RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE WAGENINGEN.

Over het keileem in het Nederlandsch Diluvium.

Keileem als geologisch afzettingsproduct; zijn voorkomen; zijne chemische samenstelling; zijne beteekenis voor de cultuur

DOOR

DR. G. H. LEOPOLD.

Deze mededeeling bevat de resultaten van het onderzoek, hoofdzakelijk scheikundig, van een paar karakterestieke grondsoorten uit het Nederlandsch Diluvium: het Grauwe en het Roode Keileem.

Dat onderzoek is echter nog niet in alle opzichten volledig en afgesloten te noemen. Evenwel heeft de schrijver gemeend reeds thans tot publicatie te kunnen overgaan, daar hij later op nog onopgehelderd gebleven vraagpunten hoopt terug te komen.

Hoewel in de land- en boschbouwpraxis alom bekend, weliswaar niet altijd onder den juisten naam, is tot dusverre bijna uitsluitend van geologische zijde op „keileemgronden" en hun wijze van voorkomen in ons diluvium de aandacht gevestigd [1]).

Het feit nu, dat in hoofdzaak geologische bijzonderheden van het keileem in geschrifte zijn besproken, was een reden, waarom hier aan deze zijde der quaestie meer plaatsruimte is verleend dan bij landbouwscheikundige verhandelingen over grondsoorten gewoonte is. Bovendien zijn de eigenaardige vormen, waarin de keileemafzettingen voorkomen, hun structuur en andere eigenschappen zoo nauw verbonden met hun wijze van ontstaan, dat voor eene juiste voorstelling dienaangaande, eene eenigszins zakelijke bespreking der genesis onontbeerlijk bleek.

Wie over zeeklei schrijft, zal allicht bij zijne lezers bekend onderstellen, dat deze uit zeewater aangeslibd is. Met het diluvium en een zijner voornaamste elementen, het keileem, is dit een ander geval.

Ook deze overweging deed mij besluiten aan de geologie dezer

---

[1]) Veel vroeger nog hadden buiten ons territoir, in Noord-Duitschland bijvoorbeeld, analoge vormingen onderwerpen van geologisch onderzoek uitgemaakt.

grondsoort in samenhang met die van ons geheele diluvium een afzonderlijke paragraaf te wijden. (§ 1 en gedeeltelijk ook § 2 van het eerste hoofdstuk).

Over de streken, waar keileem de overheerschende grondsoort is, vindt men een en ander in de tweede paragraaf van het eerste hoofdstuk. Deze beschrijvingen zijn eveneens geologisch getint, daar ook hier nagenoeg alleen uit geologische bronnen gegevens te verzamelen waren.

Het tweede hoofdstuk behandelt de resultaten van het scheikundig onderzoek.

De beteekenis van het keileem voor de cultuur, thans en in de toekomst, is in het laatste hoofdstuk besproken. Op dit punt vertoont deze mededeeling de grootste onvolledigheid. De oorzaak daarvan is gelegen in de enorme moeilijkheid om over de ligging van het keileem gegevens te verkrijgen, zoolang we niet beschikken over eene goede up to date agrogeologische kaart.

INLEIDING.

Keileem is een diluviale leemgrond, welke in groote uitgestrektheden wordt aangetroffen, zoowel in het Oosten van ons land, als ook in het Noord-Oosten en in het Noorden. Het is dezelfde grondsoort, die in Duitschland onder den naam: „Geschiebelehm" en in Engeland als: „Till" of „Boulder-Clay" bekend is. Ten Zuiden van den Rijn komt het niet voor en ook in het diluvium ten Noorden van den Rijn en ten Westen van den IJssel heeft men geen keileem aangetroffen.

Het keileem ligt òf direct aan de oppervlakte òf is bedekt door eene laag diluviaal zand; dit laatste vormt de meerderheid der gevallen naar het tot dusverre schijnt. Zoowel de aard van dit zand als ook zijne dikte kunnen zeer uiteenloopen; bedraagt deze laatste in sommige gevallen slechts eenige centimeters of minder, in andere daarentegen heeft men meerdere meters te doorboren alvorens op keileem te stuiten.

Het is bij den hedendaagschen stand onzer kennis van het Nederlandsch diluvium niet mogelijk met genoegzame juistheid en volledigheid opgave te doen van alle plaatsen, waar keileem voorkomt. Men vindt daarom in dit en het volgende hoofdstuk slechts die keileemgebieden vermeld, waarover in de thans bestaande litteratuur gegevens te vinden waren.

Het keileem komt eilandsgewijs in ons diluvium voor. Die eilanden bestaan uit grootere of kleinere banken, in den regel onderling samenhangend hetzij op geringe of op grootere diepte, in welke laatste gevallen het directe bewijs daarvoor niet altijd kon worden geleverd; uit andere gegevens of analoge waarnemingen elders, bleek dan vaak toch een samenhang waarschijnlijk. In den regel vertoonen ze aderen en nesten van wit of door ijzeroxyde geelrood gekleurd zand, soms ter dikte van meer-

dere decimeters. De dikte der banken varieert tusschen enkele centimeters en meerdere decimeters. Ze zijn in den regel min of meer grillig van vorm en vertoonen een weinig gelijkmatige oppervlakte.

Kenmerkend voor keileem is zijn volkomen ongelaagde structuur, het ontbreken van elken laagsgewijzen bouw, zooals wij die aantreffen bij gronden, welke uit water zijn afgezet.

De naam „keileem" vindt zijn oorsprong in de grootere of kleinere steenen, die er geregeld in voorkomen, gewoonlijk meerendeels van Scandinavische of in het algemeen Baltische afkomst en dikwijls aan de oppervlakte gepolijst en soms op karakteristieke wijze gekrast, kenteekenen, die het gevolg zijn van hunne voorgeschiedenis en ten nauwste met de vormingswijze van het keileem samenhangen.

De aard en samenstelling van het keileem op verschillende plaatsen is reeds bij oppervlakkige waarneming zeer uiteenloopend. Het typische keileem van den Oosthoek van Gelderland en van Twente als ook uit de noordelijke provinciën: Drente, Zuid-West-Friesland enz. is *lichtgrauw* van kleur en gekenmerkt door geel tot roode vlekken en aderen, nu eens zich scherp begrensd daarop afteekenend, doch elders geleidelijk in het grauw overgaande, terwijl in nog andere gevallen het leem in zijn geheel een oranje-gele tint heeft aangenomen. De geel tot roode kleur wordt in die gevallen veroorzaakt door colloidaal-hydratisch ijzeroxyde. In enkele gevallen treft men er belangrijke hoeveelheden glaukoniet in aan, waardoor het dan eene lichtgroene kleur verkrijgt. Somtijds vertoont het eene roode kleur ten gevolge van eene vermenging met fragmenten bonte zandsteen o. a. bij Ödink.

Het gehalte aan klei loopt bij dit keileem nogal uiteen, hetgeen met de samenstelling van den ondergrond schijnt samen te hangen.

Behalve het grauwe keileem kent men nog een *rood*, zooals bijvoorbeeld op de hoogste gedeelten van den Hondsrug en hier en daar in West- [1]) en Midden-Drente is aangetroffen. De typische vlekken en aderen zijn dan niet of moeilijk waar te nemen; het leemprofiel van den Hondsrug bij Gasselte bijvoorbeeld vertoont er geen spoor van. Het kleigehalte varieert ook hier, doch schijnt in het algemeen kleiner te zijn dan bij het grauwe keileem; de geheele habitus van dit type wijst op een verder gevorderden toestand van verweering, zoowel mechanisch als chemisch, dan waarin het grauwe keileem verkeert.

Ook bij Vollenhove en in Gaasterland [2]) vindt men het roode keileem, doch meest tamelijk diep onder de oppervlakte. Als bijzondere merkwaardigheid dient te worden vermeld, dat het hier op meerdere plaatsen door grauw keileem is bedekt. We vinden hier dus een oogenschijnlijk sterk verweerd leem gelegen onder oogenschijnlijk minder sterk verweerd leem.

[1]) Op den Havelter- en den Bisschopsberg.
[2]) De naam „Roode Klif" vindt zijnen oorsprong in de aanwezigheid van het roode keileem.

Een derde vorm van keileem is het in Drente veelvuldig voorkomende *witte* of *blauw-witte* keileem, een in tegenstelling met de eerstgenoemde soorten zeer stug en steriel leem, dat voor een belangrijk bedrag uit zeer fijn kwarts zand schijnt opgebouwd en waarschijnlijk dezelfde grondsoort is, waaraan Ramann in zijn „Bodenkunde" den naam: „Heidelehm" geeft.

De beteekenis van het grauwe keileem voor de cultuur, zoowel land- als boschbouw, in onze diluviale gewesten, kan niet licht worden overschat. Waar het aan de oppervlakte ligt of door eene zandlaag van geringe dikte bedekt is, schijnt het meestal een der beste bouw-, wei- en boschgronden te vormen, die wij kennen. En zelfs al wordt het door een dik zanddek bedolven, ook dan nog is het onderscheid met den armeren enkel zandbodem vaak verrassend en treden welige loofhoutbosschen of van nature reeds welvarende akkers en weiden in de plaats van naaldhout, heide of stuifzand; de voor water weinig of niet doorlaatbare keileembank vertraagt of verhindert namelijk het wegzakken van het regenwater en geeft aldus gelegenheid tot het vormen van een ondergronds waterkapitaal, dat bosschen en landbouwgewassen in de droge tijden ten goede komt [1]).

Vele der schoonste loofhoutbosschen, voornamelijk eiken, van den Achterhoek en Twente bijvoorbeeld staan op keileem en hetzelfde geldt voor een deel der frissche wei- en bouwlanden uit die streken en elders waar dit keileem voorkomt.

Waar dus zoowel het grauwe als ook het roode keileem den land- en boschbouwer zeer welkome cultuurbodems zijn, het laatste voornamelijk als boschgrond, zoo is dit allesbehalve het geval met het zooeven genoemde witte, dorre leem van Drente; vóóral de bijster ongunstige structuur van dezen grond schijnt rentabelen ontginningen voorloopig in den weg te staan.

Evenwel, hoe zeer de voortreffelijke eigenschappen van het grauwe keileem boven allen twijfel zijn verheven, kan het toch voorkomen, dat het door verwaarloozing of onoordeelkundige behandeling of ook doordat het langen tijd niet in cultuur is geweest, een zoo ongunstige structuur aanneemt, dat een verder in cultuur brengen met de grootste moeilijkheden en teleurstellingen gepaard gaat; dit geldt voornamelijk voor den boschbouw, die het meest op eene natuurlijke welgesteldheid van den bodem in den ruimsten zin is aangewezen. In sommige gevallen na-

---

[1]) Ondoorlaatbare leembanken kunnen natuurlijk ook nadeelig zijn. Als het land laag gelegen is, bestaat er eerder gevaar voor te grooten wateroverVloed dan bij een goed doorlaatbaren ondergrond, vóóral als het leem hol ligt en dicht bij de oppervlakte. In hooger gelegen streken is dit euvel minder te vreezen, doch in het natte jaargetijde eveneens niet uitgesloten, wanneer het zanddek dun is. Daarentegen bestaat daar groot gevaar voor een volmaakt uitdrogen van de bouwkruin in droge tijden, daar de leembank het capillair opstijgen van het grondwater verhindert. Dit laatste komt in Drente op talrijke plaatsen voor, waar het witte dorre keileem den ondergrond vormt.

melijk is het keileem zoo zwaar of vet (d.i. rijk aan colloidale silicaten), dat het evenals zware kleigrond gemakkelijk ineenklinkt of dichtslaat (d.w.z. de korrelstructuur aanneemt), daarbij de meeste vitale processen verstikt en dus geen gezonde „Bodengare" toelaat. In die omstandigheden vertoont zich het keileem als een zeer onhandelbare en stugge grondsoort en dit ondanks de natuurlijke relatieve rijkheid aan plantenvoedsel [1]).

Behalve voor de cultuur is het keileem ook van belang voor de industrie. Op die plaatsen waar het voldoende „leemig" is vindt men talrijke steen- en pannenbakkerijen; vooral in de Graafschap [2]) en in Twente.

HOOFDSTUK I.

Het keileem als geologisch afzettingsproduct; zijn voorkomen.

§ 1.

Algemeene beschouwingen en opmerkingen.

Het resultaat van talrijke en veelzijdige geologische nasporingen is geweest, dat men het keileem is gaan beschouwen als eene afzetting van een voormalig landijsdek, hetwelk komende van de Baltische gewesten, zich gaandeweg over een groot deel van Noord-Europa heeft uitgestrekt en ook het grootste gedeelte van ons land heeft overdekt. Bij zijne voortgaande beweging voerde dit landijs allerlei noordelijk materiaal naar de meer zuidelijk gelegen gewesten, zette dit bij het smelten op den daar aanwezigen bodem af en mengde er zich gedeeltelijk mede. Tot dit materiaal behoort het keileem met de daarin voorkomende keien, vervormde brokstukken van Baltische rotsen. Hoe men zich deze vorming meer in bijzonderheden heeft voor te stellen zal met een enkel woord in de volgende bladzijden worden toegelicht. Alvorens daartoe over te gaan zullen we den blik een wijle terugslaan en van den beginne den weg volgen, die over groote moeilijkheden ten slotte tot eene algemeene aanvaarding dezer landijstheorie heeft geleid.

De leemafzettingen, die men thans als „keileem" bestempelt, hebben dien naam eerst gekregen, nadat Dr. J. Lorié ze herkend had als glaciale vormingen in bovengenoemden zin, in alle eigenschappen overeenkomende met het „Geschiebelehm" van het Noord-Duitsch diluvium. Vóór dien tijd werd het keileem wel gerekend tot de tertiaire formatie, een oudere dus, waarop het in meerdere streken van ons land is afgezet, zooals bijvoor-

[1]) Dergelijke verschijnselen van in „dooden toestand" overgaan van een eertijds voortreffelijken boschgrond heeft men bijvoorbeeld ook bij het loess waargenomen.

[2]) Ook de eventueel onder het keileem gelegen tertiaire leem of klei wordt voor dit doel aangewend.

beeld op verschillende plaatsen in den Oosthoek van Gelderland en in Twente.

In zijn „Brief over het Geologisch merkwaardige van het Quartier van Zutphen" van 1837 schrijft Dr. W. C. H. Staring: „Onder Mallem is op ons territoir het eerst de tertiaire vorming opgemerkt; aan de Giffel heeft de hoogleeraar van Breda (1832) dezelve daarop met een aantal kenschetsende versteeningen gevonden enz."

Staring dan beschouwde het keileem als bovenste laag, door verweering geel of geelachtig geworden, van het daaronder gelegen veel donkerder of zelfs zwart gekleurde tertiaire leem. Waar hij dus in bovengenoemd geval spreekt van tertiaire vorming bedenke men, dat daaronder ook het keileem begrepen is [1]).

In het licht der toentijds heerschende theorie over de vorming van wat men in die dagen „Diluvium" noemde, daaronder verstaande de van Scandinavië afkomstig gedachte zwerfblokken, steenen, grint en zanden, die het grootste deel uitmaken van de Noord-Duitsche en Russische Laagvlakte en ook van onze niet alluviale gronden, was Staring's opvatting van het keileem niet meer dan natuurlijk. Die theorie was de bekende *„Vloedtheorie"* en de genoemde afzettingen vatte men samen onder den naam: „Vloedvorming" of „Diluvium". Men dacht ze aangevoerd door een ontzaglijken vloed, van het Noorden komend en zich stortend over Noord-Duitschland, Rusland en een gedeelte van Nederland met zoodanige onstuimigheid, dat zelfs de bekende reusachtige erratische blokken van Skandinavië door de stortzeeën naar onze breedte konden worden voortgeslingerd zonder den bodem van de Oostzee aan te raken.

Leopold von Buch was de invloedrijkste voorstander van deze theorie. Hij heeft zich in 1811 het eerst openlijk als aanhanger doen kennen [2]). Ook de Zweedsche geoloog N. G. Sefström (1836) deelde deze meening en sprak van een grooten rolsteenvloed, die zich over Skandinavië en Noord-Duitschland zou hebben voortbewogen, ja zelfs het geheele diluvium van Skandinavië, Finland, Rusland en Duitschland dacht hij zich door

---

[1]) „Binnen de Nederlandsche grenzen vertoont zich de leem meestal op dezelfde wijze. Bovenop ligt eene laag gele zandige klei, vermengd met gerolde steenen van de vloedvorming, en gewoonlijk niet meer dan een paar ellen dik. Op deze klei volgen twee of meer ellen blauwe leem, welke daarop langzamerhand donkerder van kleur wordt en tot den nog niet doorboorden grauwen of zwarten leem overgaat." (Brief enz. „pag. 6). Evenzoo vindt men in „De Bodem van Nederland" op blz 203. „De hoofdmassa van de Eibergsche en Winterswijksche tertiaire gronden bestaat uit eenen grauwblauwen, met zeer kleine glinsterende kwarts of zandkorrels vermengden leem. Door verwering is de bovenlaag, waar zij aan de oppervlakte ligt, of zooals gewoonlijk, door een laag diluvium bedekt is, bruin en geelachtig". Ook elders waar Staring de tertiaire leemgronden van Gelderland en Overijssel bespreekt, vinden wij melding gemaakt van eene bruine of gele kleur der bovenste lagen; niet altijd zijn deze evenwel onmiddellijk keileem gebleken, zooals later zal worden gereleveerd; op de tertiaire formatie is namelijk in meerdere gevallen eerst een gelaagd praeglaciaal leem afgezet.

[2]) „Ueber die Ursachen der Verbreitung grosser Alpengeschiebe". (Phys. Kl. d. k. preusz. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1811, S. 186).

reusachtige vloeden ontstaan; de voortgestuwde steenen zouden de bekende krassen en groeven in de Skandinavische rotsbodems veroorzaakt hebben [1]).

Toen in 1860 het tweede deel van Staring's „Bodem van Nederland" het licht zag, had de Vloedtheorie voor een nieuwe hypothese plaats gemaakt: de Drift- of IJsberghypothese van Ch. Lyell. In 1835 voor het eerst opgesteld, vond deze eerst eene volledige uitwerking in 1845. Dank zij de belangrijke onderzoekingen van de tegenwoordige en voormalige alpine-gletschers en hunne uitwerking op de aardkorst door Venetz (1829), Agassiz (1840), Schimper en Charpentier (1834, 1840), waardoor men tot het aannemen van een voormaligen „IJstijd" was genoodzaakt, vond Lyell's theorie steeds meer aanhangers, en ook Staring en vele schrijvers na hem zijn daaronder te rekenen.

Volgens deze theorie zou tijdens dien „IJstijd" geheel Noord-Duitschland en ook het grootste deel van ons land, tot aan den noordrand der Duitsche Middelgebergten door eene zee bedekt zijn geweest. Gelijktijdig was Skandinavië bedolven onder reusachtige gletschers, die zich tot aan de zee uitstrekten. Bij hunne

---

[1]) Voorstellingen over de vorming der diluviale zand-, grind- en zwerfblokafzettingen in den geest dezer vloedtheorie bestonden reeds in de eerste ontwikkelingsstadia der geologische wetenschap en houden verband met of zijn wellicht geboren uit de bijbelsche verhalen over den Zondvloed. Ofschoon enkele geleerden reeds zeer vroeg tot het inzicht gekomen waren, dat de hoofdmassa der erratische blokken en steenmassa's uit Skandinavië en de andere Baltische gewesten meest zijn overgebracht, heeft het toch nog zeer lang geduurd, voordat deze meening algemeene adhaesie ondervond.

In 1775 reeds had von Arenswald (Geschichte der pommerschen und mecklenburgischen Versteinerungen. Der Naturforscher, Stück V u. VIII) opgemerkt, dat de versteeningen in het diluviaal gebied van Pommeren en Mecklenburg eene groote overeenstemming vertoonden met die, welke in Zweden voorkomen. Hij komt op grond daarvan reeds tot de voorstelling, dat een groot deel van onze diluviale zwerfblokken en keien door een vloed in Zweden losgebroken moeten zijn en daarna naar Noord-Duitschland overgebracht. In een opstel, getiteld: „Vom Vaterlande des Mecklenburgischen Granitgesteins" (Monatsschrift, von und für Mecklenburg 1790), vestigt G. A. von Winterfeld er in 1790 de aandacht op dat de het dichtst bij Mecklenburg gelegen granietgronden, de Zweedsche zijn, en de Mecklenburgsche erratische blokken daarom van Zweden afkomstig moeten zijn. Het transport stelt hij zich echter voor als te zijn geschied door *drijvende ijsmassa's* bij eene algemeene bedekking van het huidige Noord-Duitschland door zeewater.

Er hebben nog andere meeningen geheerscht over den oorsprong van de erratische blokken. Sommigen dachten ze afkomstig van de Duitsche middelgebergten, terwijl weer anderen, o. a. Goethe ze voor brokstukken hielden van gesteenten, die men in den ondergrond van Noord-Duitschland gelegen dacht. J. J. Silberschlag (1780) meende zelfs in de erratische blokken en de noordelijke zanden enz. producten van vulkanische uitbarstingen te moeten zien. Uit groote kraters, waarvoor hij de ketelvormige „Pfuhlen" uit het Duitsche diluvium aanzag, zou dit materiaal uitgeworpen moeten zijn. (Geogenie oder Erklärung der mosaischen Erderschaffung nach physikalisch-mathematischen Grundsätzen, Berlin, 1780.) Aan een vulkanischen oorsprong der blokken, zanden, enz., meende zelfs nog in 1846 E. Boll te moeten vasthouden, (Geognosie der deutschen Ostseeländen.), doch volgens hem lag de haard der vulkanische werkingen in Skandinavië. (Zie verder: P. Wahnschaffe's: Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes 3e Auflage 1909 pag 86 enz.)

voorwaartsche beweging braken zij geregeld af en deze brokstukken dreven, beladen met gruis en rotsblokken, afkomstig van de boven de gletschers uitstekende, afbrokkelende rotstoppen naar Noord-Duitschland enz., strandden ten slotte en zetten hun materiaal daar af, of smolten voor dien tijd. Zoo werd dus het Noord-Duitsch en Nederlandsch diluvium, met zijn erratische blokken, grind, zand en leem, eene afzetting van eene voormalige diluviale zee. Deze oogenschijnlijk zeer eenvoudige hypothese vond tot ongeveer 1875 algemeen ingang.

