

DE INVLOED VAN GEOLOGISCHE  
EN MINERALOGISCHE VERSCHIJNSELEN  
OP DE ONTWIKKELING VAN HET LEVEN

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET AMBT  
VAN HOOGLERAAR AAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN  
OP DINSDAG 31 JANUARI 1956

DOOR

DR D. J. DOEGLAS



H. VEENMAN & ZONEN • WAGENINGEN

*Mijne Heren Curatoren,  
Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren,  
Docenten en Wetenschappelijke Medewer-  
kers,  
Dames en Heren Studenten en voorts gij  
allen, die door Uw aanwezigheid blijk geeft  
van belangstelling.*

*Zeer gewaardeerde Toehoorders,*

Dat hier in Nederland bij het landbouwkundig onderwijs de vakken geologie en mineralogie worden gedoceerd, vinden wij zo gewoon, dat we niet meer beseffen, waarom het belangrijk is. In het buitenland worden deze vakken bij de opleiding in de landbouw lang niet overal gegeven. In Nederland vindt men zelfs belangrijk, dat landbouwwinterscholen een kleine collectie mineralen en gesteenten bij het onderwijs beschikbaar hebben.

Er zitten aan het geven van lessen in de geologische wetenschappen bij het onderwijs in de landbouwkunde twee kanten. De ene is meer filosofisch, de andere zuiver practisch. Het leek mij aantrekkelijk om vooral de eerste in deze rede te betrekken, niettegenstaande het feit, dat een aantal studenten aan de Landbouwhogeschool zullen zeggen, dat ze vele punten al eens op college gehoord hebben. Het is echter iets anders om het op te schrijven, dan zo op het college eens te fantaseren over het verband leven en wetenschap. Op het college begint het meestal al spoedig na de behandeling van het ontstaan van de aardkorst, de lithosfeer. Bij de behandeling van het ontstaan van de aarde, laten we de nieuwste theorie over het ontstaan van de aarde maar buiten beschouwing. Daarbij wordt nl. aangenomen, dat de aarde oorspronkelijk een grote, harde klomp sterk radioactieve elementen was. Dat deze hypothese niet wordt behandeld, is niet om de studenten te sparen, maar omdat de geologen er zelf geen weg mee weten. Ik hoop voor de studenten in de geologie, dat er snel een knappe kop deze ontstaanswijze voor onmogelijk verklaart. Als de geologen ook nog kernfysica moeten gaan studeren, hebben ze grijze haren, voordat ze afgestudeerd zijn.

We houden ons dus aan de eenvoudige opvatting, dat de aarde door afkoeling van een min of meer bolvormige, gloeiende magma-massa is ontstaan. De buitenkant hiervan kristalliseerde door afkoeling uit en bestond dus oorspronkelijk uit zogenaamde stollingsgesteenten. Zeer waarschijnlijk waren dit donkere, basische stollingsgesteenten zoals gabbro en dioriet. De temperatuur moet nog zo hoog geweest zijn, dat de kristallisatie zeer langzaam verliep en de structuur dus grofkorrelig kristallijn werd. Volgens de nieuwste opvattingen zou er nog geen graniet geweest zijn. Dit gesteente wordt vermoedelijk door herkristallisatie en metasomatose uit sedimenten

gevormd en sedimentgesteenten als zand, klei en kalk waren er nog niet.

Naarmate de aardkorst dikker werd, brak het magma steeds weer door de korst heen en de aardoppervlakte werd bedekt met vlakke vulkaankegels en lavastromen. Vulkanische erupties met losse producten, zoals vulkanische as, lapilli en bommen, zullen er in de oudste tijden en we denken dan aan 5.000.000.000 jaren geleden, niet geweest zijn. De aardkorst was nog te dun en het bij de uitkristallisatie en afkoeling vrijkomende gas kon dus gemakkelijk ontsnappen. De aardoppervlakte moet er uitgezien hebben als de omgeving van een vulkaan op Hawai met dunvloeiende lava. Eerst nadat de aardkorst een zekere weerstand ging bieden door haar toenemende dikte en de gevormde gassen moeilijker konden ontsnappen, kwamen er ook uitbarstingen met losse vulkanische producten.

Ondertussen waren echter ook reeds tektonische verschijnselen opgetreden. De continenten zijn misschien reeds in dit stadium in eerste aanleg gevormd door samenschuiving van delen van de verharde korst. Zeker is dit echter niet, daar de continenten nu grotendeels uit soortgelijk lichtere gesteenten, zoals graniet bestaan. Behoorlijke reliëfverschillen zullen echter wel aanwezig geweest zijn.

