond niet hard wordt, maar indroogt tot een gemakkelijk fijn te wrijven korrelige massa.

Bij dit laatste punt wil ik iets nader stilstaan, omdat de betrekkelijk geringe plasticiteit een eigenschap is van alle laterietachtige gronden. Plasticiteit is de eigenschap van den bodem, om met water een kneedbare massa te vormen, die na drogen hard wordt. Zware gronden zijn in hooge mate plastisch; duingronden missen deze eigenschap geheel. Er moet dus wel een zeker verband bestaan tusschen plasticiteit en gehalte aan kleine deeltjes: de sterk plastische kleigronden zijn rijk aan fijn materiaal, terwijl dit in het niet-plastische zand niet of nagenoeg niet voorkomt. Verschillende middelen kunnen de plasticiteit verminderen; kalk en humus werken als zoodanig, zeer waarschijnlijk omdat zij beiden de kleine deeltjes uitvlokken. Nu is het een feit, dat de kleine ijzer- en de kleine kleideeltjes elkander onderling uitvlokken en het wij mij voorkomen, dat hieraan de betrekkelijk geringe plasticiteit van verschillende, door ijzerverbindingen rood gekleurde gronden, te danken is. Men treft dit verschijnsel volstrekt niet alleen bij de roode laterietachtige gronden aan. Reeds in 1860 beschrijft Van Bemmelen¹⁾ de Groninger roodoorngronden als volgt (blz. 120): „Roodoorn laat het water gemakkelijk door, zij kan veel water verdragen zonder nat te worden, zij is een mottige ligte grond; zij wordt niet ligt door nat, al regent het er lang op”. Zeer terecht merkt Van Bemmelen dan verder op, dat deze eigenschappen van de roodoorngronden zijn toe te schrijven aan het groote gehalte humusdeelen en fijn verdeeld ijzeroxyde (blz. 120 en blz. 164—165). Des te meer verwondering wekt het, wanneer we Van Bemmelen later verband zien zoeken tusschen de plasticiteit van den bodem en de geringe basiciteit van het verweeringssilikaat, dat is dus het laterietachtige karakter van den bodem. Zooals gezegd, moet de

¹⁾ Bouwstoffen tot de kennis van de kleigronden der provincie Groningen door J. M. van Bemmelen. Scheikundige Verhandelingen en Onderzoekingen, uitgegeven door G. J. Mulder. Derde Deel, tweede stuk (1863).

betrekkelijk geringe plasticiteit van de door ijzeroxyd roodachtig gekleurde gronden worden toegeschreven aan de elkander onderling uitvlokkende werking van de ijzer- en kleideeltjes.

Ten slotte vermeld ik hier nog de resultaten, door Atterberg verkregen bij een onderzoek van „lateriet”, afkomstig van Santa Teresa, Brazilië. Het complex, dat door zoutzuur ontleed werd, bevatte:

SiO ₂	6,30 pCt.;	Al ₂ O ₃	5,91 pCt.;	Fe ₂ O ₃	6,68 pCt.
CaO	0,0 „	MgO	10,16 „	Na ₂ O	0,23 „
K ₂ O	0,64 „				

De verhouding mol. Al₂O₃ : mol. SiO₂ is hier gelijk 1 : 1,81. Het verweeringssilikaat is dus zeer basisch. Ook hier zien we een bodemformatie, die bezig is te lateritiseeren, maar deze Braziliaansche grond is nog bij lange na geen lateriet. Ik deel deze analyse mede, omdat ze mij gelegenheid geeft te wijzen op de geheel verkeerde conclusie, die Atterberg uit deze resultaten trekt. Aangezien de verhouding Al₂O₃ : SiO₂ ongeveer gelijk 1 : 2 is, meent Atterberg, dat kaolien aanwezig is en wel in den in zoutzuur oplosbaren vorm Nakriet.

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 een verweering in de richting van lateriet, een lateritisatie van de gesteenten dus, zal volgens mijn opvattingen op den langen 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 tegengegaan door een opstijgende 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 roode aarde (Terra rossa).

De zomer is daar heet en droog, zoodat zich in deze periode weinig of geen plantenmassa vormt; de winsters 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 laterietvorming is daarmede voldaan.