Ook bij het opstellen van zijn: „Bodem van Nederland" kon Staring zooloende nog geen juiste voorstelling hebben van de vorming van keileem of Geschiebelehm. Dit zou eerst mogelijk geweest zijn in latere jaren, toen nauwgezette waarnemingen over de beweging der gletschers- en landijsmassa's en hunne inwerking op de aardkorst in de Poolgewesten tot geheel nieuwe inzichten over het wezen van den IJstijd voor Noord-Europa hadden geleid.

De groote ommekeer vond plaats in 1875 en daarop volgende jaren, toen de Zweedsche geoloog Otto Torell [1]), het vermoeden had uitgesproken, dat ook Noord-Duitschland (en gedeeltelijk dus ook Nederland) evenals reeds lang te voren voor Skandinavië en Groot-Britannië was aangetoond, door een voormalig landijsdek moest zijn bedekt geweest.

Het voorkomen der eigenaardige volkomen ongelaagde *keimergel*- en *keileemafzettingen* aldaar kon volgens hem slechts verklaard worden door deze te beschouwen als *grondmoreenen* van een voormalig van Skandinavië komend landijs.

Deze landijs- of glaciaaltheorie is sinds dien tijd door zoo talrijke waarnemingen bevestigd geworden, dat zij heden ten dage door alle geologen wordt aangehangen.

Hoe heeft men zich nu het ontstaan der keileembanken in het licht der landijstheorie voor te stellen en in welke vormen kwamen zij tot afzetting?

In de eeuwen, voorafgaande aan den IJstijd, toen tengevolge van het dalen der temperatuur de atmospherische neerslagen zich gaandeweg vermeerderden, vormden zich in Skandinavië en andere Baltische gewesten groote sneeuw- en gletschermassa's, welke steeds toenemend in uitgestrektheid en dikte, ten slotte het voorkomen kregen van het thans o.a. nog op Groenland liggende landijsdek, eene reusachtige, schildvormige ijslaag, reeds dicht bij den rand eenige duizend-tallen meters dik, en in de laatste jaren een onderwerp van studie van eenige bekende poolvorschers, waaronder in de eerste plaats Nansen en Peary te noemen zijn [2]).

---

[1]) Reeds in 1867 heeft hij deze meening verkondigd bij de beantwoording van eene prijsvraag, uitgeschreven door de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem, welk antwoord evenwel niet in druk verschenen is.

[2]) Volgens sommigen zouden de glaciale verschijnselen op IJsland en in Aljaska een juister beeld geven van hetgeen eertijds ook in Noord-Europa plaats vond, dan die op Groenland.

Een dergelijk landijs verkeert in een toestand van voortdurende beweging. De ijsmassa, gevoed en aangroeiend door de groote sneeuwneerslagen in hooger gelegen centra, groeit en beweegt zich van daaruit voorwaarts als een reusachtige stroom. Hij kan een druk van een paar honderden atmospheren op den ondergrond uitoefenen en is zoodoende in staat bij zijn voortgang grootere en kleinere brokken van den rotsbodem los te maken en mee te voeren, daarbij met behulp van dit materieel dien ondergrond verder te bewerken, uit te schuren en op den duur geheel te vervormen, daarbij steenen en blokken gedeeltelijk tot gruis, zand en fijn leemig poeder vermalend.

Het voormalige Baltische landijs ontwikkelde zich nu steeds verder naarmate de ijstijd naderde, bereikte de Oostzee, verdrong deze gaandeweg, zich over den zeebodem voortschuivende en bereikte ten slotte ook Noord-Duitschland, Denemarken en Nederland.

De vraag is nu: in welke geologische ontwikkelingsphase zou het naderend landijs ons land in dezen zoogenaamden praeglacialen tijd aantreffen?

Nederland was destijds meer nog dan thans eene deltavorming van den toenmaligen Rijn en Maas. Hunne waterhoeveelheid was echter veel grooter dan heden; de grootere neerslagen in gansch Europa bij het naderen der ijsperiode deden de rivieren aanzwellen tot stroomen van een zoodanig transporteerend vermogen, dat naast grof en fijner zand, ook keien en grind konden worden aangevoerd. Zoo brachten Rijn en Maas enorme hoeveelheden van dit materiaal naar onze lage landen — Rijngesteenten werden zelfs tot aan onze noordelijke provinciën vervoerd — en zetten dat geheel of gedeeltelijk af, zoodra de stroomsnelheid zich bij het bereiken der vlakkere stroomgebieden begon te matigen; de grootere keien en het grind bleven het eerst achter, daarop bezonk dan het grover en fijner zand, terwijl bij nog geringere stroomsnelheid ook leemig materiaal tot afzetting kon komen.

Aldus vindt men in deze praeglaciale diluviale vorming ook de laagsgewijze structuur, die alle afzettingen uit watermassa's min of meer duidelijk vertoonen. De Rijn- en Maasarmen liepen destijds gansch anders als thans en veranderden voortdurend van bedding, waardoor hoogten en laagten werden gevormd [1]).

Behalve Rijn en Maas heeft in het oosten van ons land ook de Overijselsche Vecht, destijds een krachtige stroom, tot de vorming van het praeglaciaal diluvium bijgedragen.

Aldus moet de toestand hier te lande geweest zijn in de eeuwen,

---

[1]) Hun physiographische bouw gaf J. van Baren aanleiding tot het opstellen zijner theorie der „Terrassenvorming"; zie: De Morphologische Bouw van het Diluvium ten Westen van den IJsel, door J. van Baren, Tijdschrift v. h. Kon. Ned. Aardrijksk. Gen. Tweede Serie, Deel XXIV, 1907.

dat de groote ijsmassa's zich in de Baltische gewesten ontwikkelden en zuidwaarts schoven. Doch lang voordat ze ons land genaderd waren, bereikte hun smeltwater ons territoir, eveneens grind, zand en leem aanvoerend, troffen de stroomgebieden van Maas, Rijn en Vecht, mengden zich waarschijnlijk met deze of vormden zelfstandige, zich eveneens bij voortduring verplaatsende smeltwaterstroomen of beken; in het laatste geval vormden hunne afzettingen zoogenaamd *glaciaal gelaagd Skandinavisch diluvium,* in het eerste geval was het *glaciaal gelaagd Gemengd diluvium,* een mengsel van het Skandinavisch diluvium der smeltwateren en het zuidelijk of eventueel Westphaalsch diluvium van Maas, Rijn of Vecht [1]).

Zoo bereikte ook eindelijk de landijsstroom zelve, met zijne zwerfblokken, steenen, zand en leem, materiaal voor toekomstig keileem, ons territoir, zich voortschuivend hoofdzakelijk in zuidwestelijke richting, gedeeltelijk over de bestaande praeglaciale hoogten heen, deels slechts de lagere plaatsen daartusschen opvullend en de hoogste toppen intact latend.

Het schijnt ten slotte door den heuvelrug Rhenen-Soesterberg te zijn tot staan gebracht, den oostelijken rand daarvan bovenwaarts duwend, hetgeen nog te zien is aan de schuin gerichte leembanken (van zuidelijken oorsprong) aldaar [2]).

Het landijs moet voorts behalve ons diluvium ten noorden van den Rijn, ook het gebied der huidige Zuiderzee en de Noordzeeeilanden bedolven hebben. Dit geldt evenwel slechts voor den zoogenaamden *eersten ijstijd,* dien ons land gekend heeft.

Terwijl namelijk volgens Dr. J. Lorié en Dr. H. van Cappelle slechts éénmaal een ijstijd in Nederland geheerscht heeft, moet dit volgens J. van Baren tweémaal het geval geweest zijn. Het landijs der tweede ijsperiode moet echter veel minder uitgebreidheid gehad hebben dan dat der eerste.

Het landijs der *tweede ijsperiode* is ten slotte waarschijnlijk teruggetrokken en weggesmolten in den vorm van drie lobben, gelegen over het oostelijk gedeelte van ons land. Een, de grootste, zou Drente bedekt hebben. Dat was tevens de sterkst ontwikkelde. De tweede hield Twente bedolven en was minder machtig, terwijl de derde, de minst ontwikkelde, den Achterhoek zou hebben overdekt. De heuvelruggen: Lochem-Ommen zijn aan te zien als stuwmoreenen van dezen tweeden ijstijd.

Van den tijdsduur der beide ijsperioden en de dikte der ijslaag is niets bekend; in het westen moet ze echter minder dik zijn geweest dan in het Oosten en Noorden.

---

[1]) Dr H. van Cappelle. Voordracht over: De betrekking tusschen het Gemengd en het Skandinavisch diluvium en gemengd diluvium in Midden-Drenthe, gehouden op de Algemeene Vergadering van het derde Natuur- en Geneeskundig congres te Utrecht, 4 April 1891.

[2]) Een door den ijsstroom opgeperste rug als deze heeft men genoemd *stuwmoreene.*

Op den interglacialen diluviaaltijd komen we straks met een enkel woord terug.

Welken invloed heeft nu het landijs op den bestaanden bodem uitgeoefend?

Deze invloed laat zich in beginsel in twee momenten splitsen en wel:

1°. Het landijs wijzigt het landschapstype;

2°. Het zet er materiaal op af.

De eerste invloed, hoewel zeer belangrijk, daar hij ons in staat stelt het glaciale landschap als zoodanig te herkennen en daaraan verdere gevolgtrekkingen te verbinden, treedt voor ons doel op den achtergrond tegenover den tweeden, de afzetting van in de ijslagen geabsorbeerd en meegevoerd materiaal, dat onzen cultuurbodem vormt; eene volstrekte scheiding der invloeden is natuurlijk niet mogelijk; afgezet materiaal verandert uiteraard ook het landschapstype.

Dit materiaal bestond uit: keien, (graniet, gneis, diabaas, bazalt, kalksteen, zandsteen), grind, zand en leemig poeder, afkomstig van rotsen uit Skandinavië en Finland, deels vermalen of mechanisch en chemisch geheel of gedeeltelijk verweerd. De aldus afgezette massa's, zoogenaamde *moreenen*, en wanneer het betreft materiaal, dat meer in het bijzonder aan de basis van het landijs werd meegevoerd, *grondmoreenen* genoemd, vertoonen niet de minste laagsgewijze structuur.

Ingeval het kleiachtig gedeelte (colloidale silicaten) eenigszins aanmerkelijk is, spreekt men van *keileem*. Dit kan dan nog meer of minder rijk aan colloidale silicaten zijn en dus zandig of zwaar.

Ook kan de grondmoreene geheel of gedeeltelijk uit zand bestaan; men spreekt dan van *keizand*, hetwelk op zijne beurt weer min of meer leemig zijn kan.

Gaan we thans na, waar en op welke wijze het keileem is afgezet.

Gelijk reeds is opgemerkt, treft men het keileem alleen aan ten Oosten van den IJsel en verder bij Vollenhove („de Voorst"), in Drente, Z.W.-Friesland (Gaasterland) en op Urk.

In Twente en de Graafschap reikt zijn gebied niet verder westwaarts dan ongeveer wordt aangegeven door de lijn: Anholt—Lichtenvoorde—Groenlo—Lochem—Ommen, en voor de noordelijke provinciën: Voorst—Gaasterland.

De machtigste keileembanken ten oosten van den IJsel vindt men in Twente; ze reiken hier ook tot op de grootste hoogte. Typische vormen, waarin het keileem werd afgezet vindt men ten zuiden van Delden. Men heeft daar meerdere evenwijdig naast elkaar gelegen zwak golvende „esschen" van zuidoost- en noordwestelijke richting en uit fijn zand bestaande; daartusschen liggen keileemvelden. De esschen beschouwt men als eindmoreenen, d. w. z. ruggen, gevormd uit materiaal, dat zich heeft afgezet

aan den rand van het zich terugtrekkend landijs, hetwelk daar ter plaatse tijdelijk heeft stilgestaan.

Deze eindmoreenen en grondmoreenen (keileem) zijn gevormd in den tweeden ijstijd. Wel zullen er in Twente en ook in de Graafschap, afzettingen tijdens het eerste ijstijdvak hebben plaats gehad, maar deze zijn in latere tijden, zoowel door de wateren van den Rijn als ook in den tweeden ijstijd, zoo zeer vernield, dat men er tot dusverre niets van heeft kunnen ontdekken.

Minder dik ligt het keileem in den Achterhoek tusschen de weinig hooger gelegen esschen, welke hier meerendeels als resten van eertijds hoogere heuvels (behoorende tot het „hoogterras") schijnen te moeten worden beschouwd.

In Drente ligt het keileem over de geheele provincie verspreid; men vindt er zoowel zware grauwe keileem, als dat van Twente en de Graafschap, als ook roode en witte keileem. In de tweede paragraaf, waarin ook het een en ander over de keileembanken van de Voorst en Gaasterland zal worden medegedeeld, komen wij er nader op terug. Tijdens den eersten ijstijd zal ook wel ten westen van den IJsel keileem zijn afgezet. Volgens J. van Baren zijn de bekende roode zanden van Kootwijk, den Ginkel en andere plaatsen in de Veluwe overblijfselen van een voormalig keileem uit den eersten ijstijd.

Eene bespreking der afzettingen van de smeltwateren der ijsmassa moet hier achterwege blijven. Ze bestaan in den regel uit korte of langere onregelmatig geslingerde ruggen van fijn zand met gerolde steentjes, keien en ook keileem, alles door elkaar en zijn door het smeltwater gevormd uit het pas door het ijs verlaten moreenengebied.

De *interglaciale tijd* (tusschen onzen eersten en tweeden ijstijd) is aanvankelijk gekenmerkt door een heftigen strijd tusschen zuidelijke wateren, Rijn en Maas en de smeltwateren van het terugtrekkende landijs evenals in den praeglacialen tijd. Ten slotte moesten de eerste zegevieren en menig glaciaal landschap werd gaandeweg door hen vervormd of geheel verwoest. Er vormden zich weer enkel zuidelijke afzettingen, totdat de tijden aanbraken, dat eene tweede landijsmassa onze landstreken naderde.

In Drente zijn ook vormingen van den eersten ijstijd bewaard gebleven; althans J. van Baren [1]) beschouwt het roode keileem van Gasselte bijvoorbeeld, evenals dat van de Voorst en Gaasterland te zijn afgezet in den eersten ijstijd. Het in de beide laatste gevallen somtijds daarop liggend grauwe keileem (zie ook blz. 49 en blz. 72 en 73) zou volgens hem in den tweeden ijstijd zijn gevormd.

---

[1]) Volgens mondelinge mededeeling.

Wij laten ten slotte nog enkele zeer algemeene opmerkingen volgen betreffende de vormen, waarin het keileem in het algemeen en ook in ons land schijnt voor te komen.

Men heeft namelijk in de gebieden, waar keileem de overheerschende grondsoort is, twee verschillende terreinvormingen onderscheiden tusschen welke evenwel allerlei overgangen bestaan. Deze zijn:

I. Vlakke keileemgebieden en

II. Moreenenlandschappen.

Voor ons land is dit verschil in type voor het eerst door H. van Cappelle voor het diluvium van West-Drente ten oosten van Steenwijk gedemonstreerd (zie blz. 69).

Een vlak keileemgebied is gekenmerkt door de zeer geringe niveauverschillen van den bodem, bestaande uit zwaarder of lichter keileem, in den regel met eene zandlaag of laagje bedekt. In West-Drente vormde het leem zelve slechts hier en daar de oppervlakte.

Het moreenenlandschap daarentegen is een zeer heuvelachtig terrein, door keileem, de grondmoreene, gelijkmatig bedekt. Ook hier ligt het keileem aan de oppervlakte of onder eene laag zand. Somwijlen, gelijk in West-Drente eindigt dit landschap in meer opvallend hooge wallen (als de Bisschopsberg en de Havelterberg), die met den naam: *eindmoreenenwallen* zijn aangeduid en opgebouwd zijn uit keileem en groote hoeveelheden zand en grind vooral van het laatste. Het zijn bijzonder groote accumulaties van in hoofdzaak noordelijk materiaal, aan een voormaligen ijsrand; het keileem treft men hier op de hellingen aan, in den regel echter meer of min uitgeslibd of in het algemeen: „verweerd".

Het keileem heeft namelijk op onderscheidene plaatsen in den loop der tijden aan de oppervlakte onder invloed van atmosferiliën eene zeer gecompliceerde verandering ondergaan, die onder den naam: „verweering" bekend is. Ze is in de eerste plaats gekenmerkt door eene verlaging van het leemgehalte (gehalte aan colloidale silicaten), tengevolge van uitslibbing dezer fijnste gronddeelen door stroomend water. Het wordt zandiger en dikwijls in die mate, dat er de naam *„keizand"* [1]) aan kon worden toegekend. Men vindt deze verweering zoowel in vlakke keileemgebieden als in moreenenlandschappen en op de hellingen der eindmoreenen; H. van Cappelle heeft dit voor West-Drente uitvoerig nagegaan. Zoo treft men op de hooger gelegen punten van het vlakke keileemgebied aldaar het zoogenaamde „steenzand", van ongelaagde structuur, waaronder keileem ligt. H. van Cappelle heeft het „keizand" genoemd, daar het volgens hem uit keileem gevormd moet zijn. De niet laagsgewijze bouw zou namelijk bewijzen, dat het onmogelijk uit waterstroomen kan zijn afgezet en bovendien komt het juist op de hooger gelegen

[1]) Het is echter een ander keizand dan bedoeld op blz. 57.

plaatsen voor, van waaruit het water het krachtigst moet zijn weggestroomd, de lichtere kleideelen van het keileem, soms zelfs ook het zand, gedeeltelijk met zich voerend. Voor de eindmoreenenwallen geldt hetzelfde.

Over het zand, dat op de meeste plaatsen het keileem bedekt houdt en toch niet als „keizand" kan worden beschouwd, vinden wij o.a. bij H. van Cappelle [1]): „Aan den voet of tegen de helling (in de moreenenlandschappen ten oosten van Steenwijk bijvoorbeeld) treffen wij een meer of minder heuvelachtig zand aan, dat zijn ontstaan aan de van de keileemhoogten afvloeiende waterstroomen te danken heeft en dat wegens de groote diepte, waarop het voor water ondoordringbare keileem onder de zandheuvels ontwikkeld is, eene heidebedekking of fraai dennenbosch draagt. Schroeder van der Kolk heeft dit zandterrein naar zijne ligging ten opzichte van den keileemrug *hellingzand* genoemd, door mij (van Cappelle) werd het plantenkleed met den naam: *heidezand* aangeduid".

Dit helling- of heidezand is dus meegevoerd door snelstroomend water van de keileemhoogten en op de lagere hellingen en aan den voet daarvan afgezet; de leemsubstantie werd in het water zwevende gehouden en zoo naar elders getransporteerd en het keileem zelve gedeeltelijk tot keizand uitgeslibd.

Het ligt echter voor de hand, aan te nemen, dat niet in alle gevallen het keileem onder een zanddek van dezen oorsprong bedolven zal liggen; daartoe zullen in het algemeen, vooral in de meer zuidelijk gelegen gewesten veel te groote complicaties zijn ingetreden bij het terugtrekken van het landijs. Zoowel noordelijke smeltwateren en de zuidelijke stroomen, zullen er ook het hunne toe bijgedragen hebben om de vaak zoo moeilijk te ontwarren vormingen op de grondmoreene (keileem) te scheppen. Zoo treft men bijvoorbeeld in een leemgroeve vlak bij Winterswijk op zware keileem, direct een laag zuidelijk zand met groote hoeveelheden witte kwartsen aan en daarboven weer geheel andere zandlagen. Het ligt echter niet op onzen weg op deze, hoewel geologisch hoogst belangrijke questie verder in te gaan. Wel schijnt op sommige plaatsen het zanddek op keileembanken gedeeltelijk van de groote heuvels (hoogterras) van praeglaciaal diluvium te zijn neergespoeld; dit zijn echter geheel andere zanden als bovengenoemde en bestaan in hoofdzaak uit wit zuidelijk kwarts zand, met zeer weinig grind [2]).

Dan rest ons ten slotte nog een enkel woord over het verband, dat er schijnt te bestaan tusschen de samenstelling van de *grondmoreene* en haren *ondergrond*.

Door J. Lorié, K. Martin en ook door H. van Cappelle

---

[1]) Bijdrage tot de kennis van het Gemengde Diluvium, door Dr. H. van Cappelle. Tijdschrift v. h Kon. Ned. Aardr. Genootschap, Jaargang 1896.

[2]) Het behoort dan tot het „Zanddiluvium" van Staring (zie blz 62).

is op een dergelijk verband ook voor ons land de aandacht gevestigd.

Gebleken is n.l., dat de grondmoreene, hoewel in hoofdzaak uit noordelijk materiaal bestaande, meer of minder rijk aan zuidelijk (praeglaciaal) gesteente enz. kan zijn al naarmate de ondergrond daarvan meer of minder bevat.

Grondmoreenen op zuiver praeglaciaal diluvium bevatten ook zelve belangrijke hoeveelheden zuidelijk materiaal. Op glaciaal gelaagd Skandinavisch diluvium afgezet, blijken ze ook zelve zoo goed als uitsluitend uit Skandinavisch diluvium te bestaan, terwijl er bij een ondergrond van glaciaal gemengd diluvium weer duidelijk zuidelijke gesteenten enz. in gevonden worden.