In de oudste tijd was de aarde, welke aan de oppervlakte nog steeds een temperatuur van meer dan 100° C had, omhuld door een atmosfeer, welke veel meer gassen en dampen bevatte dan nu. Bij verdere afkoeling condenseerden of sublimeerden verschillende in de atmosfeer aanwezige gasvormige stoffen op de aardoppervlakte. Zolang de temperatuur nog te hoog bleef, was er geen vloeibaar water.

Verwering van de gesteenten is echter van het eerste begin opgetreden. Hoe deze verwering bij de hogere temperaturen en de aanwezigheid van waterdamp verliep, valt moeilijk na te gaan. Ook de invloed van de bestraling door de zon op de aardoppervlakte is moeilijk te bepalen, zolang men de invloed van de toenmalige atmosfeer en van de hogere eigen warmte niet kent. Over de fysische verwering, waaronder gewoonlijk verstaan wordt het uiteenvallen van het harde, compacte gesteente in gruis door temperatuurverschillen en andere mechanische oorzaken, zoals vorstwerking, kunnen we ons evenmin een duidelijk beeld vormen. Ze was waarschijnlijk gering door de zwakke invloed van de bestraling door de zon en de hoge eigen temperatuur. De jongste onderzoeken over de verwering hebben echter onomstotelijk aangetoond, dat deze vorm van fysische verwering van zeer weinig invloed is op het vergruizen van vaste kristallijne gesteenten.

Niettegenstaande Blackwelder reeds in 1927 en Griggs in 1936 op grond van proeven hadden aangetoond, dat temperatuurverschillen, zelfs groter dan die, welke in woestijnen voorkomen, volkomen onvoldoende zijn om afschilfering van het oppervlak van gesteenten

te veroorzaken, werd dit feit slechts in enkele hand- en studieboeken met een paar regels genoemd.

Sinds 1946 houdt echter een aantal Franse onderzoekers zich bezig met de verweringsprocessen en daaruit blijkt, dat wat in het algemeen onder mechanische verwerking verstaan wordt, een gevolg is van chemische omzettingen onder invloed van water, dat langs spleetjes in het gesteente dringt, gepaard gaande met verdamping van dit water..

Hierbij ontstaan nieuwe mineralen, welke een groter volume hebben dan de oorspronkelijke gesteente-vormende silikaatmineralen. De capillaire openingen in het gesteente worden bij het uitkristalliseren van deze nieuwvormingen verder opgedrukt, waardoor ze ook dieper het gesteente binnendringen. Dit proces kan het gesteente tot grote diepte aantasten en geheel in zand doen uiteenvallen. Schijnbaar onverweerde, zogenaamde verse stollingsgesteenten, die tientallen meters onder de oppervlakte in steengroeven werden verzameld, vertonen reeds sporen van chemische omzetting langs de oppervlakken van de mineraalkorrels.

Brengt men dergelijke gesteenten in een oplossing van methyleenblauw, dan kan men het binnendringen van water onder het microscoop in slijpplaatjes waarnemen.

Chemische verwerking is dus reeds van het eerste begin der aarde aan de oppervlakte mogelijk geweest, omdat er waterdamp was, welke behalve koolzuur nog allerlei andere zuren bevatte. Daar er echter geen vloeibaar water was, werden de gevormde zouten niet zoals tegenwoordig afgevoerd, maar vormden zij korsten om de mineralen en aan de oppervlakte. Proeven van Caillère, Birot en Hénin toonden aan, dat in een sterk zuur milieu de gabbro snel tot losse mineraalkorrels uiteenvalt, maar dat het verweringsproces na 15 dagen practisch ophoudt. Er vormt zich volgens hen om de korrels een verkiezelde korst met ijzerhydroxide, welke verdere aantasting verhindert. De bovengrond werd dus door zouten en oxiden verkit. Afspoeling en erosie door stromend water vond niet plaats, slechts de wind kon materiaal vervoeren, de verweerde bovenlaag verwijderen en zo onverweerde diepere lagen voor nieuwe verwerking blootleggen. Sterk zal deze invloed van de wind echter niet geweest zijn, daar de bovenlaag uit verkit materiaal bestond.