Aan de tweede voorwaarde: de regelmatige, niet onderbroken uitlooging 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 Uebergewicht 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.

Nu komt op deze kalkafzettingen een roode aarde voor en het zijn bepaald deze roode gronden op de kalkgesteenten, die we met den naam van Terra rossa zullen bestempelen. Volgens de vrij algemeen heerschende opvatting is deze terra rossa het onoplosbare residu, dat in alle kalkgesteenten in meerdere of mindere mate voorkomt. In zeer zuivere kalken vond Tučan ²⁾ slechts 0,32 % rest. Leiningen ³⁾ 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 diepte te vormen. Sommigen zien hierin 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

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

²⁾ *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, XXXIV, Beilage Band.

³⁾ *Beiträge zur Oberflächen-Geologie und Bodenkunde Istriens* von Dr. Wilhelm Graf zu Leiningen. *Naturwissensch. Zeitschr. für Forst und Landwirtschaft*, 1913 (Heft 1 en 2).

geweest zou zijn de kleine hoeveelheid onoplosbare bestanddeelen mee te slepen. „Dasselbe Wasser”, zegt Walther,¹⁾ „dass die gelöste Kalkmasse entführte, ist kräftig genug, um auch den unlöslichen Staub mit hinwegzunehmen”. Dit bezwaar van Walther en anderen 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. Intusschen is het directe bewijs alleen te leveren door eene vergelijking van de terra rossa met de onoplosbare rest van het kalkgesteente ter plaatse. Dit onderzoek kan zijn mineralogisch of chemisch. Door Tučan is een mineralogisch onderzoek ingesteld en dit onderzoek heeft bewezen, dat de terra rossa bijna geheel bestaat uit dezelfde mineralen, die in het onoplosbare residu voorkomen. Deze overeenkomst is voor Tučan een onomstootelijk bewijs voor de juistheid zijner stelling, dat de terra rossa het onoplosbare residu is van de kalken en dolomieten.

Wat is nu de samenstelling zoowel van de terra rossa als van het onoplosbaar residu van de kalkgesteenten en dolomieten? De hoofdmassa in beide is volgens Tučan eene amorfe substantie, die in vergelijking met de mineralen rijkelijk voorhanden is. Van de mineralen treden dan weer op den voorgrond kwarts, glimmer en de epidootgroep.

Wat is nu deze amorfe substantie? In zijne publicatie „Die Kalksteine und Dolomite des kroatischen Karstgebietes”, die ik niet gelezen heb, omdat ze verschenen is in de Annales géologiques de la Péninsule balcanique (6, Heft 2, p. 609, Belgrad, 1911), zegt Tučan (zie „Neues Jahrbuch”, 1912, 411, noot 1) nog, dat de amorfe substantie, die in het onoplosbare residu aanwezig is, uit aluinaardesilikaten en aluminiumhydroxyd bestaat. Bij het onderzoek van de terra rossa zelf heeft hij echter den rijkdom aan Al_2O_3 opgemerkt en in een enkel geval zelfs een mengsel gevonden van nagenoeg zuiver Al_2O_3 , Fe_2O_3 en H_2O met vrij veel Rutiel. En nu wordt maar beweerd, zonder verder eenig bewijs te geven, dat ook de amorfe substantie van het onoplosbare residu eene verbinding van Al_2O_3 met water is, met meer of minder Fe_2O_3 bijgemengd.

Omdat de conclusies, die Tučan uit zijne onderzoekingen trekt, weer eene bijdrage leveren tot de kennis van de onjuiste opvattingen, die bij sommigen nog op dit gebied heerschen, meen ik geen onnut werk te doen door eenige kritiek op de publicatie van Tučan uit te oefenen.

Tučan geeft dan in de eerste plaats de analyse van terra rossa, afkomstig van Zupanjac. Het onderzoek vond op de bekende

¹⁾ J. Walther, Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft, Jena (1893), blz. 562.

wijze plaats, door ontleden van de stof door koken met sterk zoutzuur; het silikatisch gebonden kiezelzuur, dat zich daarbij kolloidaal afscheidt, wordt bepaald door oplossen in loog. Daarna wordt de samenstelling van de door zoutzuur niet ontlede bestanddeelen door behandeling met fluorwaterstof bepaald.