Zoo ook schijnt het zand- (respectievelijk klei-gehalte) der grondmoreene op grind- of zandbodem schijnt gewoonlijk te bestaan uit zand of hoogstens leemig zand, ook hier wel genoemd: *keizand* of *leemig keizand*. Stijgt het leem- of kleigehalte van den ondergrond, dan ziet men ook dat der grondmoreene grooter worden en vindt men *zandige keileem* of *zware keileem* [1]).

Zoo bestaat de grondmoreene bijvoorbeeld uit bijzonder zware keileem, zoodra deze onmiddellijk op tertiaire klei is neergelegd. Men treft dit geval o.a. in de omgeving van Winterswijk aan, waar keileem ligt op klei, hetzij uit de miocene formatie of het nog oudere oligoceen.

§ 2.

Over plaatsen, waar keileem voorkomt, met enkele voorafgaande opmerkingen over het Nederlandsch diluvium in 't algemeen.

Er volge thans een beknopt overzicht van de gebieden, waar, voor zoover tot heden werd nagegaan, keileem de overheerschende grondsoort is.

Dit overzicht kan slechts zeer schematisch zijn; voor plaatselijke bijzonderheden, vóóral geologische, moet naar de origineele literatuur verwezen worden.

Ik heb gemeend nog een enkele opmerking over den historischen ontwikkelingsgang onzer kennis van het Nederlandsch diluvium te moeten doen voorafgaan.

Volgens het werk, dat ook nog thans in menig opzicht den grondslag vormt van de aardkunde van ons land, Staring's „Bodem van Nederland" [2]) is het Nederlandsch diluvium, in hoofdzaak bestaande uit verschillende zandgronden, waarin min of meer afgeronde steenen en steenblokken worden aangetroffen,

---

[1]) Dr. H. van Cappelle. Eenige mededeelingen over de glaciale en praeglaciale vormingen in Twente en den Oosthoek van Gelderland Verhandelingen der Kon. Ak. van Wetenschappen te Amsterdam, Tweede Sectie. Deel III, n°. 9, blz. 9.

[2]) Thans is een geheel nieuwe door J. van Baren bewerkte uitgave bezig te verschijnen.

te verdeelen in totaal 4 onderdeelen. Drie daarvan zijn gebaseerd op den hun toegekenden oorsprong. Zoo vooreerst het „Noordelijk" of „Skandinavisch Diluvium", afkomstig uit het Noorden of Noordoosten, hetwelk omvat de niet alluviale landstreken van Friesland, Groningen, Drente en Overijsel ten noorden van de Vecht, de Noordzee-eilanden, Wieringen en Urk. In de tweede plaats: het „Maasdiluvium", door de Maas aangevoerd, dat Noord-Brabant en Limburg ten westen van de Maas bedekt, en in de derde plaats: „het Rijndiluvium", eene afzetting van den Rijn, waaruit slechts een gedeelte van Gelderland en Limburg tusschen Rijn en Maas zou zijn gevormd.

Als vierde afdeeling voerde Staring in: een zoogenaamd „Gemengd Diluvium", waaruit het overige diluviaalgebied bestaat, omvattende de provincies Utrecht, Gelderland en Overijsel tusschen den Rijn en de Vecht en bestaande uit zand met steenen, gedeeltelijk van zuidelijken (in hoofdzaak van den Rijn), gedeeltelijk van noordelijken (Skandinavischen) oorsprong.

Deze vier rubrieken heeft hij samengevat onder den naam: „Grinddiluvium". Zij vormen samen nog niet de geheele oppervlakte van ons diluviaalgebied, doch alleen de hooger gelegen gedeelten daarvan. De daartusschen gelegen lagere gronden bestaan uit zand, dat slechts zelden steenen bevat en daarom door hem: „Zanddiluvium" werd genoemd.

Deze indeeling is er klaarblijkelijk eene naar de samenstelling der *aan de oppervlakte* gelegen vormingen. Met de ligging der verschillende rubrieken in *vertikalen* zin heeft Staring zich bijna niet beziggehouden, ook al zegt hij herhaaldelijk, dat het zanddiluvium ongetwijfeld het jongste is en overal op het Grinddiluvium rust, en gewaagt hij van den waarschijnlijk grooteren ouderdom van het Rijn- en Maasdiluvium ten opzichte van het Skandinavische en Gemengde [1]).

Zoo werd het onderzoek van ons diluvium in verticalen zin, taak van hen, die het levenswerk van onzen oudsten geoloog zouden voortzetten. Daarbij zou blijken, gelijk reeds uit de eerste paragraaf van dit hoofdstuk is te zien, dat Staring's horizontale indeeling niet te handhaven is; dat weliswaar ten zuiden van den Rijn slechts zuidelijk diluvium tot afzetting kwam, maar dat zijn „Skandinavisch diluvium" gedeeltelijk uit noordelijk met zuidelijk, en dus gemengd diluvium is gevormd en zoodoende niet in den zin is op te vatten, dien Staring er aan schonk. Daardoor heeft ook zijne begrenzing van Gemengd en Skandinavisch Diluvium hare actueele beteekenis verloren al kan nog altijd gezegd worden, dat aan de oppervlakte van zijn Skandinavisch

---

[1]) „De Bodem van Nederland", Deel II, pag. 144; „Waarschijnlijk zal men met der tijd meerdere bewijzen aantreffen van de vroegere wording van het zuidelijke, die evenwel voortgeduurd heeft gedurende die van het noordelijke, zoodat daarin de verklaring te vinden is van de hoogst merkwaardige wijze, waarop het grind en de keien van beiderlei oorsprong dooreen gemengd liggen" (in zijn „Gemengd diluvium" nl.).

diluvium werkelijk Baltisch materiaal sterker op den voorgrond treedt dan in zijn Gemengd diluvium.

De onderzoekingen op Nederlandsch diluviaalgebied na Staring tot aan het jaar 1888 moeten hier onbesproken blijven [1]).

Dit jaar levert evenwel voor de geologie van Nederland een rijken oogst. Ongeveer gelijktijdig verschijnen twee belangrijke verhandelingen, „Le Diluvium ancien ou graveleux" van Dr. J. Lorié en eene „Bijdrage tot de kennis van Frieslands Bodem" van Dr. H. van Cappelle [2]).

Het laatste geschrift behandelt de resultaten eener putboring in de nabijheid van Sneek en is hoewel voor de geologie van Nederland van groot belang, voor ons doel op het oogenblik van minder beteekenis, zoodat wij belangstellenden alleen naar het origineel moeten verwijzen.

Met het stuk van J. Lorié is het een ander geval. Daar echter eene eenigszins volledige behandeling van het voor ons belangrijke gedeelte ook van dit werk meer ruimte zou vereischen dan voor het evenwicht van ons overzicht geoorloofd is, moet ik voor geologische bijzonderheden ook hier den lezer verwijzen naar de oorspronkelijke verhandeling.

Min of meer aan de hand van Lorié's onderzoekingen, die een der voornaamste grondslagen leveren voor de kennis van Nederlands diluvialen bodem, gaan wij thans over tot de bespreking der landstreken, waar *keileem* voorkomt.

Beginnen wij met het *Gemengde Diluvium* van Staring ten oosten van den IJsel.

De omstreken van Eibergen, Groenlo en Winterswijk.

Het karakteristieke dezer landstreken is gelegen in de aanwezigheid van uitgestrekte leemgronden, het eerst bekend gemaakt door Prof. van Breda in 1832, en later vrij uitvoerig door Staring beschreven [3]); hij rekent ze evenwel alle tot de tertiaire, eene opvatting, zeer begrijpelijk voor dien tijd, welke echter slechts gedeeltelijk juist gebleken is. Latere onderzoekingen wezen ze uit, deels te zijn tertiair, deels glaciaal diluviaal

---

[1]) Uitvoerige bespreking en kritiek vindt men in: Contributions à la Géologie des Pays-Bas II. Le Diluvium ancien ou graveleux, par Dr. J. Lorié. Archives du musée Teyler 1887. Daarin worden o. a. genoemd:

Berendt en Meyn, „Bericht über eine Reise nach Niederland", im Interesse der Königl. Preusz. geol Landesanstalt, voorkomende in het: Zeitschr. d. Deutschen Geologischen Gesellschaft 1874.

Winkler, Considérations géologiques sur l'origine du „Zanddiluvium", du sable campinien et des dunes maritimes des Pays-Bas. Archives du musée Teyler 1878.

K. Martin, Niederländische und Nord-West-Deutsche Sedementaer Geschiebe, ihre Uebereinstimmung, gemeinschaftliche Herkunft und Petrefacten.

A. Helland, „Ueber die glacialen Bildungen der Nord-Europäischen Ebene", Zeitschrift d. Deutschen Geologischen Gesellschaft, Band XXXI.

[2]) Tijdschrift v. h. Ned. Aardr. Gen. Jaargang 1888.

[3]) „De Bodem van Nederland" Deel II blz. 200 enz.

m.a.w. *keileem* en gedeeltelijk als praeglaciaal diluviaal; tertiaire leem of klei vormt dan dikwijls den ondergrond van het keileem of van het praeglaciale leem. Onze kennis is hieromtrent echter ook heden ten dage nog zeer beperkt. Het eigenlijke keileem, „Geschiebelehm", werd in de omgeving van Eibergen het eerst als zoodanig herkend door J. Lorié (loc. cit. pag. 51) in het „Ballastveld". Van het keileem van Winterswijk zegt hij: „De l'autre côté de Winterswijk dans les briqueteries autour du hameau de Miste, on aperçoit facilement, comment l'argile noire miocène a été changée en „boulderclay" dans sa partie supérieure (1 m.) et est remplie de cailloux et d'erratiques".

In 1894 werden Lorié's waarnemingen in deze streken door H. van Cappelle [1]) met nieuwe aangevuld. Zijne bedoeling was de zoogenaamde tertiaire vormingen van Staring) aan de hand van een aantal boringen op hun werkelijken geologischen ouderdom te onderzoeken.

Hij stuit daarbij ook op „keileem" en releveert, hoe dit (en in het algemeen de grondmoreene) in samenstelling varieert al naargelang van de hoedanigheid van den ondergrond, waarop de gletscher het heeft afgezet (zie blz. 60 en 61).

Voorts merkt hij, mede naar aanleiding van zijn onderzoek in Twente [1]) nog het volgende op betreffende het kleigehalte der grondmoreene en de dikte harer „verweeringskorst": „Waar zich tengevolge van het geringe zandgehalte van den ondergrond een *keileem* ontwikkeld heeft, zien wij het oorspronkelijk grijs gekleurd leem, wegens de ondoordringbaarheid des bodems voor water, slechts tot op eene geringe diepte (0,30—0,60 M.) en dan nog slechts plaatselijk in geel leem veranderd, terwijl een eigenlijke verweeringskorst, ontstaan door uitspoeling der kleibestanddeelen, ontbreekt. Waar echter zandig leem of leemig zand den ondergrond vormt, bleek de grondmoreene meestal in hare volle dikte van hare kleideelen beroofd te zijn en een gelijkmatig gele kleur te hebben aangenomen en werd ook nog in de bovenste lagen van den praeglacialen ondergrond genoemde kleursverandering aangetoond."

Wanneer wij nu ook het leemige *keizand* onder de grondsoort „keileem" rangschikken, moeten wij van de door van Cappelle verrichte boringen in deze streken, waarbij hij keileem aantrof, de volgende vermelden:

1. Bij de Menkhorst in het Smitsbosch:
   0—1,20 M. leemig keizand;
2. Aan den weg naar Rekken, 50 M. van dit bosch verwijderd:
   0—2,0 M. grijs en rood gevlekt keileem;

---

[1]) Eenige mededeelingen over de glaciale en Praeglaciale Vormingen in Twente en den Oosthoek van Gelderland, door Dr. H. van Cappelle. Verh. d. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam. Tweede Sectie Deel III, n°. 9, 1894.

3. Bij den steenoven „de Koerboom", ten Zuiden van Eibergen: 0—0,50 M. leemig keizand;
4. Boring op het heideveld tusschen het laatste punt en Eibergen: 0—0,50 M. grijs leemig keizand;
5. Boring langs den zandweg tusschen Groenlo en de buurtschap Zwolle.

In later jaren zijn nog op onderscheidene plaatsen in deze streken keileembanken aangetroffen, waarover evenwel tot dusverre weinig of niets in geschrift verschenen is. Ik had zelf gelegenheid in de omgeving van Winterswijk voor eenigen tijd enkele boringen te verrichten, waarbij bleek, — ook in aansluiting met mij verstrekte inlichtingen — dat het aldaar in belangrijke uitgestrektheden voorkomt. In het laatste hoofdstuk zal op deze waarnemingen nader worden ingegaan.

De keileemafzettingen in den Achterhoek zijn gelegen tusschen de daar aanwezige praeglaciale hoogten, misschien overgebleven resten van het „hoogterras" en gedeeltelijk ook tegen de hoogten aan. Ze vormen niet groote doorloopende banken, zooals in Twente, maar maken meer den indruk maar hier en daar door het landijs te zijn afgezet, dat zich eenmaal waaiervormig tusschen de heuvels moet hebben uitgebreid [1]).

De omstreken van Lochem, Markelo en Delden.

Wat Staring omtrent de bij deze plaatsen gelegen hoogten meedeelt, is voor ons doel van weinig of geen beteekenis; eveneens moeten wij Lorié's [2]) onderzoekingen hier terzijde leggen en vangen wij onmiddellijk aan met wat van Cappelle [3]) zegt van den Lochemerberg, een heuvel, deel uitmakend van de stuwmoreene: Lochem—Ommen.

„De Lochemerberg, schrijft hij [4]), is een 4 kilometer lange, van het zuidoosten naar het noordwesten gerichte en grootendeels uit praeglaciale zand-, grint-, en leemlagen opgebouwde bodemverheffing met een duidelijk walvormige gedaante. In het Westen verheft hij zich vrij steil uit een heuvelzandgebied, in het Oosten daarentegen gaat hij met eene zachte glooiing langzamerhand in het keileem over, welke vorming op een afstand van ongeveer 450—875 M. van de hoogst gelegen punten onder het zich in het oosten aansluitende zandgebied wegschiet."

---

[1]) Eenige geologische gegevens, in verband met land- en boschbouw van de Graafschap, Twenthe en Salland Naar aanleiding van excursies door de Boschbouwafdeeling der R. H. L. T. en Bb. School te Wageningen, onder leiding van den heer J. van Baren door Van den Br. Tijdschr. Ned. Heidemaatschappij 1908, pag. 390.

[2]) Contributions à la Géologie des Pays Bas II, Archives du Musée Teyler 1887.

[3]) Dr. H van Cappelle. Der Lochemerberg, ein Durchragungszug im niederländischen Diluvium. Verh. Kon Ak. v. Wet. Amsterdam. Tweede Sectie, Deel III, n°. 1 1893.

[4]) Dr. H. van Cappelle. Bijdrage tot de kennis van het Gemengd Diluvium. Tijdschrift v. h. Ned. Aard. Genootschap. Jaargang 1896, pag 6.

Er komt hier echt keileem voor, doch het keileem van Lochem sluit zooveel steenen van zuidelijken oorsprong in, dat het noordelijk element sterk op den achtergrond treedt. De keileembank van Lochem's omstreken heeft niet overal eene groote dikte, bijv. meer dan 4 à 5 M. Hij blijkt hier overal op praeglaciale vormingen te zijn afgezet. Wat den vorm en de uitgestrektheid van het keileemgebied hier ter plaatse aangaat, moet ik belangstellenden verwijzen naar het kaartje, in genoemd artikel te vinden.

De grens tusschen het keileem en het praeglaciaal diluvium was hier soms zeer moeilijk te trekken, daar het leem n.l. op vele plaatsen geheel „tot keizand was verweerd".

Uit het kaartje blijkt, hoe de zoogenaamde Lochemerberg is samengesteld uit vier in zuidoost-noordwestwaartsche richting nevens elkaar gelegen praeglaciale heuvels, deel uitmakend van het zoogenaamde hoogterras en bekend onder de namen: Kalerberg, Zwiepsche Berg, Lochemerberg, Paaschberg, tusschen welke het landijs zijn keileem heeft ingeschoven.

Voor de omstreken van *Markelo*, welke door J. L. C. Schroeder van der Kolk [1]) zijn bestudeerd, verwijzen wij direct naar het origineel en het reeds genoemde stuk van H. van Cappelle [2]).

Het keileem te *Markelo* „is zeer rijk aan Skandinavisch, maar geheel ontbloot van Rijngesteente en staat als het ware in tusschen het keileem van het Skandinavisch en dat van het Gemengd Diluvium (van Staring)". Het is aan de oppervlakte tot zand verweerd, dat een grooter of geringer leemgehalte bezit en dat door van Cappelle ook hier keizand genoemd is wegens de bijgemengde steenen. Om deze reden is hier de grens tusschen keileemgebied en het zoogenaamde hellingzand (zie § 1, blz. 60) moeilijk te trekken.

In de omgeving van *Delden* treft men alom keileem tusschen hooger gelegen „esschen"; een en ander hieromtrent is reeds in § 1 (blz. 57), medegedeeld. Reeds J. Lorié [3]) trof hier keileem aan: „La Bruyère, située au Nord de Twickel renferme tout près de la surface un noyau d'argile bigarrée de gris et de brun en renfermant de petits erratiques de silex et de granite. C'est donc encore le Boulder-clay comme à Diepenheim", terwijl H. van Cappelle [4]) bij eene boring op het heideveld voorbij de Twickelsche vaart keileem vond op 0,5 M. diepte.

---

[1]) Verslag eener proeve van Geologische Kaarteering in de omstreken van Markelo, in Juli en Augustus 1891 verricht door Dr. J. L. C. Schroeder van der Kolk. Versl. Kon. Ak. v. Wetenschappen Amsterdam, Afd. Natuurkunde, 8ste reeks, Deel IX.

[2]) Bijdrage tot de kennis van het Gemend Diluvium door Dr. H. van Cappelle. Tijdschrift v. h. Ned. Aardr. Gen. Jrg. 1896.

[3]) Contributions à la Géologie des Pays-Bas. II, par J. Lorié. Archives du Musée Teyler 1887, pag 55.

[4]) Eenige mededeelingen over de glaciale en praeglaciale vormingen in Twenthe en den Oosthoek van Gelderland door Dr. H. van Cappelle. Verh. Kon. Ak. v. Wetenschappen. Amsterdam. 2de Sectie, Deel III, n°. 9.

Ook op en bij den *Haarlerberg* is keileem afgezet. Lorié (loc. cit., blz. 56) zegt daaromtrent: „Une serie de briqueteries avec leurs glaisières revèlent la constitution du sol. La première entre le Vriezenberg et le Bovenberg au sud de Ryssen est peu profonde et nous découvre de l'argile sableuse, bigarrée de gris et de jaune en renfermant un grand nombre d'erratiques de granite, de diorite, de silex, de porphyre felsitique etc. C'est donc encore la moraine inférieure, qui ne constitue que la partie supérieure de la glaise; vers le bas celle-ci perd bientôt ses cailloux et son sable."

Enschede, Oldenzaal en Ootmarsum.

Op de uitgestrekte heuvel ten zuidwesten van Enschede vinden we op meerdere plaatsen steenbakkerijen; de bruinachtig gele leem, die hun tot grondstof dient, blijkt wederom keileem te zijn.

„Les glaisières, zegt Lorié (loc. cit., blz. 60), ont une profondeur d'un à deux mètres; on y voit une glaise jaune-brunâtre et sableuse, qui contient un grand nombre d'erratiques arrondis, parfois polis et est ainsi la moraine inférieure. L'abscence absolue des quartz blancs habituels faisait croire qu'on se trouvait ici non dans le Diluvium entremêlé (de Staring), mais dans le Diluvium scandinave." Op deze keileemmoreene bleek volgens Lorié ook de stad Enschede te zijn gebouwd.

Ook aan de andere zijde der stad vond hij keileem, verder op den heuvel bij Lonneker ten noorden van Enschede en op verschillende plaatsen langs den weg naar Oldenzaal; voorts ook langs de wegen van Oldenzaal naar Gildehaus en naar Denekamp.

Ook in de omstreken van *Ootmarsum* vindt men keileem, waarvan Lorié zegt: „Au nord et au nord-ouest du village je n'ai pu trouver que quelques glaisières peu profondes; le principale près de la briqueterie du hameau de Mander faisait voir un „Geschiebelehm" très ferrugineux. Ca et là l'argile était un peu sableuse et verdâtre par suite de son mélange avec le sable fin glauconifère."

„Au nord-nord-ouest d'Ootmarsum le route traverse plusieurs petites collines allongées, orientées du N. E. au S. O. et mène au hameau de Höcklenkamp sur le territoire allemand. Non loin de l'école on voit dans une glaisière une argile gris-foncée et grasse, identique à celle d'Ootmarsum, qui passe vers le haut dans le Geschiebelehm."

Ook H. van Cappelle (loc. cit.) heeft in Twente bij meerdere boringen keileem aangetroffen; naar aanleiding van dit onderzoek wijst hij uitdrukkelijk op het verband der samenstelling van grondmoreene en ondergrond en op de wijzen van verweering van het keileem aan de oppervlakte, al naargelang deze meer of minder rijk aan kleideelen is (zie ook blz. 18 en § 1, blz. 15). In Twente is de grondmoreene nu eens op praeglaciaal diluvium, elders op oudere (tertiaire) vormingen afgezet.

Men vindt het hier zoowel op de stukken van het hoogterras, als ook daartusschen. In dit opzicht is een verschil op te merken met de afzettingen in de Graafschap. Het landijsdek schijnt hier, vooral in het Oosten zoo machtig en hoog te zijn geweest, dat het in staat was eene dikke keileemlaag af te zetten, ook op de hooge deelen der praeglaciale heuvels (het hoogterras). Zoo vindt men bijvoorbeeld keileem tot op eene hoogte van ongeveer 70 M. op den heuvelrug van Oldenzaal naar Ootmarsum (Tankenberg) [1]). Niet zoo hoog ligt het op den rug Ommen—Lochem; men vindt het daar voornamelijk aan den voet der hoogten.