Als we dit zo overdenken, ziet het ernaar uit, dat er bij een temperatuur boven 100° C aan de oppervlakte van de aarde relatief weinig verwerking is opgetreden. Eerst nadat de temperatuur onder de 100 graden gedaald was en de eerste regen begon te vallen, konden de gevormde zouten worden opgelost en afgevoerd. Er trad percolatie door het losse puin op en de verwerking kon aan de schoongewassen oppervlakken van de mineralen geregeld voortgang vinden. Het aan de oppervlakte afstromend water veroorzaakte afvoer van het verweerde losse oppervlakte-gruis en -zand en de diepere onver-

weerde ondergrond werd steeds weer aan verwerking blootgesteld.

Toch was de aarde nog niet geschikt voor het intensieve leven van de tegenwoordige tijd. Het regenwater spoelde snel door de poreuze bovengrond heen tot op het grondwaterniveau. Het grondwater voerde de opgeloste stoffen af naar de rivieren en ten slotte naar de oceanen. Hier verzamelden zich alle opgeloste zouten, waardoor het zoutgehalte steeds toenam. Slechts op plaatsen waar het grondwaterniveau op een voor plantengroei gunstige diepte onder de oppervlakte voorkwam en in meren en zeeën kon zich het leven ontwikkelen.

Op de continenten kwamen deze voorwaarden voor het leven maar op enkele plaatsen voor. Van alle hellingen en hoogvlakten stroomde het water gemakkelijk door de doorlatende oppervlaktelagen af. Bovendien was deze losse bovengrond sterk onderhevig aan erosie, daar ze slechts door een dunne vegetatie van lagere planten bedekt was. Deze bodemerosie vertraagde anderzijds de ontwikkeling van de plantengroei weer. Slechts in de bredere rivierdalen, langs meren, op de nu gevormde delta's en langs de kusten, waar het grondwaterniveau vrij constant was en geen verdroging optrad, kon de plantenwereld tot een grote uitbreiding en hogere ontwikkeling komen.

Ook de dierenwereld moet, behalve in het water zelf, beperkt gebleven zijn. Dieren houden van beschutting en een groot deel leeft van de plantenwereld. De carnivoren zouden slechts andere carnivoren hebben kunnen eten en hun ontwikkeling zou er dus ook niet rooskleurig uitgezien hebben. Van ons mensen zullen we maar niet praten.

Als de natuur er dus niet op geniale wijze iets op gevonden had om het water en de daarin opgeloste stoffen op een voor de wortels gunstige diepte in de bodem vast te houden, en wel in zo'n toestand, dat de plant ze ook weer kan opnemen, dan zouden wij, mensen, er niet zijn.

Het had er op onze aarde troosteloos uitgezien, als de natuur niet iets in petto had gehad, om dit verlies van water en voedingsstoffen tegen te gaan. En dit middel was zo ingenieus, dat het aan alle voorwaarden voldeed. Het houdt water vast. Het selecteert voor de plant belangrijke elementen als kalium en calcium uit de opgeloste stoffen, welke met het regenwater door de bodem zakken. Het houdt deze stoffen vast op een diepte onder de oppervlakte, die juist goed is voor de plant. Het belangrijkste is echter, dat de geselecteerde stoffen, waaronder ook het water, weer gemakkelijk worden afgestaan aan de plantenwortels. Het is een gratis transportbedrijf met opslagruimte.

Dit middel bestaat uit het vormen van nieuwe mineralen uit de resten van de verwerende mineralen in de bovenste laag gruis of zand aan de oppervlakte van de aarde. En wel uit die mineraalres-