De terra rossa van Zupanjac bevat nu:

Al ₂ O ₃	55,37 pCt.	} samen	90,58 pCt.
Fe ₂ O ₃	21,76 „		
H ₂ O.....	13,45 „		
Rutiel. (TiO ₂).....	8,51 „		
eenig zirkoon.....	± 0,91 „		
			100,00 pCt.

Silikatisch gebonden kiezelzuur is niet aanwezig. De terra rossa van Zupanjac blijkt zuiver lateriet te zijn: *alle* basen en *al* het silikatische gebonden kiezelzuur zijn verdwenen. Achtergebleven zijn, naast onverweerde mineralen, de hydrogels van Al₂O₃ en Fe₂O₃.

Tučan verdeelt nu echter 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 Diaspor (Al₂O₃ · H₂O te vormen; 3,7 % H₂O vormen met de 21,76 % Fe₂O₃ eenvoudig 2 Fe₂O₃ · H₂O en om de kleintjes niet over het hoofd te zien, noteert Tučan 0,01 % water als niet gebonden. Aangezien echter microscopisch deze massa geheel amorf is, maakt hij van Al₂O₃ · H₂O niet Diaspor, doch het gel van Diaspor en noemt dit sporogeliet en van 2 Fe₂O₃ · 3 H₂O niet limoniet, doch ijzerhydroxydgel. Van de opvattingen van Van Bemmelen, dat dergelijke gels geen bepaalde samenstelling bezitten en er dan ook geen bepaalde chemische formules aan toegekend mogen worden, maar dat men eenvoudig te schrijven heeft: x Al₂O₃ · y Fe₂O₃ · z H₂O heeft Tučan blijkbaar nooit gehoord.

Dat terra rossa zuivere lateriet is, komt slecht hoogst zelden voor. Gewoonlijk vindt Tučan meer of minder groote hoeveelheden silikatisch gebonden kiezelzuur. Van de voorbeelden, die Tučan geeft, vermeld ik hier alleen het onderzoek van de terra rossa uit Zlobin.

TiO ₂ , ZrO ₂	1,32 pCt.	} 18,48 pCt.	
SiO ₂ — onoplosbaar (kwarts) ..	17,16 „		
oplosbaar SiO ₂	8,98 „		
Al ₂ O ₃	39,00 „	} 80,08 „	
Fe ₂ O ₃	14,02 „		
H ₂ O.....	18,08 „		
verder iets MnO (1,44) en iets CaO	1,44 „		
			100,00 pCt.

Volgens onze opvattingen is de terra rossa van Zlobin op 'te vatten als eene gedeeltelijk gelateritiseerde massa. Op 39 % Al_2O_3 komt nog slechts 8,98 % silikatisch gebonden kiezelzuur voor, dat is op 1 mol. Al_2O_3 slechts 0,4 mol. SiO_2 . Deze terra rossa bevat dus een zeer basisch silikaat — het lateritisatieproces is al zeer ver voortgeschreden — nagenoeg alle basen en een zeer groot gedeelte van het kiezelzuur zijn reeds verwijderd.

Tučan neemt dus aan, dat in alle terra rossa hoofdzakelijk voorkomt Diaspor ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) in gelvorm, waaraan door Kispatic de naam van Sporogeliet gegeven is. Zonder nader onderzoek verklaart hij dan, dat ook de hoofdmassa van het onoplosbare residu van de kalkgesteenten uit Sporogeliet bestaat en dan vraagt hij zich af, hoe nu dit Sporogeliet in die kalkafzetting geraakt is. En aangezien hem geen gesteenten bekend zijn, waarvan de aluminaatsilikaatmineralen door verweering in Sporogeliet overgaan, komt hij tot de conclusie, dat dit Sporogeliet gevormd is tegelijk met de koolzure kalk en magnesia, doordat natriumcarbonaat en ammoniumcarbonaat — uit het eiwit van de zeediertjes ontstaan — inwerken op de aluminiumzouten, die altijd in het zeewater aanwezig zijn, daarmede aluminiumcarbonaat vormen, dat onder verlies van CO_2 overgaat in $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Aangezien de praemisse, waarvan Tučan uitgaat, onjuist is, behoeven we hier niet langer bij zijne theorie stil te staan.