De tot dusverre besproken keileemgebieden liggen in Staring's „Gemengd Diluvium". Betreden wij thans zijn *Skandinavisch Diluvium*. Gelijk reeds op blz. 15 werd meegedeeld, beschouwde deze geoloog de Overijselsche Vecht als grens tusschen die beide onderdeelen en rekende hij derhalve het diluvium van noordelijk Overijsel, Drente, Groningen en Friesland en bovendien de Noordzee-eilanden, Urk en Wieringen tot het Skandinavisch diluvium.

De omstreken van Vollenhove.

Hieromtrent vond ik slechts waarnemingen van Dr. J. Lorié (loc. cit., blz. 87). Over het bekende kleine promontorium: „de Voorst" schrijft hij: „Il y a une pente douce vers l'intérieur, mais un versant escarpé, même vertical du côté de la mer". „L'escarpement en est assez irrégulier, il forme des parties protubérantes et même de petites grottes. Le material doit ainsi être bien dur; il se compose d'une argile sableuse brunâtre extrêmement compacte, dont parfois la partie inférieure est noirâtre et rappelle ainsi l'argile noire, trouvée par Berendt et Meyn à Winschoten. Elle est absolûment instratifiée, mais montre des plaques irrégulières endurcies par l'hydroxyde ferrique et une multitude de petites fissures irrégulières qui sont cause que des fragments s'en détâchent". „La couche supérieure est colorée de noir par la terre végétale et degagée par la gelée". „En outre l'absence totale d'une stratification quelconque dans l'argile, aussi que la présence de minces lentilles de sable tordues et contournées font reconnaître cet argile comme la moraine inférieure, qui a donc en cet endroit une épaisseur mesurée de 4 mètres minimum". Er komen gepolijste en gekraste zwerfsteenen in voor.

„De Voorst" schijnt dus grootendeels uit keileem te bestaan. In hoofdzaak schijnt het rood keileem te zijn, hetwelk gedeeltelijk door eene laag grauw keileem is bedekt [2]).

In de omgeving van *Steenwijk*, zoo genoemd naar de vele

---

[1]) Tijdschrift van de Nederlandsche Heidemaatschappij 1908 (loc. cit.).

[2]) Op dit merkwaardig feit nl. dat oogenschijnlijk sterker verweerd leem gelegen is onder oogenschijnlijk veel minder sterk verweerd leem, is reeds op blz. 49 gewezen.

zwerfsteenen, die men daar aantreft, komt keileem in groote hoeveelheden voor. Staring heeft reeds gewezen op de vruchtbaarheid der keileemhoudende heuvels bij Steenwijk in tegenstelling met die van Gelderland en Overijsel. Wij noemen daarvan vooreerst de heuvels van Steenwijkerwold en Willemsoord. J. Lorié heeft voor het eerst op de waarschijnlijkheid van grondmoreeneafzettingen hier ter plaatse gewezen (loc. cit., blz. 88, 89).

Meer bijzonderlijk moeten de keileemgebieden westelijk van Steenwijk besproken worden, die in later jaren uitvoerig zijn onderzocht. Lorié heeft er den „Geschiebelehm" het eerst aangetroffen, terwijl H. van Cappelle deze terreinen in 1892 meer in bijzonderheden bestudeerde en ze gedeeltelijk in kaart bracht [1]).

Wij vinden hier volgens van Cappelle het type van een eertijds vergletscherd gebied; het bestaat uit dat gedeelte van West-Drente. „hetwelk ten zuiden van Diever slechts door een smalle strook met het overige deel van het oudere diluvium van Westelijk-Drenthe verbonden is en dat zich in Oost-Westelijke richting tusschen Havelte en Steenwijk en in Noordelijke richting tot aan Wittelte uitstrekt".

„Bleek mij, aldus van Cappelle, nu reeds spoedig het groote aandeel, hetwelk aldaar het *keileem* met het daaruit door de werking der atmospheriliën gevormde keizand aan den opbouw des bodems heeft, door nauwkeurige nasporingen leerde ik, dat een niet minder groote oppervlakte in dat gebied door eene jongere vorming wordt ingenomen. Geheel uit fijn zand opgebouwd, stelt ze een gebied samen, dat volkomen het karakter draagt van het bekende „heidezandlandschap van Noord-Duitschland".

„Niet alleen deze ontdekking, doch ook het feit, dat wij in het gebied, waar het keileem de overheerschende grondsoort is, volgens onze tegenwoordige kennis van vergletscherde landstreken, nog twee verschillende terreinvormen onderscheiden moeten — n.l. het *vlakke keileemgebied* en het *moreenenlandschap* — deed mij besluiten om van het bovenomschreven deel van het Drentsche diluviaal plateau een geologisch schetskaartje te ontwerpen, hetwelk de grenzen der verschillende terreinvormen zoo nauwkeurig mogelijk aangeeft."

Zoowel bij het vlakke keileemgebied als het moreenenlandschap moeten wij wat uitvoeriger stilstaan, wijl in geen plaats van ons land een zoo uitvoerig onderzoek van een dergelijk glaciaal gebied tot dusverre is verricht en gepubliceerd.

Het vlakke keileemgebied.

„Een zeer klein gedeelte van het gebied, aldus weer van Cappelle, waar het keileem ontwikkeld is, wordt door een

[1]) „Het diluvium van West-Drenthe" door Dr. H. van Cappelle. Verh. Kon. Ak. van Wet. Amsterdam. 2de Sectie, Deel I No. 2, 1892.

nagenoeg vlak 4,50—9,50 M. boven A.P. gelegen terrein gevormd, dat dan eens, n.l. ten noorden van Havelte, met heideveld, dan weder, n.l. in en ten zuiden van genoemde plaats, met fraai eikenbosch bedekt is. Wegens de geringe hoogteverschillen, die het moreenenlandschap in Westelijk-Drenthe in vergelijking met Noord-Duitschland vertoont, was eene grensbepaling tusschen deze beide terreinvormen niet gemakkelijk; van het dorp Havelte, bijv. in westelijke richting naar den Bisschopsberg gaande, ziet men in de vlakke keileemoppervlakte langzamerhand zwakke golvingen optreden, die steeds sterker worden naarmate men het moreenenlandschap nadert. Evenzoo gaat het vlakke keileemgebied ten oosten van Havelte in een klein meer of minder golvend terrein over hetwelk wij als moreenenlandschap gekaarteerd hebben."

„Het leem (keileem), dat men in dit gebied overal, hetzij aan de oppervlakte, hetzij onder eene dunnere of dikkere steenzandbedekking (keizand) aantreft, is een dan eens eene vettere dan weder een meer zandige grijze leemsoort, waarin talrijke steenen, zonder eenige regelmaat ingesloten zijn en die meer of minder talrijke gele, door oxydatie van het grijze ijzeroxyduul tot geel gekleurd ijzeroxyd [1]) gevormde vlekken vertoont. In geen van de talrijke monsters, die ik van deze grondsoort uit verschillende diepten en van de meest uiteenliggende punten onderzocht, konden sporen kalk worden aangetoond, waaruit ik besluit, dat dit leem oorspronkelijk niet als mergel is afgezet" [2]).

Als bijzonderheid zij hier nog vermeld, hoe van Cappelle in de omstreken van Uffelte, ten noorden van Havelte hier en daar een donkerrood zeer vet keileem aantrof in eene streek, waar donkerroode granieten en roode porfieren buitengewoon talrijk zijn [3]).

„De plaatsen, waar het keileem aan de oppervlakte ligt, zijn niet zeer talrijk en niet tot een bepaald gedeelte van het vlakke keileemgebied beperkt." „Wel geldt bijna overal de regel, dat waar het leem een dunnere of dikkere steenzandbedekking draagt,

---

[1]) Ik moet ook hier ter plaatse opmerken, dat in geen der door mij kwantitatief of alleen kwalitatief onderzochte monsters keileem uit de omstreken van Winterswijk (nog minder uit die van Gasselte) ook bij behandeling met sterke zuren een spoor ferrooxyde is aangetroffen. Men mag derhalve aannemen, dat in keileem in het algemeen geen ferroverbingen voorkomen tenzij misschien zeer vast gebonden en dan tot een zeer laag bedrag. Eene eventueele oxydatie en vrijwording van zoo'n spoortje oxydule kan moeilijk de opvallend sterke gele kleuring veroorzaakt hebben. De hier gegeven beschrijving wijst op een in alle opzichten gelijksoortig keileem zoodat ik de juistheid dezer opmerking ten zeerste moet betwijfelen. Er kan wel sprake zijn van eene vrijwording van ferrioxyde uit ferrisilicaten

[2]) Naar mijne meening beschikt men nog over te weinig gegevens betreffende de samenstelling der grondmoreene en van haren ondergrond om in deze kwestie ook maar eenige uitspraak te doen.

[3]) „Het feit", aldus van Cappelle, „dat dit roode leem nergens eene bank van eenige uitgestrektheid vormt doch slechts hier en daar tusschen het gewone grijze geel gevlekte leem ontwikkeld is, doet ons aannemen, dat het door verrijzeling en sterke samenpersing van plaatselijk opgehoopte brokstukken van bovengenoemde steensoorten gevormd is, eene verklaring, waarmede de aanwezigheid in dit leem van talrijke glimmerblaadjes, een bestanddeel dezer granieten, goed overeenstemt."

het terrein hooger ligt (zie § 1, blz. 59); van Cappelle stelt voor op grond van de in loc. cit. vermelde argumenten, dit zand te noemen: „keizand", als zijnde een verweeringsproduct van het keileem.

Het moreenenlandschap.

Het oppervlak van de terreinvorming, die van Cappelle hier met den naam van moreenenlandschap heeft bestempeld, is blijkens het door hem ontworpen kaartje belangrijk grooter dan van het vlakke keileemgebied.

„Zien wij ook in dit gebied het keileem of zijn verweeringsproduct, het keizand, overal den bovengrond vormen, zijn sterk bewogen oppervlakte en de gansche afwezigheid van vlakke terreinen kenmerken het dadelijk als verschillend van het zooeven behandelde gebied. Bijna overal zien wij in dat hooge terrein weder een meestal leemhoudend zand met steenen (keizand) aan de oppervlakte en treffen wij op geringe diepte het keileem aan, zoodat het gemakkelijk te begrijpen is, waarom men de hooge gronden van het moreenenlandschap het eerst als bouwland heeft gekozen." Aan de zuidwestzijde wordt het moreenenlandschap begrensd door een hoogen wal, den met heide begroeiden Bisschopsberg. Deze en ook de walvormige Havelterberg zijn gedeeltelijk uit keileem gevormd.

„Hoewel", aldus van Cappelle, „op de hellingen en op den top dezer beide wallen het keizand weder de overheerschende grondsoort vormt, toch wordt ook het grijze, geel gevlekte keileem somwijlen aan de oppervlakte aangetroffen. Zag ik deze plaatsen in het vlakke keileemgebied echter ongelijkmatig over de oppervlakte liggen, op het gebied, dat door de beide hooge ruggen wordt ingenomen, vond ik de punten, waar het keileem den bovengrond vormt, bijna uitsluitend tot de zuidelijke en zuidoostelijke hellingen beperkt."

Over de vorming van het zoogenaamde *hellingzand* of ook wel *heidezand* aan den voet der verschillende keileem-, (resp. ook keizand-) houdende heuvels is reeds met een enkel woord in paragraaf 1 gesproken. Eene uitvoerige behandeling zou te veel plaats vereischen; voor nadere locale bijzonderheden raadplege men dus het origineel. Hetzelfde geldt voor „de jongere zandvorming, die de dalen ten oosten en ten westen van het gekaarteerde gebied opvult en dit ten zuiden begrenst", behoorende tot het „Zanddiluvium" van Staring en wel: *dal-* of *dekzand* genoemd.

Over het voorkomen van keileemafzettingen in *Midden-Drente* vond ik slechts zeer weinige gegevens, in hoofdzaak verzameld door Dr. H. van Cappelle [1]). Bij gelegenheid van zijn on-

[1]) Voordracht over de betrekking tusschen het Gemengd en het Skandinavisch diluvium en over Gemengd diluvium in Midden-Drenthe, door Dr. H. van Cappelle, gehouden op de algemeene Vergadering van het derde Natuur- en Geneeskundig Congres te Utrecht, 4 April 1891.

derzoek naar het optreden van gemengd diluvium in deze streken. Zoo vond hij keileem in de streek tusschen Eemster (ten noorden van Dwingelo) en de Beilervaart, doch vooral tusschen Zuidwolde en de Hoogeveensche vaart. Op de lager gelegen plaatsen van het heideveld tusschen de Hoogeveenschevaart en het gehucht ten Arloo trof hij een grijze zanderige keileem aan en vlak bij deze plaats werd in een zandkuil gedeeltelijk vet, gedeeltelijk meer zanderig geelrood keileem gevonden. Ook te Zuidwolde liggen keileembanken, waarvan de dikte tusschen vier en tien meter schijnt te varieeren; bij ten Arloo bedroeg die slechts 1 Meter.

Ook wat betreft de onderzoekingen, verricht in *Noord-* en *Oost-Drente*, en in het diluvium van *Groningen*, voornamelijk op den bekenden Hondsrug, moet naar de oorspronkelijke verhandelingen verwezen worden [1]).

Wij vinden hier in hoofdzaak drie typen van keileem. Vooreerst een wit, dor en steriel keileem, dat vooral op hoogere plaatsen voorkomt, bijvoorbeeld bij Odoorn en Exloo en dikwijls door roode oer bedekt is en voor de boschcultuur een ernstige hinderpaal is; verder een rood keileem, meest tamelijk zandrijk en hoofdzakelijk op de hoogste gedeelten van den Hondsrug voorkomend, bijvoorbeeld bij Gasselte, hetwelk echter een vruchtbaar leem gebleken is, vooral als boschgrond en ten slotte het vette grauw- of grauwblauwe keileem, door afgescheiden hydratisch ijzeroxyde dikwijls geheel of gedeeltelijk geel gekleurd, dat in Twente en de Graafschap zoo algemeen is en hoofdzakelijk in de lagere streken wordt aangetroffen; men vindt het bijvoorbeeld in de omgeving van Emmen.

Een uitvoerige opgave en beschrijving der keileemgebieden zal ook hier slechts mogelijk zijn, wanneer we een goede agro-geologische kaart bezitten. Intusschen zijn ook enkele gegevens omtrent het voorkomen en de eigenschappen van keileem in Drente te vinden in het „Rapport, uitgebracht door het Dagelijksch Bestuur der Nederlandsche Heidemaatschappij aan de Provinciale Staten van Drenthe omtrent een onderzoek naar den aard der woeste gronden in die provincie" [2]). Bij die gelegenheid zijn door Dr. B. Sjollema o.a. een drietal monsters keileem uit deze provincie scheikundig onderzocht (zie Hoofdstuk II, pag. 75).

Gelijk reeds in paragraaf 1, blz. 56 werd opgemerkt, moet ook Drente tweemaal onder een landijsdek bedolven zijn ge-

---

[1]) Ali Cohen. Tijdschrift voor Natuurlijke Geschiedenis en Physiologie. 1842. Prof. K. Martin. Niederländische und NordWestDeutsche Sedimentaergeschiebe. 1878.
Prof. M. van Calker. „Beiträge zur Kenntnis des Groninger Diluviums." Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. XXXVI 1884.
Dr. J. Lorié. Contributions à la Géologie des Pays-Bas, II Archives du Musée Teyler 1887, pag. 90, 98.

[2]) Tijdschr. d. Ned. Heidemaatschappij 12e Jg. 1900.

weest. J. van Baren beschouwt nu het zware keileem (van Emmen bijv.) evenals dat in Twente en de Graafschap, en ook het steriele, witte keileem als afgezet in het *tweede* ijstijdvak; daarentegen zou volgens dezen geoloog het roode keileem, o. a. van den Hondsrug [1]) door het landijs der *eerste* ijsperiode zijn gevormd, een en ander op grond van beschouwingen, die hij eerstdaags zal publiceeren [2]).

Wat het voorkomen van keileemgronden in *Friesland* aangaat, beperken we ons tot eene beknopte vermelding der resultaten van de jongste onderzoekingen van Dr. H. van Cappelle [3]) in het zuidwesten dezer provincie, met name *Gaasterland.*

Deze landstreek is in hoofdzaak gevormd uit eenige hoogere en lagere heuvelruggen, voornamelijk bestaande uit keileem met daartusschen gelegen laagten. Het keileem komt vooral op de hooger gelegen punten aan de oppervlakte, zij het dan ook min of meer tot keizand of leemig keizand verweerd; in de laagten is het leem met eene zandlaag van grooter of kleiner dikte bedekt.

Während (nämlich) die Tiefe, aldus van Cappelle, in welcher auf dem (vom Gasthofe „Kippenburg" in S.O. Richtung nach der Küste) durchschrittener Sandterrain der Geschiebelehm entwickelt ist, gewöhnlich zwischen 1,50 M. und 4 M. schwänkt, sah ich bei meinen Borungen auf der Bodenerhebung von Nyemirdum den hier oft mehr oder weniger ungelagerten Geschiebelehm oft schon in einer Tiefe von 0,20—0,80 M. zum Vorschein kommen".

Ook de heuvel, die in het zuidwesten aan de hoogte van Nyemirdum grenst, bevat op de hoogste punten keileem, slechts door een 0,25—0,50 M. dikke keienrijke zandlaag bedekt; eveneens bestaat de heuvel, die als een moreenenwal, „in einem nach Norden offenen Bogen die Küste entlang läuft" en in het Mirdumerklif eindigt, in hoofdzaak uit keileem. „Zahlreiche kleine Bohrungen lehrten, das der Geschiebelehm mit dem Geschiebedecksand auch hier nur an dem höchsten Punkten zu Tage tritt und in der Mitte des nach Norden umgebogenen Teils, wo der Rücken niedriger ist, mit einem 0,50—1 M. mächtigen feingeschichteten Sand bedeckt wird".

Ook tusschen de dorpen Oudemirdum en Bakhuizen „sehen wir wieder die höchsten Teile der kleinen Rücken und Hügel von Geschiebelehm eingenommen, welcher eine mehr oder weniger mächtige Decke von Geschiebesand trägt, während diese Bildung auf den Abhängen und den niedrigen sich in den Wald verlierenden Ausläufern unter einem meist feinen Sand verborgen liegt".

---

[1]) Evenals dat van „de Voorst" en Gaasterland.

[2]) De Heer van Baren was zoo welwillend mij te veroorloven aan zijne mij mondeling gedane mededeeling hier ter plaatse publiciteit te geven.

[3]) Dr. H. van Cappelle. Verhandeling der Kon Ak. v. Wet. Amsterdam 2de Sectie, Deel 4, n°. 3, 1895.

Ook de bodemverheffing, die het dorp Hemelum draagt, vertoont keileem en keizand aan de oppervlakte; zoo eveneens de langgestrekte heuvelrug bij Warns en de hoogte, die aan de zeezijde in het bekende Roode Klif [1]) bij Stavoren eindigt.

Dan moeten ten slotte nog genoemd worden de hoogte, waarop Koudum ligt, die waarover de straatweg naar het dorp Harich loopt en in het Oosten de hoogten bij Sondel, welke alle gedeeltelijk uit min of meer verweerd keileem zijn opgebouwd, hetwelk dan weer voornamelijk op de hoogste plaatsen aan de oppervlakte komt. Ook in Gaasterland heeft men op meerdere plaatsen rood keileem onder grauw keileem aangetroffen, gelijk reeds vroeger is medegedeeld, (zie blz. 49, 72 en 73).

Met de vermelding, dat ook het eiland Urk voor een belangrijk deel uit keileem is opgebouwd, sluiten wij dit overzicht.

Op de Veluwe en het overige diluvium ten westen van den IJssel is tot dusverre nergens keileem aangetroffen. Wel zal het ook daar in den eersten ijstijd zijn afgezet, maar verweeringsinvloeden van allerlei aard zullen het gaandeweg als zoodanig hebben doen verdwijnen.

Volgens J. van Baren moeten de roode zanden van Kootwijk, den Ginkel en elders als verweeringsresten van een voormalig keileem worden beschouwd [2]).

HOOFDSTUK II.

De chemische samenstelling van keileem.

Scheikundige onderzoekingen van grondsoorten, waarbij het geheele complex der verweeringssilikaten en humaten onderwerp van studie uitmaakte, zijn voor zoover het den Nederlandschen bodem betreft, alleen geschied van alluviale zeekleigronden en het diluviale löss.

Op eene enkele uitzondering na hebben we ze alle te danken aan Prof. J. M. van Bemmelen [3]). Van het chemisch onderzoek dezer verweeringssilikaten heeft hij bij die gelegenheden tevens den grondslag gelegd.

Hoewel allerwege de behoefte aanwezig is aan breeder kennis dier complexen, de eigenlijke dragers van de vruchtbaarheid der

---

[1]) De naam „Roode Klif" hangt samen met de roode kleur van het keileem aldaar, het gevolg van de vrijwording van colloidaal ijzerhydroxyde door verweeringsinvloeden; op eene enkele plaats tusschen het roode leem bleef de oorspronkelijke grijze kleur bestaan (Dr. H. van Cappelle loc. cit pag. 9).

[2]) Eenige geologische gegevens enz. Naar aanleiding van excursies door de Boschbouwafdeeling der R.H.L.T. en Bb. School te Wageningen onder leiding van den heer J. van Baren, door van den Br. Tijdschr. d. Ned. Heide-Mij. 1908, blz. 391.

[3]) Dr. B. Sjollema heeft volgens van Bemmelen's methode eene analyse verricht van het verweeringssilikaat van een lichten kleigrond bij Middelstum (prov. Groningen); zie: Journal für Landw. 1905. S. 74.

bouwaarde, heeft het voorbeeld van van Bemmelen om door chemisch onderzoek daartoe te geraken tot dusverre ook in het buitenland slechts zeer weinig navolging gevonden [1]).