ten, die de plant zelf relatief zeer weinig nodig heeft, nl. silicium, aluminium, ijzer en magnesium. Soms echter ook kalium, dat de plant wel nodig heeft. Toch is ook dit goed gedaan, omdat anders dit kalium evenals alle natrium in zee terecht gekomen was. De verhouding kalium : natrium in het zeewater is daardoor zeer laag, nl. 0,034, hoewel de verhouding kalium : natrium in de stollingsgesteenten 0,82 is. Het voor de plant veel minder belangrijke natrium kon afgevoerd worden, terwijl het kalium werd vastgehouden op de continenten. Deze nieuw gevormde mineralen zijn de kleimineralen. Het ontstaan van deze voor het leven zo belangrijke mineralen begint pas de laatste jaren enigszins begrijpelijk te worden. Dit behoeft ons niet te verwonderen, daar de kleimineralen zelf eerst enige tientallen jaren bekend zijn. Van de meesten zijn en blijven de primaire deeltjes zo klein, dat ze microscopisch niet afzonderlijk waar te nemen en te bepalen zijn. Eerst de toepassing van de diffractie van röntgenstralen maakte het aantonen van verschillende kleimineralen mogelijk. De belangrijkste zijn wel de kaoliniet, de illiet en de montmorilloniet. Onze Nederlandse kleien, welke door Favejee röntgenografisch werden onderzocht, bestaan grotendeels uit illiet en kleine hoeveelheden kaoliniet en montmorilloniet. De klei van de Mississippirivier daarentegen bestaat voor een groot deel uit montmorilloniet. Nadat bekend was geworden, dat de klei uit kleimineralen bestond, kon men natuurlijk pas gaan denken aan het ontstaan ervan. Al spoedig gelukte het bij temperaturen van 200° C enkele kleimineralen synthetisch te maken. Nu kan men, zoals in de geologie heel normaal is, de tijd zeer lang nemen en aannemen, dat dan het proces ook bij lagere temperatuur geschiedt, als men maar tijd van leven heeft. In oudere gesteenten, welke dieper onder de oppervlakte liggen, zijn geen aanwijzingen gevonden, dat zich klei vormt. Het proces schijnt zich aan de oppervlakte af te spelen, zowel in zee als op het land. De nieuwvorming van het groene mineraal glauconiet, uitsluitend op de zeebodem, was reeds lang bekend. Glauconiet blijkt nu ook een kleimineraal te zijn. Door zijn afwijkende kleur kan het echter zelfs met het blote oog herkend worden en daar het op het land, behalve in oude mariene sedimenten, niet voorkomt, moet het op de zeebodem gevormd zijn. Voor de andere kleimineralen is het aantonen van de nieuwvorming echter niet eenvoudig, omdat nu in practisch alle sedimenten reeds klei, die door water of wind werd aangevoerd, voorkomt. De enige plaats, waar nieuwvorming van kleimineralen kan optreden, schijnt aan de oppervlakte van de aarde te zijn. Het proces zou dan behoren tot de bodemvorming.

De bodemkundigen onderscheiden in een vertikaal profiel door de bodem een aantal zones. De bovenste hiervan wordt uitlogings- of A-zone genoemd. De daaronder voorkomende B-zone vertoont meestal verschijnselen van verdichting. Hieronder verstaat men een

opvulling van de poriën met fijne substantie, die vaak door ijzer-verbindingen bruinegekleurd is. Zo op het eerste gezicht lijkt het logisch, dat in deze B-zone stoffen neerslaan en dat daar dan ook kleimineralen gevormd zouden kunnen worden uit materiaal, dat uit de A-zone wordt uitgespoeld.

Bij onderzoekingen van Nederlandse bodemprofielen door Favejee bleek wel dat in de B-zone het kleigehalte veel hoger was dan in de A-zone, maar aanwijzingen voor nieuwvorming werden niet gevonden. Favejee kon de toename van het kleigehalte in de B-zone evengoed verklaren door uitspoeling van de fijnste kleideeltjes uit de A-zone en afzetting in de B-zone. In België zou men in sterk gedegenerende bodemprofielen op loess, welke illiet als kleimineraal bevat, vorming van een zeer geringe hoeveelheid kaoliniet hebben aangetoond. In de tropen bevatten de laterietgronden kaoliniet en de margalietgronden veelal montmorilloniet als kleimineraal. Of deze mineralen echter thans in deze bodems gevormd worden, is wel aannemelijk, maar niet met zekerheid aangetoond. In Australië beschouwt men de lateriet nl. als een vorming aan het einde van het Mioceen, 2-3 miljoen jaren geleden. Men gebruikt de laterietzones voor de ouderdomsbepaling en twijfelt eraan of nu nog lateriet gevormd wordt. Ook in Indonesië schijnt de meeste lateriet verspoeld te zijn en niet meer op zijn oorspronkelijke plaats te liggen. Alles geeft de indruk, dat de lateriet ontstaan is, doordat de lagen, waaruit ze ontstond, zeer lang aan de oppervlakte gelegen hebben. De vorming van deze kaoliniet zou dus een zeer langzaam proces kunnen zijn.

Het ontstaan van de montmorilloniet in de mergelgronden is ook nog niet behoorlijk aangetoond. Deze kan evengoed afkomstig zijn uit het oplossingsresidu van de kalksteen en mergel, en oorspronkelijk daarin ontstaan zijn.