Terwijl Tučan de bijmenging van de kalkgesteenten als eene aauthigene vorming opvat, beschouwt Neumayr ze als allothigene, d. w. z. dat de terra rossa in zijn 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. Neumayr heeft er dus, evenmin als Tučan, aan gedacht, dat het residu van de kalkgesteenten, na wegvoering van de kalk- en magnesia-zouten, verder verweert en dat dus in het kalkgesteente slib van uiteenlopende samenstelling aanwezig kan zijn, dat door verweering terra rossa oplevert.

Mijne opvatting van terra rossa is deze, dat we hier te doen hebben met een laterietachtige formatie. Ik heb reeds aangegeven, dat er in de streken, waar de terra rossa voorkomt, geen sprake kan zijn van eene humuszure verweering, enkel van eene uitlooming met koolzuur- en zuurstofhoudend water; dat verder het klimaat om de Middellandsche Zee wel is waar slechts half humied is, maar dat onder bepaalde omstandigheden, wanneer het water snel kan afvloeien naar diepere lagen en op die manier aan de circulatie in de oppervlakte-lagen onttrokken wordt, toch eene voortdurende bodemuitlooming plaats vindt; dat deze om-

standigheden verwezenlijkt zijn in het kalkgebied en dat dus daar op den langen duur eene verweering in de richting van lateriet moet optreden. En ik meen, dat de resultaten van de onderzoekingen van Tučan het bewijs voor deze stelling leveren. Tučan vindt inderdaad, dat de terra rossa van het Karstgebied een zeer basisch silikaat bevat (arm is aan silikatisch gebonden kiezelzuur), soms zelfs uit zuivere lateriet bestaat.

Het verschil in opvatting tusschen Tučan e. a. en mij zit hierin, dat Tučan de terra rossa beschouwt als het onoplosbare residu van de kalkafzettingen, terwijl het volgens mijne meening het verweeringsproduct van dit onoplosbare residu is. Een uitspraak tusschen deze opvattingen kan alleen gedaan worden door een vergelijkend onderzoek van de terra rossa en van het onoplosbare residu van de onderliggende kalkafzettingen. Zeer belangrijk vooral zou het zijn de samenstelling van het onoplosbare residu van de kalkafzettingen te Zupanjac na te gaan, omdat de bovenliggende terra rossa daar geheel gelateritiseerd bleek te zijn.

Laat ik hier ten slotte aan toevoegen, dat ook in ons land eene bodemformatie voorkomt, die in dit opzicht met de terra rossa overeenkomt, dat ze zich bevindt op eene kalkafzetting. Ik bedoel hier de bruingekleurde verweeringsleem, die bijv. bij Croubeek in Limburg de daar aanwezige kalksteen van Koenrade — eene afdeling van het Maastrichtsche krijt — bedekt. Welnu, ik heb reeds eenige jaren geleden aangetoond,¹⁾ dat deze verweeringsleem, ter plaatse bekend als kleefgrond of kleefklei, niet enkel het residu is van het krijt, maar het verweeringsproduct van dit residu; m. a. w. dat de verweeringsleem eene andere scheikundige samenstelling bezit dan het onoplosbare²⁾ bestanddeel van de kalkafzettingen. En ik zie niet in, waarom deze waarheid niet van algemeene geldigheid zou zijn; m. a. w. waarom niet overal de bodems op de krijtformatie's de verweeringsproducten van de residu's uit de krijtformatie's zouden zijn.

De aard van deze verweering hangt geheel af van het klimaat en van plaatselijke omstandigheden. In het Karstgebied zagen we eene verweering in de richting van lateriet. Het restant van het Maastrichtsche krijt is verweerd tot een gewonen leemgrond.

¹⁾ Zie Verslagen van de Geologische Sectie van het Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Koloniën, Deel I (1914), blz. 165—168.

²⁾ Met het onoplosbare bestanddeel van de kalkafzettingen wordt bedoeld, datgene wat deze afzettingen behalve de carbonaten van kalk (en magnesia) bevatten.