Dit hoofdstuk bevat de resultaten eener poging in die richting [2]). Het betreft hier het onderzoek van een drietal monsters keileem uit het Nederlandsch diluvium. Over de chemische samenstelling van het keileem was, afgezien van enkele min of meer orienteerende analysen tot dusverre niets bekend [3]).

Ik heb mij moeten beperken tot de analysen van drie monsters, waarvan twee bestaande uit *grauw* en het derde uit *rood* keileem. Naar den aard en samenstelling van een derde type, het witte, dorre keileem van Drente, waarover in het vorige hoofdstuk het een en ander is gezegd, is nog geen onderzoek ingesteld [4]).

Van de twee monsters *grauw* keileem, I en II, is het monster I betrekkelijk uitvoerig onderzocht, het monster II minder uitvoerig.

I is afkomstig van een profiel, ongeveer een kwartier gaans ten zuidwesten van Winterswijk [5]). De keileembank was bedekt door nauwelijks 5 decimeter grijs diluviaal zand met een dun humeus bovenlaagje en een laagje grind (hoofdzakelijk witte kwartsen) aan de onderzijde. Het monster zelve is genomen ter diepte van ongeveer 2 à 3 decimeter in de bank, welker dikte hier ter plaatse circa 7 decimeter bedroeg. Aan de basis ging het leem min of meer geleidelijk in de daaronder liggende tertiaire zeeklei (oligoceen) over. Het monster I bestaat evenals het grootste deel van deze bank uit zwaar keileem van grauwe kleur en is gekenschetst door gele vlekken en aderen, welke door afgescheiden ferrihydroxyde veroorzaakt worden.

Het monster II is genomen in een dennenbosch (Pinus silvestris) ongeveer een half uur gaans ten zuidwesten van Winterswijk.

---

[1]) In den laatsten tijd zijn prof. Meigen en zijne leerlingen begonnen het V. S. van enkele bodemtypen te bestudeeren door deze met verschillende zuren enz te behandelen; zie:

B. Fach. Chem. Unters. über Rotherde und Bohnerz-Thone (1908).

R Lenz. Chem Unters. über Laterit (1908).

H. G. Schering. Chem Unters über Löss und Lehm (1909).

(Alle drie dissertaties Freiburg i. B.).

[2]) Het onderzoek is niet in alle opzichten afgesloten. Ik hoop echter later in verband met een ander onderzoek, waaraan het keileem annex is, op enkele punten terug te komen.

[3]) Behalve het löss zijn wel andere grondtypen uit ons diluvium onderzocht, doch voor de kennis van het verweeringssilikaat hebben zij geen waarde en kunnen dus onbesproken blijven.

[4]) Door Dr B. Sjollema zijn reeds in 1900 (Tijdschr. der Ned Heidemaatschappij. 1900) een paar keileemmonsters uit Drente onderzocht, doch meer bijzonderlijk met het oog op voor de vegetatie beschikbare voedingsstoffen Bovendien bepaalde hij enkele practisch belangrijke grootheden, als watercapaciteit, absorpteevermogen voor kali en ammoniak enz. · daarnaast werden ook mechanische analysies verricht. Het betrof een rood, een blauw en een wit dor leem De onderzochte monsters vertoonden eene groote armoede aan plantenvoedsel, behalve aan kali. Voor het „in mineraalzuur oplosbare kali" vond hij resp. 0,15, 0,21 en 0,13 %. Opvallend bleek de armoede aan kalk. Hiermede zijn mijne resultaten geheel in overeenstemming.

[5]) Bij de leemgroeve: „de Vlijt".

Het leem was hier met eene laag grijs zand van ongeveer 2 decimeter bedekt, waarvan het bovenste laagje (± 3 c.M.) humeus; daarop lag een dun dek van naalden. Het monster is afkomstig van het bovenste gedeelte van de bank en is minder zwaar dan I; het was grauw van kleur en vertoonde dezelfde vlekken en aderen als I. De ondergrond van het keileem hier ter plaatse werd niet onderzocht.

Het monster *rood* keileem werd genomen op den Hondsrug in Drente dicht bij het station Gasselte uit het talud van de insnijding van den spoorweg; de 1 à 1,5 M. dikke bank was bedekt door eene circa 5 decimeter dikke laag zwavelgeel zand, waarop circa 3 decimeter humeus grijs zand; dit laatste was in cultuur gebracht (bouwland). De ondergrond van het leem bestond wederom uit diluviaal zand; het monster is afkomstig uit het midden van de leembank.

Slechts het monster grauwe keileem II is afkomstig van leem, dat in cultuur is genomen; de andere zijn in dien zin onaangetast gebleven. Voor het onderzoek naar het karakter eener grondsoort is dit laatste geval te prefereeren, zoo niet conditio sine qua non, daar dan de typische individueele eigenschappen het zuiverste gebleven zijn. Dit was dan ook mede een reden, waarom het ongecultiveerde grauwe keileem I en het eveneens ongecultiveerde roode keileem het meest uitvoerig werden onderzocht.

De hoogst belangrijke vraag naar de wijze, waarop het keileem zich onder invloed der cultuur in den loop der tijden gaat veranderen, moest hier nog onaangeroerd blijven.

Gelijk in het eerste hoofdstuk werd vermeld, beschouwt J. van Baren het grauwe keileem als grondmoreene van den laatsten ijstijd, dien Nederland gekend heeft; het roode daarentegen moet volgens dezen geoloog in een vroeger ijstijdperk zijn afgezet.

In water oplosbare bestanddeelen [1]).

Zoowel de beide monsters grauwe keileem als ook het roode bevatten nagenoeg geen in water oplosbare bestanddeelen.

Van het grauwe keileem I vond ik bij uittrekken met kokend water in het extract:

0,1 % droge stof (bij 100°) opgelost of:

0,06 % minerale stof (na gloeien).

Een dergelijk gering bedrag aan oplosbare stoffen vertoonde ook het grauwe keileem II. Bij het roode bleek dat nog minder te zijn.

De waterige extracten waren kleurloos en reageerden zeer zwak zuur. Blauw lakmoespapier werd op den duur zoowel door het grauwe als door het roode leem rood gekleurd; bij het roode echter eerst na zeer langen tijd.

---

[1]) Alle analysen zijn verricht met de „fijnaarde", verkregen door zeven van de luchtdroge aarden door een zeef van 2 mM. maaswijdte.

De zure eigenschappen der waterige extracten zijn waarschijnlijk alleen aan sporen humuszuren toe te schrijven.

Carbonaten.

Met de zwakke aciditeit dezer gronden hangt onmiddellijk de afwezigheid van carbonaten van calcium en magnesium samen. De vraag is of misschien eertijds aanwezige koolzure kalk gaandeweg als bicarbonaat naar diepere lagen is weggezakt, zooals wel geschied is bij oudere kleigronden, of dat nooit calciumcarbonaat in welken vorm dan ook, gelijktijdig met het leem tot afzetting is gekomen.

In het eerste geval zou het keileem dus uit een *keimergel* zijn ontstaan, d. w. z. uit eene eveneens leemige grondmoreene, waarin geheel of gedeeltelijk vergruisd en vermalen kalksteen voorkomt, zooals die op vele plaatsen in het zuidelijkste deel van Zweden, op Seeland, als ook in de geheele Noord-Duitsche Laagvlakte wordt aangetroffen. Misschien zou een onderzoek der diepere aardlagen hieromtrent licht kunnen verspreiden; men heeft echter in het oog te houden, dat het uitloogingsproces hier veel langer heeft geduurd dan bij onze alluviale zeeklei-afzettingen, van zooveel jongeren datum. A priori zijn hier complicaties te verwachten en het is waarschijnlijk moeilijk te zeggen, waar het calcium dan wel zou zijn gebleven, vooral als de ondergrond ook carbonaten bevat of bevat heeft, zooals bijvoorbeeld bij een ondergrond van tertiaire zeeklei.

Organische bestanddeelen.

Noch bij het grauwe keileem I, noch bij het roode, werden bij afzeven nog niet gehumificeerde plantenresten aangetroffen. Daarentegen bevatte het monster grauwe keileem II talrijke fijne worteldeelen en houtachtige vezeltjes. In de beide eerste monsters blijkt derhalve de organische stof nagenoeg geheel als humus of humaat aanwezig te zijn.

Quantitatief is het humusgehalte door elementair-analyse bepaald; door vermenigvuldiging van het koolstofgehalte met den factor van Wolff: 1,724 werd voor het humusgehalte [1]) gevonden:

Bij het grauwe keileem I: 0,54 %
Bij het grauwe keileem II: 0,64 % } op luchtdroge aarde.
Bij het roode keileem : 0,18 %

De beste overeenstemming tusschen het gloeiverlies eenerzijds en het bij de elementair-analyse gevonden sterk gebonden water

---

[1]) Gelijk bekend, zijn aldus verkregen gehalten niet streng quantitatief op te vatten.

+ hetgeen uit de waterstof van den humus gevormd is, wordt bij de monsters grauwe keileem verkregen door ± 4 % waterstof in den humus aan te nemen (zie tabel III en IV); bij het roode leem zijn alleen koolstofgehalten en gloeiverlies bepaald. De waarnemingsfouten zijn echter tegenover de lage koolstofgehalten dezer gronden te zeer overwegend om aan dit cijfer veel beteekenis te hechten.

Aan de lage humusgehalten gaan lage stikstofgehalten parallel; zoo bevat het:

Grauw keileem I: 0,04 % stikstof.
Grauw keileem II: 0,04 % stikstof.
Rood keileem : 0,02 % stikstif.

Het verweeringscomplex (humaatsilikaat, colloidaal-hydratisch ijzeroxyde).

Evenals bij alle grondsoorten der gematigde luchtstreken vormt ook bij het keileem het complex der verweeringssilikaten en humaten en het vrije colloidale hydratisch ijzeroxyde zoo niet steeds het grootste, dan toch het belangrijkste bestanddeel en maakt het dezen grond tot „leemgrond". Het minerale verweeringscomplex is ten nauwste verbonden met dat der humaten, welke er mechanisch, noch chemisch van te scheiden zijn, althans niet quantitatief, daar niet of slechts bij benadering is uit te maken, welke fractie der basen, die bij behandeling der aarde met verdunde zuren in oplossing gaan, deel uitmaken van het verweeringssilikaat, dan wel van humaat [1]). Ook is nog steeds niet vastgesteld in hoeverre het humaat zelve min of meer absorptief aan het silikaatcomplex is gehouden of slechts zijne fijne deeltjes (kleideeltjes) bedekt. De hoeveelheden humaat zijn in ons geval echter zoo bijster gering, dat hetgeen verder over het verweeringscomplex dezer gronden gezegd zal worden, meestentijds mag worden beschouwd als alleen het verweerings*silikaat* te betreffen.

Gelijk bij de versche alluviale klei der gematigde luchtstreken en der tropen [2]) als ook bij het diluviale löss, bestaat het verweeringssilikaat uit een complex velerlei lichamen. Tot dusverre bleken ze me microscopisch alleen van amorphen bouw en konden geen kristallijne dubbelbrekende lamellen onderscheiden worden, hetzij dat deze uit de oorspronkelijke silicaten der

---

[1]) J. M van Bemmelen beschouwt de basen, welke (na aftrek der carbonaten) door koud verdund azijnzuur worden opgelost, als in hoofdzaak afkomstig van het humaat der aarde (Landw. Vers. XXXVII S. 245. 1890). Wegens het bijzonder laag gehalte aan humus van het keileem heb ik eene dergelijke uittrekking met azijnzuur hier achterwege gelaten.

[2]) In zoover betreft de door van Bemmelen onderzochte typen. De andere bodemtypen, waarvan het verweeringscomplex tot dusverre door hem zijn onderzocht, als vulkanische gronden en laterieten, laten wij buiten bespreking, daar hun genesis te zeer van die van deze en ook van het keileem afwijkt.

in hoofdzaak noordelijke gesteenten als pseudomorphosen en dus door directe verweering zijn ontstaan, of in den loop der tijden door seculaire verweering opnieuw gevormd zijn uit amorphe verweeringsproducten. Het liet zich dus verwachten, dat het verweeringssilicaat in hoofdzaak zou bestaan uit een mengsel van colloidale kiezelzuurverbindingen van verschillende samenstelling, welke in het algemeen niet in een eenvoudige chemische formule uit te drukken is. Gedeeltelijk zijn deze silicaten als een soort „absorptieverbindingen" te beschouwen, over welker natuur en vormingswijzen J. M. van Bemmelen het eerste licht heeft ontstoken, ook wat deze analogie betreft [1]) (zie ook blz. 86 en 87) en anderdeels zijn het moeilijker ontleedbare lichamen, van welke nog niet is uitgemaakt of zij als een mengsel van zeer consistente absorptieverbindingen of wel van echte chemische verbindingen in colloidalen toestand moeten worden beschouwd.

De chemische samenstelling van het verweeringssilicaat [2]) *in zijn geheel* wordt in de tabellen III, IV en V opgegeven (A + B); de gehalten zijn daar berekend op luchtdroge aarde (bij 15° en normalen vochtigheidstoestand); tabel IV geeft ze op vochtvrije aarde berekend (gedroogd bij 105°), waarin tevens de totale samenstelling van het verweeringssilicaat van eenige andere door van Bemmelen onderzochte grondsoorten zijn opgegeven; ook is de constitutie in moleculaire hoeveelheden uitgedrukt, waardoor direct de samenstellingen der complexen van de onderscheidene grondsoorten vergelijkbaar zijn. Wij zullen dienaangaande zeer kort zijn. Vooreerst blijken de drie keileemgronden nagenoeg hetzelfde moleculaire verhoudingsgetal tusschen aluinaarde en kiezelzuur te bezitten, n.l. 1:3, en het stemt in dat opzicht het meest overeen met het löss; de kleigronden bevatten, behalve de lichtere Zuiderzeeklei, minder kiezelzuur in verhouding tot het Al_2O_3. Ook in het ijzergehalte (gebonden en vrij gezamenlijk) vertoont het keileem de grootste overeenkomst met het löss; alleen bij het grauwe keileem I is het wat lager. De V. S. [3]) der alluviale gronden blijken minder ijzerrijk.

Opvallend is de *kalkarmoede* van het keileem, vooral in het grauwe II; het minst arm is nog het roode en stemt in dat opzicht overeen met de versche zware klei uit Suriname (bij de

---

[1]) Das Absorptionsvermögen der Ackererde und die Absorptionsverbindungen Landw. Vers. 1888 S. 69 - 136 Zie ook: Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte der Silikate in Ton-, Vulkanischen und Laterit-Böden. Zeitschr. für anorg. Chemie 1904 S 299.

[2]) Het verweeringssilikaat wordt in zijn geheel ontleed door koken met zoutzuur gevolgd door behandeling met heet geconcentreerd zwavelzuur Het afgescheiden kiezelzuurgel wordt na verwijdering van het zuur in verdunde kali- of natronloog opgenomen De samenstelling van het geheele verweeringssilikaatcomplex is hier verkregen door additie der in het zoutzuur en zwavelzuur gevonden basen en van het kiezelzuur dezer extracten en dat der loogextracten (voor bijzonderheden zie blz. 27).

[3]) V.S = verweeringssilikaat.

Nickerie, dicht bij de zeekust) en de zwaardere Zuiderzeeklei van het IJ [1]).

Ook aan *magnesia* is het V.S. van het roode keileem het rijkst, dat van het grauwe II het armst, doch de verschillen zijn niet bijster groot; het meest komen ze in dit opzicht de tropische klei uit Suriname en uit Java (rivierklei bij de Kening, Rembang) nabij, terwijl de versche Zuiderzeeklei, vooral de lichtere, veel magnesiarijker is. *Kali* bevatten de complexen van het grauwe keileem I en II nagenoeg evenveel; dat van het roode meer. Aan dit belangrijke bestanddeel blijkt het keileem zeer rijk. Absoluut genomen overtreft het grauwe keileem I zelfs de zware Zuiderzeeklei van het IJ verre en wordt het alleen door de Surinaamsche klei overtroffen, doch het V. S. zelve is bij deze laatste minder rijk aan kali dan dat van het keileem; het roode keileem staat in dit opzicht bovenaan. Aan *natrium* blijken de kleigronden rijker te zijn dan het keileem, zoowel absoluut genomen als wat het V. S. op zich zelf aangaat. Het V. S. in het roode keileem is ook in dit opzicht het rijkst.

Algemeen genomen vertoonen dus deze drie keileemmonsters in de samenstelling van het V. S. slechts verschillen van kleine orde; dat van het roode keileem is het meest basisch te noemen.

Het V. S. liet zich door achtereenvolgende behandeling met zuren [2]) in verschillende fracties ontleden. Daarmede wordt echter geen scheiding der individuën verkregen gelijk a priori te verwachten is, en ook meermalen door J. M. van Bemmelen is aangetoond. Hoogstens blijkt daarbij een grooter of geringer graad van homogeniteit in chemische samenstelling. De ontledingssnelheid van ieder individu, waarbij de grootte der deeltjes eene belangrijke rol speelt, bepaalt hoeveel bij eene zekere bewerking in oplossing komt (basen + SiO_2) en resp. wordt afgescheiden (SiO_2); het kan daarbij dus in zijn geheel, doch ook slechts partieel uiteengelegd worden; in het laatste geval komt dan de rest in latere extracten geheel of gedeeltelijk in oplossing, resp. tot afscheiding.

Al blijkt dus ook de chemische samenstelling van twee extracten dezelfde, dan is daarmede alleen de gelijkheid van twee resultanten aangetoond; omtrent de constitutie der misschien talrijke onderdeelen van het ontlede mengsel is nog niets bewezen. Hoe grooter echter het aantal achtereenvolgende uittrekkingen, des te meer kans heeft men op typische bijzonderheden in de samenstelling van het V. S. te stuiten.

Daarenboven is de colloidale of in het algemeen amorphe toe-

---

[1]) De versche zwaardere Zuiderzee-klei uit het IJ vertoont ook een laag kalkgehalte van het V.S Doch hier is in alttrek gebracht hetgeen door verdund azijnzuur is opgelost; behalve de kalk uit het humaat kan daarbij ook wel wat uit het silikaat zijn opgelost (zie tabel VII).

[2]) Het daarbij telkens afgescheiden kiezelzuurgel werd dan in verdunde loog opgenomen.

stand nooit evenwichtstoestand in thermodynamischen zin en sluit een gelijkheid in chemische samenstelling van twee individuën nog geen algeheele identiciteit dier individuën in. Ieder colloide is bij eene zekere temperatuur, druk en samenstelling in meerdere of mindere mate in alle eigenschappen nog afhankelijk van hare voorgeschiedenis en dus niet door die gegevens gedefinieerd. Naarmate het aantal componenten stijgt, vermeerdert de ruimte voor variaties al ware het b.v. alleen reeds wat betreft de bindingsvastheid dier componenten onderling, in het (absorptie)complex; bij 4 componenten als Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2 en H_2O is deze ruimte zeer groot. Wanneer men nu bovendien, gelijk bij de chemische scheidingsmethoden, het watergehalte niet bepaalt en dus een hoogeren of lageren graad der hydratatie, hetzij chemische of absorptieve, buiten rekening laat, vermeerdert men het aantal mogelijke variaties bij eene gelijke samenstelling aan de eerste drie componenten zeer sterk. Op een zoo gevoelige grootheid als de ontledingssnelheid kunnen verschillen in gehalten aan meer of minder sterk absorptief gebonden water machtigen invloed uitoefenen [1]). Bovendien kunnen en zullen ook ongetwijfeld door de eerste bewerkingen de eigenschappen der later te ontleden producten in grooter of kleiner mate gewijzigd zijn; er kan b.v. hydratatie of dehydratatie zijn ingetreden. Hierdoor kunnen dan bij de latere extracties resultaten verkregen worden, welke afwijken van die, welke de ongewijzigd gebleven complexen zouden hebben opgeleverd. Ten slotte is het de vraag of het Al_2O_3 en SiO_2 b.v. wel in dezelfde verhouding in oplossing of tot afscheiding worden gebracht, als waarin ze oorspronkelijk in het complex voorkomen; wanneer dit eens niet het geval is, zal een in werkelijkheid gelijkmatig samengesteld complex den indruk kunnen maken van heterogeen (zie ook blz. 96 en 97).

Ook het V. S. van het keileem blijkt uit gemakkelijk en moeilijk ontleedbare deelen te bestaan. De eerste worden reeds door verdunde zuren bij lage temperatuur en kortstondige inwerking aangetast; bij de laatste zijn intensiever en langduriger behandelingen noodig. Na het voorafgaande is het overbodig nadrukkelijk te verklaren, dat ook hier geen volstrekte scheiding mogelijk was.

In aansluiting met de onderzoekingen van J. M. van Bemmelen, heb ik het geheele V. S. in twee hoofdcomplexen gesplitst, n.l. in een door kokend sterk zoutzuur ontleedbaar complex A en in een door heet geconcentreerd zwavelzuur ontleedbaar complex B. A heb ik genoemd dat deel van het V.S., hetwelk door koken met zoutzuur van 1,19 S.G. gedurende 2 uur ontleed wordt. De basen en een klein gedeelte van

---

[1]) Men denke slechts aan de verschillen in oplossingssnelheid in zuren van ijzerhydroxyde, versch gepraecipiteerd of in meerdere of mindere mate uitgedroogd.

Nickerie, dicht bij de zeekust) en de zwaardere Zuiderzeeklei van het IJ [1]).