De vele recente onderzoekingen van kleien in de Verenigde Staten van Noord-Amerika, vooral financieel gesteund door het American Petroleum Institute, geven aanwijzingen, dat bestaande kleimineralen, als ze onder andere chemische omstandigheden komen, zich kunnen omzetten in andere kleimineralen. De Amerikanen nemen aan, dat illiet als het in een lagune komt, waar het water sterker magnesiumhoudend is, wordt omgezet in montmorilloniet. De onderzoekingen zijn echter te weinig regionaal uitgevoerd om dit met zekerheid te kunnen beweren. Onderzoekingen van fluviatiele en marine kleien in een van de mondingen van de Orinoco en in de Golf van Paria door Van Andel en Favejee bevestigen deze Amerikaanse hypothese niet. De verschillen in kleimineralogische samenstelling is volgens Van Andel een gevolg van verschillen in de korrelgrootte van de kleimineralen. De fijnste korrels zetten zich het verste van de kust af en daar de kristallen van montmorilloniet kleiner blijven dan die van kaoliniet en illiet, neemt het percentage van montmorilloniet rela-

tief toe met de afstand van de kust. Ook het zoutgehalte van het water zou een selectie van bepaalde kleimineralen bij de afzetting kunnen veroorzaken.

In 1946 verscheen een kort verslag van Demolon en Bastisse over de spontane verwerking van graniet in het laboratorium, waarbij klei-colloïden gevormd zouden zijn. Het leek zo onwaarschijnlijk, dat de harde en bestendige graniet, waaruit buitentrappen en gevels van huizen gemaakt worden, zo maar uiteen zou vallen, dat er verder weinig aandacht aan dit onderzoek werd geschonken. Een aantal Franse onderzoekers, waaronder Birot, Hénin en Caillère, hebben het echter voortgezet. Hoewel deze onderzoeken nog in een beginstadium staan, zijn er toch reeds zoveel proeven gedaan, dat er geen twijfel bestaat over het toekomstige eindresultaat. Een deel van deze experimenten heb ik al in deze rede genoemd. Het betrof het indringen van water in schijnbaar niet poreuze en ondoorlatende stollingsgesteenten en het ontstaan in zeer fijne haarspleetjes van nieuwe mineralen met een groter volume dan het opgeloste deel van de oorspronkelijke gesteentemineralen.

Bij de oudste proeven van Demolon en Bastisse werd uitgegaan van een grof vergruisde graniet, waarvan de stukjes niet kleiner dan 2 mm waren. De proeven werden genomen onder de klimatologische omstandigheden van Parijs. Na 10 jaar waren 35 % van de deeltjes kleiner geworden dan 0.2 mm en was 1.5 % klei ontstaan.

Caillère en zijn mede-onderzoekers gingen uit van blokjes zo onverveerd mogelijke gabbro, graniet en glimmerschist, welke varieerden van 3 tot 5 cm hoogte, breedte en lengte. De duur der experimenten was 5 tot 8 jaar.

Dompelt men de gabbro in gedestilleerd water, dan krijgt het in die tijd wel een verveerd uiterlijk, maar verder blijft het geheel intact. Brengt men het echter afwisselend in gedestilleerd water bij kamertemperatuur en droogt het dan bij 80° C, dan worden de mineralen aan de oppervlakte losgemaakt, er ontstaat zand, maar tevens worden er kleimineralen gevormd en wel van het type montmorilloniet. Dezelfde behandeling gaf bij de graniet eveneens vrij veel losse korrels, maar de klei bevatte illiet en montmorilloniet.

De proeven werden herhaald met vloeistoffen, welke min of meer alcalisch of zuur waren. Bij de zure en alcalische vloeistoffen viel het gesteente sneller in losse korrels uiteen en er vormde zich ook meer klei, maar steeds hoofdzakelijk montmorilloniet. Slechts bij de graniet trad naast montmorilloniet ook illiet op en bij een gabbro werd slechts nieuwvorming van chloriet gevonden. Merkwaardig was dat in een schijnbaar verse gabbro uit Marokko reeds 2 % montmorilloniet werd aangetoond.

De proeven leidden tot twee belangrijke conclusies:

- 1e. Dat kleimineralen reeds ontstaan in de verwerende oppervlakte van de oorspronkelijke mineralen.



2e. Dat het proces snel verloopt bij afwisselend bevochtigen en drogen.

De kleimineralen zullen dan reeds kunnen ontstaan in de uitloingszone, de A-zone van het bodemprofiel en worden daarna met het regenwater naar de B-zone gevoerd. In de B-zone zelf zouden echter ook kleimineralen gevormd kunnen worden, hoewel hier de uitdroging door de aanwezigheid van klei, welke het water vasthoudt, geringer is. Het proces, waarbij de zeer kleine deeltjes van de kleimineralen evenals ijzerhydroxide en soms aluminiumhydroxide bij doorspoeling met het regenwater vanuit de A-zone in de B-zone blijven steken, zal hier niet verder behandeld worden. Het is een bodemkundig verschijnsel, dat samenhangt met de fysisch-chemische eigenschappen van deze stoffen en de samenstelling van de opgeloste stoffen in het regenwater.