Ook aan *magnesia* is het V.S. van het roode keileem het rijkst, dat van het grauwe II het armst, doch de verschillen zijn niet bijster groot; het meest komen ze in dit opzicht de tropische klei uit Suriname en uit Java (rivierklei bij de Kening, Rembang) nabij, terwijl de versche Zuiderzeeklei, vooral de lichtere, veel magnesiarijker is. *Kali* bevatten de complexen van het grauwe keileem I en II nagenoeg evenveel; dat van het roode meer. Aan dit belangrijke bestanddeel blijkt het keileem zeer rijk. Absoluut genomen overtreft het grauwe keileem I zelfs de zware Zuiderzeeklei van het IJ verre en wordt het alleen door de Surinaamsche klei overtroffen, doch het V. S. zelve is bij deze laatste minder rijk aan kali dan dat van het keileem; het roode keileem staat in dit opzicht bovenaan. Aan *natrium* blijken de kleigronden rijker te zijn dan het keileem, zoowel absoluut genomen als wat het V. S. op zich zelf aangaat. Het V. S. in het roode keileem is ook in dit opzicht het rijkst.

Algemeen genomen vertoonen dus deze drie keileemmonsters in de samenstelling van het V. S. slechts verschillen van kleine orde; dat van het roode keileem is het meest basisch te noemen.

Het V. S. liet zich door achtereenvolgende behandeling met zuren [2]) in verschillende fracties ontleden. Daarmede wordt echter geen scheiding der individuën verkregen gelijk a priori te verwachten is, en ook meermalen door J. M. van Bemmelen is aangetoond. Hoogstens blijkt daarbij een grooter of geringer graad van homogeniteit in chemische samenstelling. De ontledingssnelheid van ieder individu, waarbij de grootte der deeltjes eene belangrijke rol speelt, bepaalt hoeveel bij eene zekere bewerking in oplossing komt (basen + SiO_2) en resp. wordt afgescheiden (SiO_2); het kan daarbij dus in zijn geheel, doch ook slechts particel uiteengelegd worden; in het laatste geval komt dan de rest in latere extracten geheel of gedeeltelijk in oplossing, resp. tot afscheiding.

Al blijkt dus ook de chemische samenstelling van twee extracten dezelfde, dan is daarmede alleen de gelijkheid van twee resultanten aangetoond; omtrent de constitutie der misschien talrijke onderdeelen van het ontlede mengsel is nog niets bewezen. Hoe grooter echter het aantal achtereenvolgende uittrekkingen, des te meer kans heeft men op typische bijzonderheden in de samenstelling van het V. S. te stuiten.

Daarenboven is de colloidale of in het algemeen amorphe toe-

---

[1]) De versche zwaardere Zuiderzee-klei uit het IJ vertoont ook een laag kalkgehalte van het V.S Doch hier is in aftrek gebracht hetgeen door verdund azijnzuur is opgelost; behalve de kalk uit het humaat kan daarbij ook wel wat uit het silikaat zijn opgelost (zie tabel VII).

[2]) Het daarbij telkens afgescheiden kiezelzuurgel werd dan in verdunde loog opgenomen.

stand nooit evenwichtstoestand in thermodynamischen zin en sluit een gelijkheid in chemische samenstelling van twee individuën nog geen algeheele identiciteit dier individuën in. Ieder colloide is bij eene zekere temperatuur, druk en samenstelling in meerdere of mindere mate in alle eigenschappen nog afhankelijk van hare voorgeschiedenis en dus niet door die gegevens gedefinieerd. Naarmate het aantal componenten stijgt, vermeerdert de ruimte voor variaties al ware het b.v. alleen reeds wat betreft de bindingsvastheid dier componenten onderling, in het (absorptie)complex; bij 4 componenten als Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2 en H_2O is deze ruimte zeer groot. Wanneer men nu bovendien, gelijk bij de chemische scheidingsmethoden, het watergehalte niet bepaalt en dus een hoogeren of lageren graad der hydratatie, hetzij chemische of absorptieve, buiten rekening laat, vermeerdert men het aantal mogelijke variaties bij eene gelijke samenstelling aan de eerste drie componenten zeer sterk. Op een zoo gevoelige grootheid als de ontledingssnelheid kunnen verschillen in gehalten aan meer of minder sterk absorptief gebonden water machtigen invloed uitoefenen [1]). Bovendien kunnen en zullen ook ongetwijfeld door de eerste bewerkingen de eigenschappen der later te ontleden producten in grooter of kleiner mate gewijzigd zijn; er kan b.v. hydratatie of dehydratatie zijn ingetreden. Hierdoor kunnen dan bij de latere extracties resultaten verkregen worden, welke afwijken van die, welke de ongewijzigd gebleven complexen zouden hebben opgeleverd. Ten slotte is het de vraag of het Al_2O_3 en SiO_2 b.v. wel in dezelfde verhouding in oplossing of tot afscheiding worden gebracht, als waarin ze oorspronkelijk in het complex voorkomen; wanneer dit eens niet het geval is, zal een in werkelijkheid gelijkmatig samengesteld complex den indruk kunnen maken van heterogeen (zie ook blz. 96 en 97).

Ook het V. S. van het keileem blijkt uit gemakkelijk en moeilijk ontleedbare deelen te bestaan. De eerste worden reeds door verdunde zuren bij lage temperatuur en kortstondige inwerking aangetast; bij de laatste zijn intensiever en langduriger behandelingen noodig. Na het voorafgaande is het overbodig nadrukkelijk te verklaren, dat ook hier geen volstrekte scheiding mogelijk was.

In aansluiting met de onderzoekingen van J. M. van Bemmelen, heb ik het geheele V. S. in twee hoofdcomplexen gesplitst, n.l. in een door kokend sterk zoutzuur ontleedbaar complex A en in een door heet geconcentreerd zwavelzuur ontleedbaar complex B. A heb ik genoemd dat deel van het V.S., hetwelk door koken met zoutzuur van 1,19 S.G. gedurende 2 uur ontleed wordt. De basen en een klein gedeelte van

---

[1]) Men denke slechts aan de verschillen in oplossingssnelheid in zuren van ijzerhydroxyde, versch gepraecipiteerd of in meerdere of mindere mate uitgedroogd.

het kiezelzuur worden in dit zoutzuurextract gevonden; het grootste deel van het vrij geworden kiezelzuur blijft als gel achter, doch wordt gemakkelijk door verdunde loogen in oplossing gebracht [1]). Het residu van het zoutzuurextract werd vervolgens twee en een half à drie uur met sterk zwavelzuur in een platinaschaal verwarmd, totdat het zuur grootendeels was weggedampt; ook hier werden de basen en een klein deel van het kiezelzuur in het zuurextract gevonden; het meeste kiezelzuur bleef wederom als gel achter en werd bepaald als bij het zoutzuurextract.

Het kwam mij wenschelijk voor ook bij deze grondtypen uit te maken met welken graad van nauwkeurigheid door het koken met zoutzuur en de digestie met sterk zwavelzuur eene splitsing in twee complexen verkregen wordt [2]). Daartoe heb ik zoowel bij het grauwe keileem I als het roode, de bovenvermelde uittrekking met kokend zoutzuur achtereenvolgens driemaal verricht, de verkregen extracten geanalyseerd en het telkenmale afgescheiden kiezelzuurgel in verdunde loog opgenomen en eveneens bepaald. Alleen het Al_2O_3, het Fe_2O_3 en het SiO_2 zijn bij deze gelegenheid bepaald. De resultaten zijn in tabel I samengevat. Het blijkt daarbij, dat na de eerste uittrekking met zoutzuur bij de tweede en derde wederom gedeelten van het V. S. worden ontleed en in dit geval dus van het complex B. Bij de tweede extractie (α) is dit bedrag gering, bij de derde (β) daarentegen belangrijk grooter [3]).

Bij het grauwe keileem nadert reeds de samenstelling van het tweede extract sterk tot die van het complex B, waarbij echter niet uit het oog is te verliezen, dat de waarnemingsfouten het verhoudingsgetal van het aantal moleculen Al_2O_3 en SiO_2 sterk beïnvloeden. Het derde extract heeft reeds de samenstelling van het complex B, terwijl ten slotte een behandeling met warm sterk zwavelzuur (γ), eveneens een extract levert van die samenstelling.

Bij het *roode keileem* heeft het tweede extract direct de samenstelling van het geheele complex B, dat hier in samenstelling

---

[1]) Het werd bepaald volgens de methode van van Bemmelen nl door het residu te schudden met verdunde kaliloog (1,04 s. g. bij 55° gedurende 5 minuten enz.; zie ook blz 108)

[2]) Reeds lang is uitgemaakt, dat ook na langdurige uittrekking van een grond met kokend zoutzuur, bij hernieuwde uittrekking nieuwe hoeveelheden daarvan ontleed worden; Dr B. Sjollema alsook Dr. J. D. Kobus hebben dit zeer sprekend aangetoond (Dr. J. D. Kobus en Th. Marr: Bijdragen tot het onderzoek van tropische gronden. Archief van de Java Suiker Industrie 1902. Mededeelingen van het Proefstation Oost-Java).

[3]) Bij deze bewerking werd nog geen opstijgende koeler gebruikt, zooals bij de latere uitvoerige analyse (tabel III, IV en V), doch slechts een trechter; er werd dus hier aan de verdamping van het zuur weinig perk gesteld. Bij de derde extractie hebben de kolfjes, op eenzelfden zandbad geplaatst, zeer heftig gekookt en is veel zuur verdampt, terwijl aan het einde der bewerking voortdurend sterke oververhitting plaats had. Waarschijnlijk is dit de oorzaak waardoor bij beide gronden thans zooveel meer ontleed is dan bij de tweede uittrekking, waarbij de vloeistof slechts zeer matig kookte.

veel minder van A verschilt dan bij het grauwe keileem. De waarschijnlijke analysefout is thans evenwel van veel te grooten invloed op de moleculaire verhouding van het Al_2O_3 en het SiO_2, om daaraan groote waarde te hechten. Hetzelfde geldt ook voor de extracten β en γ.

Het blijkt dus ook weer hier, gelijk te verwachten, dat eene volstrekte scheiding tusschen een door zoutzuur ontleedbaar complex A en een door zwavelzuur ontleedbaar complex B niet is te verwezenlijken. Het complex B is nog tamelijk oplosbaar in kokend sterk zoutzuur; het extract A zal derhalve ook reeds een klein gedeelte van zijne basen en kiezelzuur aan het complex B ontleend hebben [1]). Bovendien is het ook hier nog de vraag of B door de voorafgaande behandeling met zuur (de loog zal wel zeer geringen invloed hebben) niet is veranderd ook in chemische samenstelling en dus nog beantwoordt aan het oorspronkelijk in de aarde aanwezige complex B.

Ook is mij gebleken, hoezeer de *wijze van koken* van het zoutzuur op zich zelf reeds invloed heeft op de hoeveelheid silicaat, die in bepaalden tijd ontleed wordt. Wordt bij gebruik van een opstijgenden koeler van den aanvang af flink gekookt, (waarbij ten slotte voortdurend overhitting der vloeistof plaats vindt, hetwelk steeds tot heftig stooten aanleiding geeft) dan wordt bij het grauwe keileem I nagenoeg evenveel ontleed als in tabel I in de eerste kolom is opgegeven; dit is bijvoorbeeld ook geschied bij de analyse II der tabel III. Bij analyse I der tabel III werd onder oogenschijnlijk dezelfde omstandigheden minder Al_2O_3 en SiO_2 opgelost, respectievelijk afgescheiden. Bij het roode keileem gaf analyse I der tabel V een hooger bedrag voor A dan analyse II dier tabel. Als van den beginne af zeer zwak wordt gekookt, wordt aanzienlijk minder ontleed. Zoo bleek mij bij een afzonderlijke proef onder overigens dezelfde omstandigheden, bij opzettelijk zacht koken van het grauwe keileem I met ge-

---

[1]) Ter illustratie zou nog kunnen dienen het gedrag tegenover kokend zoutzuur van kaolien, waarin de moleculaire verhouding tusschen Al_2O_3 en SiO_2 is 1 : 2 en in dat opzicht dus overeenstemt met die van het complex B van het grauwe keileem I; ook kaolien is, gelijk bekend, eerst goed door warm zwavelzuur te ontleden.

Eene hoeveelheid kaoliën van de samenstelling: Al_2O_3. 2 SiO_2. 1,9 H_2O werd op dezelfde wijze als het keileem gedurende twee uur met zoutzuur van 1,19 s. g. gekookt. Aldus bleek door het zuur te zijn opgelost: 4,0 % Al_2O_3, overeenkomende met ± 4,7 % SiO_2, dat is dus circa 9 % van het oorspronkelijke kaolien aan Al_2O_3 + SiO_2.

Eene behandeling van het residu der zoutzuurextractie met verdunde loog bracht bij de monsters keileem geen Al_2O_3 in oplossing of uiterst geringe sporen; het complex B is er dus niet merkbaar door aangetast.

(Kaolien wordt door sterke natronloog bij ± 100° wel aangetast. Van 5 gram kaolien met 60 c c sterke natronloog (400 gram Na OH per Liter) gedurende twee uur op een waterbad verwarmd, werd in oplossing gebracht 4,3 % Al_2O_3 en 4,9 % SiO_2; dus ± 9 % van het oorspronkelijke kaolien aan Al_2O_3 + SiO_2. De moleculaire verhouding der opgeloste Al_2O_3 + SiO_2 is 1 : 1,9, dus nagenoeg dezelfde als in het silikaat zelve.)

noemd zuur in twee uur te zijn opgelost, resp. ten deele als gel afgescheiden:

11,0 % ($Al_2O_3 + Fe_2O_3$) en 14,2 % SiO_2 [1]).

De samenstelling der complexen A en B (het verhoudingsgetal $\frac{\text{mol. } SiO_2}{\text{mol. } Al_2O_3}$) varieert bij verschillende gronden; B vertoont echter in het algemeen minder groote verschillen dan A. Wij zullen daarop aanstonds uitvoerig terug komen.

De verhouding der quantiteiten van A en B in de verschillende keileemmonsters is eene grootheid, die hier ter plaatse dient te worden gereleveerd. De verhouding dier hoeveelheden zullen wij uitdrukken door de verhouding van het gehalte aan Al_2O_3, hetwelk door kokend zoutzuur en hetgeen door warm zwavelzuur in oplossing komt. Stellen wij daarbij B = 1, dan wordt bij:

	B : A	% Al_2O_3 opgelost door H_2SO_4
het grauwe keileem I: . . .	1 : 2,85	6,43
„ „ „ II: . . .	1 : 0,96	5,29
„ roode „ : . . .	1 : 1,70	1,87
Van Bemmelen vond op analoge wijze bij:		
zwaardere zeeklei (Zuiderzee). .	1 : 1,24	5,0
lichtere „ „ .	1 : 0,86	3,0
zware klei (rivierklei bij de Kening, Java)	1 : 1,6	4,2
zware klei (zeekust bij de Nickerie, pas in cultuur).	1 : 1,5	8,8
Löss (Zijpenberg)	1 : 3,56	0,61
„ (Elsloo)	1 : 2,46	1,86

[1]) Aan het „koken" met zuren kleven bij analyses, waar het aankomt op groote nauwkeurigheid en consequentie der bewerking, meerdere bezwaren. Vooreerst zal de snelheid van den warmtetoevoer gevolgd door meer of minder heftig koken zonder meer reeds invloed op de ontledingssnelheid van het silikaat uitoefenen, voornamelijk omdat de aarde dan in meerdere of mindere mate den bodem van het kookvat bedekt houdt en dientengevolge daar ter plaatse grootere of kleinere lokale overhitting optreedt, vooral als de vloeistof reeds eenigen tijd gekookt heeft en de damp zich veel onregelmatiger ontwikkelt. Een ander bezwaar, is dat bij gebruik van een vluchtig zuur als zoutzuur van grooter concentratie dan met de samenstelling van het constant kokende (hylotrope) mengsel bij 1 atmosfeer overeenstemt, de damp overwegend, (d. w. z. meer dan het hylotrope mengsel bevat) uit het vluchtigste bestanddeel bestaat bijv. chloorwaterstof, en slechts gedeeltelijk door afkoeling te condenseeren en in het kookvat terug te voeren is; een gedeelte van het vluchtigste bestanddeel ontwijkt uit de koelbuis. Gaat men dus uit van geconcentreerd zuur, dan zal dit voortdurend verslappen totdat een constant kokend mengsel is verkregen (opgeloste stoffen buiten beschouwing gelaten) en dus te sneller naarmate de vloeistof sterker kookt. Gaat men daarentegen uit van een slap zuur, slapper dan het constant kokend mengsel, dan kan bij ontoereikend koelen het zuur sterker worden en ook weer des te sneller naarmate men sterker kookt. Het bezwaar in deze richting is echter minder groot, daar de component, die thans in overmaat, in den damp aanwezig is nl. water, vrij gemakkelijk door condenseeren in het kookvat is terug te brengen. Op genoemde redenen meen ik, dat bij bewerkingen, waarin een zoo groot mogelijke consequentie wordt vereischt, het koken met vloeistoffen moet vermeden worden. Beter is het bij constante temperaturen met zuren of loogen van gegeven sterkte gedurende bepaalde tijden in gesloten toestellen te schudden.

De verhouding van A tot B is dus buitengewoon hoog bij het grauwe keileem I en wordt daarin slechts door het lössvan den Zijpenberg (Gelderland) overtroffen; het zwaardere lössvan Elsloo (Limburg) komt het daarna het eerst nabij. Bij het grauwe keileem II zijn A en B in nagenoeg gelijke hoeveelheden aanwezig, hetgeen ook met de lichtere Zuiderklei het geval is. Het roode leem staat in dit opzicht tusschen de beide eersten in. Algemeene gevolgtrekkingen zijn uit deze gegevens nog niet te maken.

I. **Het complex A (verweeringshumaat-silicaat, colloidaal hydratisch ijzeroxyde).**

De hoeveelheden Al_2O_3 en SiO_2, Fe_2O_3 en alkalische basen, die door kokend zoutzuur (van 1,19 S.G. in 2 uur) uit het keileem in oplossing, resp. tot ten deele afscheiding worden gebracht en dus deel uitmaken van het complex A, zijn vermeld in de tabellen III, IV en V en uitgedrukt in procenten der luchtdroge aarden. Bovendien zijn ze te vinden in tabel VII naast de overeenkomstige gehalten van andere grondtypen, welke door J. M. van Bemmelen onderzocht zijn; zij zijn daar uitgedrukt in procenten van de bij 105° gedroogde aarde; die van van Bemmelen zijn op zwavelzuurdroge aarde berekend. Op die wijze is vergelijking van de gehalten aan in zoutzuur oplosbare bestanddeelen der verschillende typen mogelijk.

Het was bovenal zaak de samenstelling te kennen van het complex A, het belangrijkste deel, ook van deze leemgronden, de zetel van het absorbeerend vermogen voor basen als kalk, magnesia, maar vooral van de kali en de basische stikstof (als ammoniak of analoog gebonden), het phosphorzuur en voor water. Naar het voorbeeld van van Bemmelen heb ik, door herhaaldelijk met min of meer verdund zuur uit te trekken getracht een denkbeeld te verkrijgen van de hoeveelheid en samenstelling der onderdeelen, waaruit het complex is opgebouwd. Alvorens echter de daarbij verkregen resultaten te bezien, dient het complex in zijn geheel te worden beschouwd. Vooreerst zijne physische hoedanigheid.

Het complex A geeft den leemgrond vooreerst zijne eigenaardige plasticiteit, welke hem in vele gevallen geschikt maakt voor het gebruik in pottenbakkerijen [1]). Zijne betrekkelijk gemakkelijke smeltbaarheid in het ovenvuur komt ook de keramiek ten goede.

Een eigenschap, die bovenal de cultuur ten goede komt, is zijn vermogen om groote hoeveelheden water uit een vochthoudende atmospheer in zich te verdichten, hetzij in meer zuiver physischen zin aan de oppervlakte der deeltjes of opgezogen in capillaire holten

---

[1]) Het complex B bleek mij, voor zoover het onderzocht is niet, of zeer weinig plastisch.

of in poriën, hetzij misschien ook micellair. Dat het condenseerend of absorbeerendvermogen voor waterdamp werkelijk zetelt in het silicaat (-humaat) complex A, blijkt daaruit, dat het keileem onmiddellijk dit vermogen inboet, wanneer A er door chemische bewerking uit verwijderd is (zie tabel II).

Daarbij blijkt 93 resp. 95 % van het uit de lucht geabsorbeerde zoogenaamde hygroscopische water [1]) der luchtdroge aarden en daarmee van het totale luchtdroge verweerings-humaat-silicaat complex [2]) door het complex A [3]) te worden vastgehouden. In tabel II is het vermogen der genoemde complexen om gasvormig water te absorbeeren weergegeven; de wijze, waarop de getallen verkregen zijn, is daarbij eveneens vermeld en zal dus geen verderen uitleg behoeven [4]).

De complexen A blijken bij beide leemgronden een absorberend vermogen van gelijke orde te bezitten. Respectievelijk wordt n.l. 15,5 en 14,9 % van hun gewicht aan water bij 15° en normalen vochtigheidstoestand uit de atmospheer opgenomen. Hieruit is de gevolgtrekking te maken, dat de fijnheids- of verdeelingsgraad van die complexen eveneens weinig uiteenloopen zal. Ook het absorptievermogen voor basen uit oplossingen met of gedeeltelijk zonder uitwisseling en voor phosphorzuur gaat verloren bij verwijdering der complexen A; het resteerende B bezit dat niet merkbaar [5]).

Beschouwen wij thans de *chemische samenstelling van het complex* A. Door J. M. van Bemmelen is reeds in 1888 [6]) gewezen op het bestaan en het eigenaardig karakter van lichamen, door hem genoemd: „absorptieverbindingen", welke bijvoorbeeld verkregen worden wanneer gels, zuren, basen, zouten enz. uit

---

[1]) Als hygroscopisch water heb ik beschouwd het gewichtsverlies der luchtdroge aarde bij 105°; dit bedraagt iets meer dan hetgeen in eene ruimte boven zwavelzuur aan de aarde onttrokken wordt.

Op 5 gram aarde bedroeg het verschil bij
het grauwe keileem I: 0,012 gr. of 0,24 %;
het grauwe keileem II: 0,012 gr. of 0,24 %;
het roode keileem : 0,004 gr of 0,08 %.