De kleimineralen hebben de eigenschap, aan hun oppervlak stoffen te adsorberen en deze te kunnen uitwisselen tegen andere stoffen. De plantenwortels vinden in een kleihoudend gesteente bijna een continu contact met de oppervlakten van de kleimineralen en kunnen de daaraan geadsorbeerde ionen, b.v. kalium of calcium, uitwisselen tegen waterstof of een ander positief ion of complex-ion. We komen op dit proces nog terug.

Voorlopig willen we ons even gelukkig voelen, dat er kleimineralen onder zeer eenvoudige omstandigheden in de oppervlaktelagen van de aarde kunnen ontstaan en dat deze het verlies van kalium en calcium uit de bodem hebben tegengegaan. Want klei in de bodem bewaart de voor de plant benodigde chemicaliën. De plant neemt ze op. Bij het afsterven van delen van de plant verteren deze aan de oppervlakte en de daaruit vrijgekomen chemicaliën worden weer opgevangen en vastgehouden door de klei tot de plant ze weer nodig heeft.

Reeds vroeg in de geschiedenis van de aarde zijn er dus kleimineralen gevormd en toen het planten- en dierenleven zich begon te ontwikkelen, ongeveer 500 miljoen jaar geleden, was er reeds klei en bestonden er kleihoudende B-zones op gunstige diepte onder de oppervlakte. De natuur had tot zover voor alles gezorgd. Tot zover!

Want al is er een B-zone of ligt er een klei-afzetting aan de oppervlakte, ten slotte gaat toch wel wat van het in de A-zone opgeloste materiaal verloren door uitspoeling. Het proces grond-plant-grond is geen perpetuum mobile. De bovenlaag raakt ten slotte uitgeput en de plantengroei past zich daarbij aan tot ze praktisch ten gronde gaat. Maar ook hier heeft Moeder Natuur aan gedacht. Is er geen plantengroei meer, welke de bodem beschermt, dan krijgt de regen en het afstromende water vat op het losse, van alle voedingsstoffen ontdane puin en voert dit af. Bodemerosie treedt op. Diepe dalen worden gevormd, maar ten slotte worden de dalwanden steeds vlak-

ker en er ontstaat een nieuwe oppervlakte, waarop verweringspuin kan blijven liggen en nieuwe, rijke plantengroei mogelijk wordt.

Zonder bodemerosie was het leven reeds lang weer tot lage soorten teruggebracht. Al is bodemerosie tegenwoordig zeer ongewenst en doen we er alles tegen, een lichte mate van afspoeling van de bovenste laag is nodig om steeds weer voedselrijke grond aan de oppervlakte beschikbaar te houden.

We zijn nu met onze problemen in de tegenwoordige tijd aangeland. Planten, dieren en de mens zijn aanwezig en de sterke ontwikkeling van het mensenras vraagt om steeds meer eten. De natuurlijke groei en ontwikkeling van planten en dieren zijn ons niet genoeg. We willen meer planten en dieren van bepaalde soorten dan er zich op aarde onder natuurlijke omstandigheden zouden ontwikkelen. We kunnen bodemerosie voor vernieuwing van de bodem niet toestaan, omdat deze wijze van grondverbetering ons veel te lang duurt. We trachten dus door bemesting de zaak op peil te houden. Met de stalmest ging dit nog vrij goed, omdat hierdoor vele elementen, nodig voor het leven, weer in de grond terug kwamen. Door onvoldoende stalmest zijn we kunstmest gaan gebruiken. Maar zijn deze kunstmeststoffen voldoende om de bovengrond voor de ontwikkeling van planten in goede staat te houden? Ze zijn zeer eenzijdig. De overige stoffen, nodig voor het leven, moeten nog steeds uit de grond komen.

In Indonesië is men reeds lang met het mineralogisch onderzoek van de grond bezig. Mohr heeft het belang hiervan reeds in 1910 ingezien en op het Bodemkundig Instituut heeft men steeds van alle gronden de mineralogische samenstelling van de zandfractie bepaald. In de Verenigde Staten van Amerika zijn vele gronden mineralogisch onderzocht, waarbij het belang van verschillende mineralen voor de plantengroei onomstotelijk werd aangetoond. Gronden, welke volgens de mineralogische samenstelling rijk zijn aan voor de plant belangrijke voedingselementen, geven bijna steeds goede oogsten. Gronden, arm aan mineralen, welke de juiste elementen bevatten en dan meestal rijk aan kwarts,  $\text{SiO}_2$ , zijn, geven slechte oogsten. Ook in Nederland zijn de zandfracties van bijna alle gronden door Edelman, Van Baren en Crommelin op hun mineralogische samenstelling onderzocht. Favejee bepaalde de samenstelling van de kleifracties.

In de tropen kan men verwachten, dat de mineralen in de bodem vrij snel oplossen en de belangrijke elementen voor de planten beschikbaar stellen. In het koelere klimaat van Nederland is het echter een vraag of er voldoende vrij komt.

De meest voorkomende mineralen in de grond zijn silikaten, welke door water practisch niet worden aangetast. We hebben echter al gezien, dat afwisselend bevochtigen en drogen de aantasting versnelt. Onderzoekingen van de laatste twee decennia door Graham

en andere Amerikaanse onderzoekers tonen aan, dat de aanwezigheid van klei de verwerking van de bodemmineralen en het afgeven van kationen tien tot honderd maal versnelt. De klei is een belangrijke intermediair bij de levering van plantenvoedsel. De plantwortels nemen geadsorbeerde kationen op van de fijne kleideeltjes, welke de wortels dicht omhullen en vervangen deze door waterstof of andere afgescheiden stoffen. De kleideeltjes trachten deze stoffen, vooral de waterstof, weer in te wisselen tegen voor de plant belangrijke kalium-, calcium- of andere kationen. De klei omhult alle zandkorrels en de ontbrekende kationen worden betrokken uit de oppervlakte van het meest nabije materiaal. Des te kleiner een mineraalkorrel is, des te groter is het relatieve oppervlak en kleine korrels kunnen dan ook per tijdseenheid meer afstaan dan de grovere.

Door de onderzoeken van de laatste jaren is het verband bodemmineralen-klei-plant ten slotte duidelijk geworden. De werking van een zeer belangrijke component, de organische stof, is echter nog steeds zeer vaag.

De belangrijkste vraag is echter nog niet beantwoord. Hoeveel van de voor de plant nodige elementen worden er per tijdseenheid vrijgemaakt en hoeveel kan een bepaalde plant ervan uit de grond betrekken? Tot nu toe werd de mineralogische analyse slechts gebruikt om in grote lijnen te kunnen zeggen of een grond een minerale voedselreserve had, ja dan neen.

Nu we het verweringsproces in de bodem beginnen te begrijpen, zullen we na moeten gaan hoeveel er van bepaalde voedingsstoffen door de grond zelf geleverd wordt. Eerst dan kunnen we het toedienen van kunstmeststoffen nauwkeurig gaan afmeten. Een plan voor een dergelijk onderzoek is in voorbereiding. De uitwerking daarvan kan echter niet door het Laboratorium voor Geologie alleen worden gedaan. Wij kunnen de mineralogische samenstelling en de korrelgrootteverdeling bepalen. Daarnaast moeten echter de opbrengsten, de door de planten opgenomen stoffen en de verloren gegane, uitgespoelde stoffen bepaald worden. Dit betekent, dat de mineralogen slechts een klein onderdeel kunnen doen. Het eigenlijke onderzoek zal door anderen uitgevoerd moeten worden. De afdeling Landbouwscheikunde van de Landbouwhogeschool is gelukkig bereid, zodra het nieuwe laboratorium gereed is, een deel van dit werk op zich te nemen. Er zijn echter zoveel combinaties van factoren mogelijk, dat mijns inziens aan dit onderzoek velen kunnen medewerken. De eenvoudigste opzet omvat series potproeven met verschillende mineralen en vooral ook verschillende kleimineralen. Van deze mineralen zullen mengingen in verschillende verhoudingen en met verschillende korrelgrootteverdelingen gemaakt moeten worden.

Mineralen hebben nooit de ideale samenstelling, welke de chemische formule aangeeft. Er zitten steeds verontreinigingen in, vaak

op plaatsen, waar de tot het kristal behorende elementen ontbreken. Deze kleine hoeveelheden vreemde elementen kunnen echter voor de plant ook van belang zijn en dienen dus spectrografisch bepaald te worden.