[2]) De onverweerde mineraalfragmenten bevatten nl. slechts 0,02 % van dit water (berekend op luchtdroge aarde).

[3]) Men dient echter in het oog te houden dat het complex B door de voorafgaande behandeling met zuur (en loog) wel eenige verandering zal hebben ondergaan, en stellig wat den aard van het oppervlak betreft; zoo zal ook het absorbeerend vermogen voor waterdamp wel zijn gewijzigd. Het hier gevonden cijfer (tabel II) voor het hygroscopisch water van B is daarom als niet streng actueel op te vatten.

[4]) Het complex B, zooals het na koken van het grauwe keileem I en het roode keileem met zoutzuur en digestie met verdunde loog verkregen wordt, bestaat uit enkel minerale deelen; alle organische stof is dan verwijderd.

[5]) Reeds in 1878 is door J. M. van Bemmelen aangetoond, dat eene aarde na uitkoking met zoutzuur zijn absorptievermogen voor alkaliën en aardalkaliën uit oplossingen hunner chloriden, nitraten en sulfaten tot op een minimum is opgehouden (het kiezelzuur was daarbij nog niet verwijderd). Landw. Vers. Bnd. 21 1878. S. 135 tot 191.

[6]) Das Absorptionsvermögen der Ackererde und die Absorptionsverbindungen. Landw. Vers. 1888. S. 69—136. Zie ook: Landw. Vers. 1890: Die Zusammensetzung der Ackererde u. s. w. S. 354.

oplossing absorbeeren. Men kan op die wijze lichamen verkrijgen, die verschillende componenten in amorphen toestand bevatten bijvoorbeeld SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO en bovendien variabele hoeveelheden electrolyten als zouten geabsorbeerd houden en wel in hoeveelheden, afhankelijk van de concentratie der oplossingen, waaruit die stoffen geabsorbeerd zijn eenerzijds, doch ook van de voorgeschiedenis van het betreffende gel anderzijds, waarvan al zijne eigenschappen in den regel in hooge mate afhankelijk zijn. Ook kunnen dergelijke absorptieverbindingen ontstaan door twee of meer colloiden te doen gelatineeren uit verschillend samengestelde colloidale oplossingen of sols, waarbij ze eveneens eene onbepaalde samenstelling hebben en afhankelijk zijn van de samenstelling van de sol; op die wijze kunnen ook dergelijke complexen (agglutinaties) van SiO_2 met Al_2O_3 of met Fe_2O_3 of met beide gevormd worden [1]). Met de chemische natuur van dergelijke complexen ook wat betreft het adsorptievermogen voor basen of in het algemeen electroliten in oplossingen, waarbij deze dus niet in bepaalde verhoudingen naar aequivalenten, maar in vloeiend variabele hoeveelheden kunnen worden gebonden, vertoont het verweeringscomplex der bouwaarde groote overeenkomst en het is hierom, dat van Bemmelen het colloidale verweeringssilicaat A, de zetel van dat vermogen, met zijne variable samenstelling zich ten deele althans heeft gedacht te bestaan uit dergelijke absorptieverbindingen, en de van nature daarin gebonden basen en phosphorzuur eveneens als daarin absorptief gebonden [2]). Zoo is dan het verweeringscomplex der bouwaarde te beschouwen als een samenstel van gemakkelijk ontleedbare absorptieverbindingen, zoowel minerale als organische, en van minder gemakkelijk ontleedbare colloidale complexen, waarvan nog niet is uit te maken of ze als consistente absorptieverbindingen of als echte chemische verbindingen in colloidalen toestand moeten worden opgevat.

A. De chemische samenstelling van het complex A (humaatsilicaat, vrij colloidaal hydratisch ijzeroxyde) in zijn geheel.

Van het complex A, opgevat als een mengsel van verweeringssilicaten, ten deele absorptieverbindingen van kiezelzuur, aluinaarde en ijzeroxyde met daarin absorptief gebonden alkalische basen en phosphorzuur, uit humaten waarin eveneens basen absorptief gebonden zijn, uit vastere colloidale kiezelzuurverbindingen van nog twijfelachtige natuur en uit vrij of zeer los absorptief gebonden colloidaal hydratisch ijzeroxyde laat zich de totale chemische samenstelling (onder weglating van den humus) in

---

[1]) J. M. van Bemmelen: Die Absorption von Stoffen aus Lösungen. Zeitschr. f. Anorg. Chemie 23 (1900) S. 333—334.

[2]) Voor een meer uitvoerige discussie dezer analogie zij verwezen naar zijne: „Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte der Silikate in Ton-, Vulkanischen- und Laterit-Böden. Zeitschr. f. anorg. Chemie XLII (1904) S. 299.

moleculen uitgedrukt, weergeven als volgt (zie tabel III, IV en V):

		% Al_2O_3 op bij 105° droge aarde.
Grauw keileem I:	0,40 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 3,6 SiO_2 . 2,3 H_2O . (0,025 CaO . 0,18 MgO . 0,13 K_2O . 0,015 Na_2O . 0,003 P_2O_5).	9,25
Grauw keileem II:	0,70 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 3,8 SiO_2 . — H_2O . (0,017 CaO . 0,19 MgO . 0,14 K_2O . 0,006 Na_2O . 0,004 P_2O_5).	5,35
Rood keileem :	0,49 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 3,3 SiO_2 . 2,4 H_2O . (0,05 CaO . 0,20 MgO . 0,15 K_2O . 0,009 Na_2O . 0,007 P_2O_5).	3,25

Het aantal mols SiO_2 op 1 mol Al_2O_3 blijkt bij beide monsters grauwe keileem niet veel te verschillen; bij het roode is het wat kleiner. Het gehalte aan Fe_2O_3 verschilt weinig bij het grauwe keileem I en het roode; is echter veel hooger bij het grauwe II.

Aangezien hier, gelijk in het algemeen, het vrije hydratische ijzeroxyde niet van het absorptief gebondene is te scheiden, zeggen deze gehalten weinig omtrent het eigenlijke gehalte aan Fe_2O_3 van het absorptiecomplex [1]).

De gehalten aan alkalische basen blijken weinig uiteen te loopen. Voor zoover het magnesia en kali betreft, schijnt het complex van het grauwe keileem I het armst, dat van het roode het rijkst; aan kalk en natron is dat van het grauwe keileem II het armst. Het hoogste kalkgehalte heeft het complex bij het roode keileem, het hoogste natrongehalte dat bij het grauwe keileem I; deze gehalten zijn echter bijzonder laag en de waarschijnlijke waarnemingsfout is in verhouding aanzienlijk.

Wanneer men derhalve het roode keileem beschouwen wil als een verweeringsproduct van een voormalig grauw keileem, dan heeft die verweering, zoowel wat betreft het complex A, als ook het geheele verweeringscomplex weliswaar gevoerd tot eene vermindering van het bedrag aan verweeringscomplexen (9,25 % Al_2O_3 → 3,25 % Al_2O_3), doch tot eene verhooging van het gehalte dier complexen aan alkalische basen [2]) en eene geringe verlaging van het kiezelzuurgehalte. Hoe het

[1]) Dat het grauwe keileem II ook aan vrij of zeer los gebonden ijzerhydroxyde rijker is dan I wordt waarschijnlijk gemaakt door de belangrijk sterker oranje-gele kleur der suspensie, die men bij opslibbing verkrijgt bij II. Daaruit blijkt tevens dat ook hier vooral de fijnste deeltjes door het hydraat worden bekleed.

[2]) Misschien met uitzondering van de natron; de waarschijnlijke waarnemingsfout is hier evenwel te groot om een zekere uitspraak te doen. De humus, die hier buiten beschouwing bleef, komt bij het grauwe keileem I en het roode voor in nagenoeg dezelfde verhouding ten opzichte van het Al_2O_3. De kans, dat uitschakeling van den humus bij deze redeneering (waarbij alle basen in de minerale complexen gebonden worden gedacht) eene fout wordt gemaakt, vermindert daardoor aanzienlijk. Bij het grauwe keileem II is dit bedrag wat hooger, doch blijkt hier een aanmerkelijk deel als nog ongehumificeerde plantendeelen voorhanden te zijn.

daarbij staat met het ijzer, is moeilijk uit te maken. Ten opzichte van het monster grauwe keileem I is te spreken van eene verhooging, doch ten opzichte van II van eene verlaging aan Fe_2O_3. In het grauwe keileem is vrij hydratisch Fe_2O_3 gewoonlijk plaatselijk in daardoor geel of oranje gekleurde aderen en nesten opgehoopt, terwijl de hoofdmassa grauw is gebleven; bij het roode keileem van den Hondsbrug bij Gasselte was van eene dergelijke localisatie van Fe_2O_3 niets te bespeuren; de geheele massa had eene roodbruine kleur, nu en dan iets in intensiteit variëerend. Daar nu het grauwe keileem bestaat uit eene grauwe hoofdmassa, waarin niet of zeer weinig vrij hydratisch ijzeroxyde voorkomt, naast deelen, waarin het, blijkens de gele kleur in betrekkelijk aanzienlijke hoeveelheden is opgehoopt, zou eene eventueele verweering van grauw keileem tot rood moeten insluiten eene afscheiding van colloidaal-hydratisch ferrioxyde uit het silicaatcomplex, waarin het, eveneens in ferrivorm, min of meer absorptief gebonden was [1]). Het grauwe keileem, waarin zich, gelijk meermalen voorkomt, de geelkleuring door vrij ijzerhydroxyde door de geheele massa vertoont en waardoor het oorspronkelijk grauw is verloren gegaan, staat in dit opzicht nog het dichtst bij het roode keileem. De oorzaak der roode kleur van het hydroxyde in dit laatste, in tegenstelling met gele of oranje van dat in het grauwe keileem, zou gelegen kunnen zijn vooreerst in eene grootere dikte der laag, waarin het de kleiachtige deeltjes omgeeft, verder in grootere afmetingen der deeltjes en ten slotte mogelijkerwijs nog in een hoogeren graad van ontwatering van het hydraat. Daarmede is in overeenstemming het minder snel verdwijnen der roode kleur bij het roode dan de gele kleur bij het grauwe keileem, bij behandeling met zuren (zie blz. 95, 97 en 98).

Het sterk gebonden water van A, waaronder verstaan is, hetgeen bij 105° niet wordt uitgedreven, is per molecule Al_2O_3 bij het grauwe keileem I en het roode nagenoeg gelijk. Deze grootheid is bij de andere tot dusverre onderzochte grondtypen onbekend gebleven [2]). Aangezien ik er door eene gelukkige omstandigheid in geslaagd ben nauwkeurig het vastgebonden water

---

[1]) Tot een minimaal bedrag misschien ook uit onverweerd materiaal.
De door mij kwalitatief en kwantitatief onderzochte monsters keileem bevatten geen merkbare sporen ferrooxyde. Zelfs bij koken met sterk zoutzuur kon geen spoor ferrooxyde in oplossing worden gebracht. Mogelijk is het desniettemin, dat geringe sporen daarvan voorkomen in het nog moeilijker ontleedbare complex. Zeer onwaarschijnlijk is het, dat een uit dien ferrovorm door oxydatie vrijgemaakt ferrioxyde de locale geel- of oranjekleuring van het keileem zou veroorzaakt hebben; daarvoor zijn de hoeveelheden van het vrije hydraat ongetwijfeld te groot De meest plausibele opvatting is voorloopig dit ijzeroxyde te beschouwen als uit de kleurlooze of lichtgrijze verweeringscomplexen van SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 enz. te zijn uitgetreden (of zich gedeeltelijk nog zeer zwak absorptief daaraan bindend), in hetwelk het reeds in ferrivorm aanwezig was.

[2]) Wel zijn door Fach, Lenz en Schering voor enkele grondsoorten dergelijke gehalten opgegeven, doch nergens wordt beschreven, hoe ze gevonden zijn; daarom is het ook niet mogelijk hunne nauwkeurigheid te beoordeelen.

van het complex B te bepalen (zie blz. 100 en 101), liet zich uit dit en het totale vastgebonden water dat van A berekenen (zie tabel III enn IV); daaronder is dus ook het water van het hydratisch ijzeroxyde-gel begrepen.

Vergelijken wij thans de totale samenstelling der verweeringscomplexen A bij deze keileemgronden met die bij de andere tot dusverre door J. M. van Bemmelen onderzochte bodemtypen, welke genetisch niet al te ver daarvan verwijderd liggen; wij laten daarom de vulkanische klei en het lateriet der tropen voorloopig buiten beschouwing:

		% Al_2O_3 berekend op zwavelzuur-droge aarde.
Versche zwaardere Zuiderzee-klei (het IJ).	0,48 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 3,1 SiO_2 0,09 [1]) 0,3 0,02 0,02 0,06 CaO 0,5 MgO. [2]) 0,16 K_2O. 0,02 Na_2O 0,15 0,8 0,18 0,05 0,019 P_2O_5	6,5 %
Versche lichtere Zuiderzee-klei (Wieringermeer)	0,49 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 4,8 SiO_2 0,18 [2]) 0,25 0,06 0,03 0,24 CaO 0,85 MgO . 0.16 K_2O. 0,1 Na_2O 0,42 1,10 0,22 0,13 0,032 P_2O_5	2,5 %
Zwaardere rivierklei. Java. Rembang bij de Kening, gekultiveerd.	0,44 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 3,0 SiO_2 0,05 [2]) 0,07 0,01[5] 0,02 0,22 CaO. 0,20 MgO . 0,08 K_2O. 0,07 Na_2O 0,27 0,27 0,09[5] 0,09 0,014 P_2O_5	6,9 %
Zwaardere klei. Suriname b/d Nickerie aan de zeekust. Kort in cultuur.	0,2 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,7 SiO_2 0,06 CaO . 0,24 MgO . 0,09 K_2O . 0,01[5] Na_2O 0,006 P_2O_5	13,5 %

[1]) De bovenste cijfers hebben betrekking op het extract met verdund azijnzuur; daaronder volgen die van het zoutzuurextract.

[2]) Wanneer de aarde carbonaten en sulfaten bevat, gelijk bij de eerste drie hier vermelde gronden, is de berekening van de in het humaat-silikaat voorhanden hoeveelheid CaO eenigszins onzeker; daar echter alle CO_2 aan CaO verbonden gedacht is, doch in werkelijkheid voor een klein deel aan MgO is gebonden, valt de bovengenoemde hoeveelheid CaO iets te laag uit. Om deze reden is ook het gehalte aan MgO van het humaat-silikaat iets onzeker. De onzekerheid is daarom niet groot, wijl ze alleen de door zeer zwak zuur geëxtraheerde hoeveelheid betreft (zie: o a J. M. van Bemmelen „Die Zusammensetzung der Ackererde" Landw. Vers. XXXVII, 1890).

Löss. Zijpenburg. Gelderland.	0,44 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 3,3 SiO_2 0,22 CaO . 0,12 MgO . 0,06 K_2O . 0,08 Na_2O 0,016 P_2O_5	2,17 %
Löss. Elsloo. Limburg.	0,53 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 3,5 SiO_2 0,18 CaO . 0,06 MgO . 0,09 K_2O . 0,08 Na_2O 0,014 P_2O_5	4,14 %

Het aantal mols SiO_2 op 1 mol. Al_2O_3 blijkt bij het keileem te liggen tusschen dat der zwaardere en der lichtere Zuiderzee-klei; het meest stemt het in dit opzicht overeen met het diluviale löss. Bij de kleigronden van Java en Suriname is het lager.

Het gehalte aan ijzeroxyde, zoowel geheel vrij als meer of minder sterk absorptief of ook wel echt chemisch gebonden, is in dit complex bij het grauwe keileem I en het roode van dezelfde orde als bij de zwaardere en lichtere Zuiderzee-klei, de rivierklei uit Java en het löss, doch hooger dan bij de Surinaamsche klei, waar het verhoudingsgetal door het hooge gehalte aan Al_2O_3 sterk neergedrukt is.

Het monster grauw keileem II vertoont een abnormaal hoog verhoudingscijfer voor Fe_2O_3 [1]).

Wat de alkalische basen aangaat is eene vergelijking met de Zuiderzee-klei en de rivierklei uit Java eenigszins moeilijk, daar hier eerst met azijnzuur is uitgetrokken. Weliswaar zullen daarbij in hoofdzaak alleen de zeer los gebonden deelen, volgens van Bemmelen voornamelijk afkomstig van de humaten [2]), zijn weggenomen, doch eene vergelijking op zekeren grondslag is niet mogelijk. Beschouwen we hier de na de uittrekking met azijnzuur alleen door zoutzuur opgeloste basen als te behooren tot het complex A [3]), dan blijkt desniettemin, vooreerst het *kalk*-gehalte van dit complex bij het keileem opvallend laag, zelfs het löss is in dit opzicht kalkrijker. De Surinaamsche klei komt het keileem, en dan nog slechts het roode, in kalkarmoede van A nabij.

---

[1]) Het hooge gehalte, ook aan vrij of zeer los Fe_2O_3 in vergelijking met het grauw keileem I blijkt ook kwalitatief bij slibben in water; het slib van II, vooral het gemakkelijk zwevende, is veel sterker oranjegeel gekleurd dan bij I; ook bij deze grondsoorten blijken voornamelijk de fijnste deeltjes door ijzeroxyde omgeven te zijn, hetgeen ook steeds bij de door van Bemmelen onderzochte gronden het geval was.

[2]) De gehalten aan humus der zwavelzuurdroge aarden bedroegen bij:

de zwaardere Zuiderzee-klei (Y)	6,9 %
de lichtere Zuiderzee-klei (Wieringermeer)	3,2 „
de zware rivierklei van de Kening (Java)	2,7 „
de zware klei bij de Nickerie aan de Zeekust (Suriname)	3,2 „

(het löss van den Zijpenberg 1,4 % humus + vastgebonden water).
(het löss van Elsloo 1,7 % humus + vastgebonden water).

[3]) Wegens het zeer lage humusgehalte van de door mij onderzochte monsters keileem, meende ik voorloopig eene uittrekking met azijnzuur achterwege te kunnen laten en alle in zoutzuur opgeloste basen zonder gevaar voor groote fouten te kunnen rekenen tot het minerale complex A.

Met de *magnesia* is het gunstiger gesteld. Het keileem overtreft daarin het löss, vooral dat van Elsloo; daarentegen bevat de versche Zuiderklei drie tot vijfmaal meer magnesia, hetgeen stellig zal samenhangen met hare afzetting uit zeewater. Het complex A der rivierklei van de Kening op Java bevat nagenoeg evenveel magnesia als het keileem, dat der Surinaamsche klei wat meer.

In gehalte aan *kali* steekt het keileem zeer gunstig tegen de meeste der andere hier genoemde grondsoorten af. Alleen bij het versche Zuiderslib vindt men relatief meer kali, doch groot is het verschil niet. De rivierklei uit Java en de Surinaamsche klei en vooral het löss, in het bijzonder dat van den Zijpenberg bevatten, een belangrijk kaliarmer complex A.

Natron bevat dit complex bij het keileem zeer weinig en minder dan bij een der andere bodemtypen (van welke de lichtere Zuiderzee-klei het natronrijkste complex heeft), met uitzondering van de Surinaamsche klei, die in dit opzicht met het grauwe keileem I overeenstemt; zelfs het löss is belangrijk natronrijker.

Aan *phosphorzuur* is het complex bij het grauwe keileem I en II armer dan dat bij een der andere gronden; het roode is ook in dit opzicht nog het minst arme der drie en komt het meest de Surinaamsche klei nabij. Het complex der zwaardere en lichtere Zuiderzeeklei bevat 5 à 10 maal meer phosphorzuur dan dat van het grauwe keileem; bij het roode is het nog slechts de helft van dat bij het löss.

Voor de beoordeeling van den totalen rijkdom aan mineraal plantenvoedsel raadplege men direct tabel VII, waarin de in genoemd zuur opgeloste, respectievelijk afgescheiden bestanddeelen zijn weergegeven in procenten der droge aarde (zwavelzuur-droog of gedroogd bij 105°).

B. Het complex A als samenstel van meerdere colloidale kiezelzuurverbindingen, naast colloidaal hydratisch ijzeroxyde.

In navolging van J. M. van Bemmelen werd getracht door behandeling der aarden met zuren, resp. loogen van onderscheidene sterkten aanwijzingen te verkrijgen over de quantiteiten en samenstellingen der eenvoudiger complexen, die gezamenlijk het complex A vormen. De resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in de tabellen IX, X en XI. De aldus verkregen zoutzure extracten werden op dezelfde wijze geanalyseerd als die met kokend sterk zoutzuur (zie blz. 107). De concentraties der zuren komen overeen met die, welke ook door van Bemmelen zijn gebezigd; slechts in onderdeelen wijkt de gevolgde werkwijze van de zijne af; men zie de laatste aanteekening bij tabel IX.

Een onderzoek naar die verschillende eenvoudiger complexen bij het keileem scheen me van belang, daar het de principieele

vraag raakt of deze relatief oude en dus lang aan verweeringsinvloeden blootgestelde gronden, verschillen toonen met de tot dusverre onderzochte nog zeer jonge alluviale vormingen [1]), wat betreft de grootere of kleinere gelijkmatigheid der chemische samenstelling van de bovenvermelde extracten met zuren. Bij alle tot dusverre door van Bemmelen onderzochte gronden [2]) gaven de verschillende extracten met zoutzuur nagenoeg hetzelfde moleculaire verhoudingsgetal van het aluminiumoxyde en het kiezelzuur en wel dat van het geheele complex A; alleen de reeds genoemde Surinaamsche klei aan de zeekust bij de Nickerie maakte daarop eene uitzondering; het eerste extract met verdund zoutzuur week in samenstelling af van de latere extracten; deze vertoonden echter alle weer hetzelfde verhoudingsgetal [3]) (zie ook de tweede noot op blz. 97).