Met deze grote serie van kunstmatige gronden kunnen nu de potproeven beginnen en ook hierbij moeten weer verschillende planten en omstandigheden bestudeerd worden. Het gehele onderzoek zal dus vele jaren in beslag nemen, daar ook de invloed van de voortschrijdende verwerking van de kunstmatige grond moet worden nagegaan.

Een bezwaar van de potproeven blijft, dat de grond kunstmatig is en vele normale bodemprocessen niet of sterk verzwakt zullen plaats vinden. Gelijktijdig zouden daarom ook de gronden van proefvelden volledig mineralogisch onderzocht moeten worden. Hoewel hier het vergelijken van de uitkomsten op proefvelden met mineralogisch verschillende gronden moeilijk wordt, omdat ook andere factoren, zoals organisch materiaal en de grondwaterstand verschillend kunnen zijn, zullen de uitkomsten van de potproeven en van de proefvelden samen tot belangrijke resultaten kunnen leiden.

Aan Hare Majesteit de Koningin, die mij heeft willen benoemen tot hoogleraar aan de Landbouwhogeschool, betuig ik mijn eerbiedige dank.

*Mijne Heren Curatoren,*

Dat Uw College, nadat gij mijn werk en optreden als lector bijna negen jaren hebt medegemaakt, het voorstel tot mijn benoeming heeft gesteund, vervult mij met vreugde en dankbaarheid. Ik verwacht, dat het nieuwe studieprogramma mij nog beter in de gelegenheid zal stellen de opleiding van de studenten te vervolmaken. Uw Secretaris, Dr Boonstra, ben ik zeer dankbaar voor de prettige en vriendschappelijke wijze, waarop hij mij steeds, als er voor het onderwijs iets nodig was, met raad en daad heeft trachten te helpen. Ik hoop, dat het contact met Uw College en Uw Secretaris door mijn benoeming niet zal veranderen.

*Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren en Docenten,*

Met een aantal van U heb ik in verband met het onderwijs en mijn vak reeds lang een zeer prettige samenwerking, die door mijn benoeming zeker niet beïnvloed zal worden. Tegenover vele anderen heb ik mij echter wel erg egotistisch en a-sociaal gedragen. Ik voel me wel een beetje schuldig. Ik hoop niet de indruk gevestigd te hebben, dat als een bepaald onderzoek mij niet interesseert, ook de onderzoeker mij niet ligt. Nu ook de algemene zaken van de ho-

geschool een deel van mijn belangstelling in beslag gaan nemen, zal ik meer met U allen persoonlijk contact krijgen. Ik hoop, dat U mij dan mijn slechte houding van vroeger zult willen vergeven.

Degenen onder U, die het voorstel tot mijn benoeming hebben ingediend en gesteund, hoop ik noch bij het geven van onderwijs, noch in de resultaten van mijn wetenschappelijk werk, teleur te stellen.

Het zou veel tijd vergen, allen, die mij in mijn studietijd en latere leven en werk met raad en daad hebben geholpen, te noemen. Ik dank U allen tezamen. Slechts één uitzondering wil ik maken voor jou, Edelman. Jij hebt mij in 1946 voor de moeilijke keus gesteld, de B.P.M. te verlaten en naar Wageningen te komen. Ik heb daar echter geen spijt van kunnen hebben, omdat de samenwerking met je te prettig is. Dat je zonder meer het beheer over het laboratorium voor de helft hebt afgestaan en hebt voorgesteld, dat we het beheer gezamenlijk zullen voeren, bewijst het vertrouwen, dat je in me hebt. Voor deze vriendschap ben ik je dankbaar en ik verwacht, dat de officiële erkenning van je leeropdracht Bodemkunde, nadat je reeds 9 jaren uitsluitend bodemkunde doceerde, daarvoor een beloning is.

*Dames en Heren Studenten,*

Vermoedelijk zijn er reeds door de tweedejaars geruchten verspreid van „Zie je wel, nu is hij net prof en nu wordt het al moeilijker”. Ik kan U geruststellen, dat dit ook gebeurd zou zijn, als ik lector gebleven was. Ik kan het niet helpen, dat er bijna ieder jaar iets nieuws te vertellen valt. Soms vallen er moeilijke, oude dingen weg, maar er komt ook wel eens iets moeilijks bij. Zo is de wetenschap nu eenmaal. Haar ontwikkeling gaat steeds sneller.

Na deze verontschuldigungen kan ik U niet veel meer wijs maken. U kent mij en er zal niet veel veranderen, behalve dat ik elk jaar een jaartje ouder word met alle gevolgen van dien.

Ik heb gezegd.