„Die Gleichmässigkeit der Zusammensetzung im grössten Teil des in Salzsäure löslichen Verwitterungssilikats bei diesen Alluvialböden", zegt van Bemmelen van de bovengenoemde grondsoorten," „sowohl in den Niederländen, wie in den Tropen kann vielleicht damit zusammenhängen, dass bei allen die Erdteile von dem ursprünglichen Verwitterungsort weit fortgeführt und nach ihrem spez. Gewicht abgesetzt sind. In den Niederländen bestehen die Alluvialböden aus Schlammen, durch die Flüsse auf weitem Wege angeführt, und das gilt auch wohl für den Alluvialton der Kening. Die Tonschicht der Kakaopflanzungen ist an den Mündungen der Flüsse unter dem Einfluss des Meeres gesunken, denn Diatomeen und Spongiolithen fehlten darin nicht".

Behalve dat nu het keileem eene oude afzetting is, vooral het roode, en dus allerlei verweeringsinvloeden, die bij de verschc alluviale gronden nog slechts zeer kort werkzaam zijn geweest, hier op den langen duur den oorspronkelijken aard van het complex der verweeringssilikaten aanmerkelijk kunnen hebben gewijzigd [4]), is het niet uit water afgezet, maar door een smeltende ijsmassa, in welker onderste lagen het was geabsorbeerd, in hoofdzaak wel als min of meer verweerd slijpsel van losgeraakte rotsblokken en puin en den rotsbodem zelve, waarover het in Baltische gewesten heengeschoven is. Naarmate het ijs verder smolt, concentreerde zich het geabsorbeerde materiaal zonder te bezinken of resp. tijdelijk zwevende te blijven, en vormden ten slotte een koek of bank. Van eene natuurlijke scheiding

---

[1]) Van het löss schijnt nog niet met zekerheid te zijn uitgemaakt of het fluviatiele den wel als æolische vorming moet worden beschouwd. De vulkanische kleigronden en de laterietgronden zijn hier buiten bespreking gelaten daar ze te zeer in wordingsgeschiedenis van de andere afwijken.

[2]) De vulkanische kleigronden en de laterietgronden zijn daaronder niet medegerekend.

[3]) Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte der Silikate in Ton-, vulkanischen und Laterit-Böden. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904 S. 299.

[4]) Wellicht ook vergroot nl. door verweering van de nog aanwezige mineraal fragmenten uit de oorspronkelijke gesteenten.

der soortelijk zwaardere en lichtere bestanddeelen als bij materiaal, dat door zee- of rivierwater wordt afgezet, kan in die omstandigheden geen sprake zijn. Reeds de volmaakt omgelaagde bouw der grondmoreene, wat betreft de als steenen, zand en leem te onderscheiden bestanddeelen, doet verwachten, dat ook deze leemsubstantie zelve geenerlei schifting naar soortelijk zwaardere en lichtere deelen zal hebben ondergaan.

Het scheikundig onderzoek heeft geleerd, dat het verweeringscomplex A van het keileem inderdaad minder homogeen van chemische samenstelling is, dan dat van de tot dusverre van Nederland onderzochte grondsoorten. Het blijkt n.l. zoowel bij het grauwe keileem, als bij het roode, te bestaan uit een tamelijk kiezelzuurarm complex, hetwelk gemakkelijk door zuren en loogen te ontleden is en een dat kiezelzuurrijker en bestendiger is. Voor zoover dit is nagegaan, blijken beide complexen op zich zelf tamelijk gelijkmatig van chemische samenstelling.

Moeilijk is uit te maken of deze afwijking van alle tot dusverre in ons land onderzochte gronden (waaronder dus ook het diluviale löss), moet worden toegeschreven aan de specifieke glaciale vormingswijze van het keileem, of wel aan eene transformatie van een oorspronkelijk chemisch meer gelijkmatig samengesteld complex door verweeringsinvloeden tot het huidige minder gelijkmatige of misschien aan beide. De eveneens minder homogene chemische constitutie van het complex A bij het reeds vermelde tweetal monsters klei uit Suriname wijst bovendien nog op het volkomen onzekere van den samenhang van fluviatiele of gedeeltelijk marine vormingswijzen met eene meerdere of mindere mate van gelijkmatigheid in zijne chemische samenstelling.

Het verweeringssilikaat A is mij gebleken te bestaan uit een gemakkelijk ontleedbaar complex, waarin de moleculaire verhouding van het Al_2O_3 tot het SiO_2 bedraagt $1:\pm 1{,}6$ (extract I + II) en uit een ander minder gemakkelijk te ontleden complex, waarin die verhouding bedraagt bij 3 achtereenvolgende uittrekkingen (direct en indirect verkregen) resp. 4,0, 4,0 en 4,5 bij het grauwe keileem I en: 4,2 4,6 en waarschijnlijk $> 4{,}6$ bij het roode keileem (zie tabel IX en X); als geheel beschouwd heeft dit laatste complex het verhoudingsgetal 1:4,2 bij het grauwe en 1:4,6 bij het roode keileem (tabel XI).

Beschouwen wij eerst het gemakkelijk door zoutzuur ontleedbare basische complex 1:1,6. Hoewel het bij het grauwe keileem slechts ongeveer een vierde en bij het roode bijna de helft van het geheele complex A vormt (tabel XI), is toch de samenstelling zoowel wat het verhoudingsgetal van het Al_2O_3 en het SiO_2, als ook de hoeveelheden der geabsorbeerde alkalische basen betreft, bij beide nagenoeg *dezelfde*; dat van het roode keileem is alleen iets rijker aan kali en magnesia. Voorts liet het zich bij gelijksoortige behandeling in twee fracties ontleden, I en II,

die zich in quantiteit verhouden bij het grauwe keileem als 1:0,79, bij het roode als 1:1,66 [1]).

Terwijl zich dus de samenstelling van het geheele complex bij het grauwe keileem laat uitdrukken door de formule:

extract:
(I + II) 0,71 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 1,63 SiO_2 (0,08 CaO . 0,21 MgO . 0,13 K_2O . — Na_2O)

is die der fracties I en II resp.:

extract:
I 0,41 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 1,7 SiO_2 (0,11 CaO . 0,12 MgO . 0,092 K_2O . — Na_2O)

II 1,03 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 1,54 SiO_2 . (0,042 CaO . 0,32 MgO . 0,19 K_2O . — Na_2O).

Bij het roode keileem vinden we op geheel analoge wijze voor het basische complex in zijn geheel:

extract:
(I + II) 0,43 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 1,58 SiO_2 (0,088 CaO . 0,25 MgO . 0,15 K_2O . — Na_2O)

hetgeen wederom is te splitsen in:

extract:
I 0,15 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . — SiO_2 (0,11 CaO . 0,09 MgO . 0,072 K_2O — Na_2O .)

II 0,83 Fe_2O_3 . 2 Al_2O_3 . — SiO_2 (0,06 CaO . 0,49 MgO . 0,27 K_2O — Na_2O).

Van het *ijzeroxyde* is gelijk gewoonlijk, niet uit te maken hoeveel in vrijen toestand of zeer los absorptief gebonden voorkomt, en hoeveel in sterk absorptieven of ten deele wellicht echt chemischen bindingsvorm. Bij het grauwe keileem was de oranjegele tint na de eerste extractie (I) nog niet verdwenen, na de tweede was ze echter nauwelijks meer merkbaar. Bij het roode keileem daarentegen was de kleur van de eerste uittrekking (I) nog steenrood en na de tweede terra cotta. Na de derde uittrekking (III) was bij beide gronden ieder spoor van roodkleuring verdwenen. Alle ijzeroxyde, dat na de derde uittrekking bij verdere behandeling met zuren in oplossing komt, mag daarom als tamelijk sterk absorptief of als echt chemisch gebonden worden beschouwd.

Bij beide grondsoorten blijkt dus evenals bijvoorbeeld bij de door J. M. van Bemmelen onderzochte en hier reeds meermalen met het keileem vergeleken Surinaamsche klei [2]) een belang-

---

[1]) De hoeveelheden der complexen heb ik in navolging van Van Bemmelen evenredig gesteld aan de in hun vervatte hoeveelheden Al_2O_3.

[2]) Zie: Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte in Ton-, vulkanischen und Laterit-Böden von J. M. van Bemmelen. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904 S. 291; of: Landbouwkundig Tijdschrift 1903 blz. 314 tot 355, Groningen J. B. Wolters.

rijk gedeelte van het ferrioxyde tot een aanmerkelijk bedrag vrij vast in het complex A gebonden te zijn (zie tabel IX en X).

Merkwaardig is, dat de moleculaire verhoudingen van het Fe_2O_3 en het Al_2O_3 bij beide keileemgronden een *maximum* doorloopen bij het *tweede* extract (II). Als regel heeft van Bemmelen tot dusverre een maximum bij het *eerste* extract; alleen bij tropische padasgronden [1]) vond hij eveneens het maximum bij het tweede extract met zoutzuur. De oorzaak van deze afwijkingen is daarin gelegen, dat het keileem evenals genoemde padasgronden tamelijk veel van een gemakkelijk ontleedbare basisch silikaatcomplex bevat, ten gevolge waarvan reeds bij de eerste uittrekking met een zwak zuur relatief veel Al_2O_3 in oplossing komt.

Behalve de uittrekking met verschillend sterke zuren kon misschien ook eene behandeling met verdunde *loog* iets leeren omtrent den aard van het verweeringssilikaat van het keileem. De resultaten van een tweetal extracties, een eerste maal met verdunde kaliloog (S. G. 1,04) bij 55° gedurende 5 minuten (K_1) [2]), een tweede maal met dezelfde loog bij ± 95° op een waterbad gedurende 30 minuten (K_2) vindt men in tabel XII.

Vooreerst blijkt de totale hoeveelheid der bij beide bewerkingen ($K_1 + K_2$) in oplossing gebrachte Al_2O_3 bij beide keileemgronden geringer te zijn dan bij de gezamenlijk zoutzuurextracties I en II en te liggen tusschen I en II; en voorts, dat het opgeloste SiO_2 bij $K_1 + K_2$ daarentegen belangrijk meer bedraagt dan bij de zuurextracties I + II. Hierdoor zijn ook de moleculaire verhoudingscijfers van het Al_2O_3 tot het SiO_2, zoowel bij K_1 als K_2 belangrijk hooger dan 1 : 1,6.

Hieruit volgt vooreerst, dat niet het geheele basische silikaat (I + II), hetwelk door zuren het gemakkelijkst ontleedbaar bleek, als zoodanig door het loog is uiteengelegd, want dan moest het daarbij opgeloste Al_2O_3, dat van I + II evenaren of overtreffen. Evenwel is niet uit te maken of het Al_2O_3 al of niet in zijn geheel van het basische silikaat afkomstig is. Even onzeker is de oorsprong van het opgeloste SiO_2.

Het Al_2O_3 en SiO_2, in oplossing gebracht bij de uittrekking K_1, moet van het basische complex (I + II) afkomstig zijn, daar gebleken is, dat bij behandeling van het residu van (I + II) met loog op de wijze van K_1 (ter bepaling van het gel-SiO_2), geen merkbare hoeveelheid Al_2O_3 werd opgelost. Hetzelfde geldt voor de overeenkomstige behandeling met loog, na de eerste uittrekking (I) met zuur, van het grauwe keileem [3]), waarbij slechts sporen Al_2O_3 in oplossing kwamen.

---

1) Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte u. s. w. S. 292.

2) Dus volgens het voorschrift van Van Bemmelen ter bepaling van gelatineus afgescheiden kiezelzuur na behandeling met zuren.

3) Bij het roode keileem is deze bepaling achterwege gelaten (zie tabel X).

De vraag, of het nog niet ontlede deel van het V.S. door eene voorafgaande behandeling met zuren merkbare veranderingen heeft ondergaan en welke deze veranderingen zijn, en of het Al_2O_3 en SiO_2 (en ook Fe_2O_3) al dan niet in dezelfde verhouding worden opgelost (resp. afgescheiden) als waarin ze gebonden in het complex aanwezig waren, is tot dusverre nog niet te beantwoorden. Evenmin is bekend, wat er gebeurt bij uittrekking met loog, waarbij het Al_2O_3 en SiO_2 in geheel andere verhouding in oplossing komen, dan in de eerst genoemde gevallen. Over het voorkomen en den aard der lichamen, die het verweeringscomplex vormen, kan derhalve weinig met zekerheid worden afgeleid uit extracties met de gebruikelijke chemische agentia. Voorloopig zullen we blijven onderstellen, dat de zuren de onderscheiden componenten inderdaad in dezelfde verhouding oplossen resp. afscheiden als waarin ze in het V.S. voorkomen, waaruit dan zou volgen, dat de loogen dit niet doen (zie ook blz. 80 en 81).

Het phosphorzuur van het V.S. A blijkt tamelijk los absorptief gebonden, want het komt nagenoeg in zijn geheel reeds bij de eerste uittrekking (I) in oplossing [1]).

De rest van het complex A, bij het grauwe keileem ± 75% en bij het roode ruim 50% daarvan bedragend, bestaat uit een complex, waarvan de totale samenstelling met inbegrip der basen, welke indirect te vinden waren uit die van het extract met kokend zoutzuur, (tabel III en V) en die van de extracten I + II (tabel XI) zich laat uitdrukken door de formules:

0,50 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 4,2 SiO_2 (0,008 CaO . 0,175 MgO . 0,126 K_2O . — Na_2O) bij het grauwe keileem I;

en 0,57 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 4,6 SiO_2 . (0,023 CaO . 0,176 MgO . 0,156 K_2O . — Na_2O) bij het roode keileem.

Dit complex is derhalve vrij kiezelzuurrijk. Bij het grauwe keileem houdt het in dit opzicht het midden tusschen de zwaardere IJ- en de lichtere Zuiderzeeklei (Wieringermeer); bij het roode keileem stemt het nagenoeg geheel overeen met de laatste [2]).

Afgezien van het verschil in SiO_2-gehalte, is de overeenstemming in samenstelling dezer complexen bij beide keileemgronden groot. Liepen de gehalten aan ijzeroxyde bij het basische complex sterk uiteen (resp. 0,71 mol. Fe_2O_3 en 0,41 mol. Fe_2O_3),

---

[1]) Althans bij het grauwe keileem; bij het roode is het nog niet nagegaan.

[2]) De twee meermalen genoemde door Van Bemmelen onderzochte monsters Surinaamsche klei, bevatten een basisch silikaat met eene verhouding van het Al_2O_3 en SiO_2 van 1 : 1.3; het overige deel van het complex A vertoonde bij den pas gecultiveerden kleigrond het verhoudingsgetal 1 : ± 2,7, bij den anderen, een lang gecultiveerden bodem (cacao) 1 : ± 3,0. De hier gevolgde methode wijkt eenigszins van de door mij gevolgde af.

thans is het onderscheid gering. Wellicht hangt dit daarmede samen, dat het hier grootendeels vast absorptief of gedeeltelijk ook echt chemisch gebonden is en het absorptiecomplex ten opzichte van het Fe_2O_3 een even groote overeenkomst tusschen de beide gronden vertoont als ten opzichte van de absorptief of misschien ook gedeeltelijk echt chemisch gebonden alkalische basen. Vrij of zwak geabsorbeerd Fe_2O_3 was evenwel blijkens de zeer zwak gelachtige kleur bij het grauwe keileem en de duidelijk terra-cotta kleur bij het roode nog voorhanden na de tweede uittrekking (II).

Aan kalk blijken deze complexen al bijster arm, hetgeen niet is te verwonderen, daar dit, als bij alle grondsoorten zeer zwak absorptief gebonden is en in de eerste extracten met zuren bijna geheel in oplossing komt.

Magnesia bevatten beide complexen evenveel, terwijl dat van het roode keileem rijker aan kali is.

De kiezelzuurrijke complexen lieten zich door achtereenvolgende uittrekkingen met zuren, eventueel gevolgd door behandeling met verdunde kaliloog in een aantal fracties ontleden (extract III, IV en V), waarvan de samenstelling wat betreft Al_2O_3, SiO_2 en Fe_2O_3 in de tabellen IX en X te lezen zijn; tevens blijkt daaruit hoeveel telkens in oplossing is gekomen. Bij het grauwe keileem vertoont het complex eene groote gelijkmatigheid in samenstelling; zoowel extract III als (IV + V) geven het moleculaire verhoudingsgetal voor Al_2O_3 en SiO_2: 1 : 4,0. Bij het roode keileem zijn deze resp. 1 : 4,2 en 1 : 4,6. Ten slotte werd nog nagegaan hoeveel bij het koken met sterk zoutzuur (tabel III en V) meer van het geheele V. S. is ontleed, dan bij de achtereenvolgende extracten I tot V gezamenlijk. Deze indirect verkregen cijfers zijn echter van zeer beperkte nauwkeurigheid. Bij het grauwe keileem mag nog wel worden aangenomen, dat het verhoudingsgetal I: $\pm$ 4,5 is; bij het roode daarentegen kan eene toevallige opeenstapeling van kleine waarnemingsfouten bij de vijf achtereenvolgende extracten op de zeer lage gehalten een grooten invloed uitoefenen, zoodat aan de in de tabel vermelde verhoudingsgetallen geen reëele beteekenis is te hechten; alleen zou men mogen aannemen, dat het SiO_2-gehalte hooger is dan overeenstemt met 1 : 4,6.

Wat het *ijzeroxyde* betreft, moeten de gehalten, verkregen bij de extracten IV en V en in het indirect verkregen extract worden beschouwd als te zijn gebonden in het complex, hetzij vast absorptief of ook echt chemisch, daar na de derde uittrekking (III) geen spoor meer van een gele of roode kleur in het residu was te bespeuren (zie ook blz. 95).

II. Het verweeringssilikaat-complex: B.

Door verwarming van het residu der extractie met kokend zoutzuur met heet sterk zwavelzuur wordt het moeilijkst aantastbaar deel van het V.S., het complex B, ontleed. De hoe-

veelheden basen en SiO_2, die daarbij opgelost resp. afgescheiden worden, vindt men in de tabellen III, IV en V; tabel VIII geeft ze, berekend op bij 105° gedroogde aarde, naast de overeenkomstige gehalten van de meer vermelde andere grondtypen, welke door van Bemmelen zijn onderzocht (berekend op zwavelzuur droge aarden). Hierdoor is vergelijking der gehalten aan in zwavelzuur oplosbare componenten bij de verschillende gronden mogelijk. De hoeveelheden, waarin B in die gronden voorkomt, zijn practisch weer evenredig te stellen aan hunne door zwavelzuur oplosbare Al_2O_3-gehalten. De verhouding dier hoeveelheden tot die van complex A is reeds vroeger (op blz. 84) aangegeven en besproken.

Over de physische eigenschappen van het complex B kunnen wij kort zijn. Vooreerst is het nagenoeg niet plastisch in tegenstelling met A en niet smeltbaar in de ovenvuren der keramiek; het stemt daarin dus met kaolien overeen. Ook is het in tegenstelling met A zeer weinig hygroscopisch [1]); men beschouwe daartoe de tabel II, ook in verband met de bespreking op blz. 85 en 86.

Bezien wij thans de chemische samenstelling van de complexen B der drie monsters keileem. Blijkens de tabellen III, IV en V zijn deze voor te stellen door de volgende formules:

		% Al_2O_3 op bij 105° droge aarde.
Grauw keileem I:	0,043 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,1 SiO_2 . 1,08 H^2O . (0,016 CaO . 0,17 MgO . 0,17 K_2O . 0,013 Na_2O)	6,93
Grauw keileem II:	0,048 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,45 SiO_2 . — H_2O . (0,012 CaO . 0,10 MgO . 0,12 K_2O . 0,021 Na_2O)	5,60
Rood keileem :	0,067 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,8 SiO_2 . 0,95 H_2O . (0,030 CaO . 0,21 MgO . 0,25 K_2O . 0,063 Na_2O).	1,92

Het moleculair verhoudingsgetal tusschen Al_2O_3 en SiO_2 varieert bij de drie monsters blijkbaar nogal; naarmate de leemgrond zaveliger is, schijnt het SiO_2-gehalte te stijgen. Bij het grauwe keileem I is het nagenoeg 1:2, het meest voorkomend cijfer bij de tot dusverre onderzochte typen [2]). Belangrijk hooger is het SiO_2-gehalte bij het grauwe keileem II, doch verreweg het hoogst bij het roode, waar men de verhouding 1:3 nadert [3]).

---

[1]) Natuurlijk kan het door de voorafgaande bewerkingen een aanzienlijke wijziging in de hoedanigheid der oppervlakte hebben ondergaan, waardoor het absorptievermogen voor waterdamp is gemodificeerd.

[2]) Vandaar de naam „kaolienachtig" complex; microscopisch heb ik tot dusverre geen kaoliniet in het keileem kunnen vinden.

[3]) Van Bemmelen heeft in een monster Y-klei ook een dergelijk SiO_2-

Het *ijzeroxyde* is in deze complexen in zijn geheel zeer sterk absorptief of wel chemisch gebonden; met zekerheid is daaromtrent niets te zeggen. Het hoogste gehalte aan Fe_2O_3 heeft het bij het roode keileem; het armst is het grauw keileem I.

Ook aan *alkalische basen* is het complex bij het roode leem het rijkst [1]).

Het armst blijkt het grauwe keileem II. De *magnesia* en de *kali* komen bij de drie monsters in meer of min aequivalente hoeveelheden voor. Aan *natron* is het complex bij het roode leem het rijkst, dat bij het grauwe keileem I het armst.

De basen van het complex B, welke dus zeer vastgebonden in de aarde voorkomen, zullen in het licht onzer hedendaagsche opvattingen als zoodanig van weinig of geenerlei waarde voor de plantenvegetaties kunnen zijn. Het zal evenwel afhangen van den graad der verweerbaarheid van B tot een gemakkelijker door plantenwortels aantastbaar complex, of het inderdaad wel als steriel en onnut materiaal mag worden beschouwd. Onze kennis is echter op dit punt nog nihil.

Door de omstandigheid, dat zoowel het monster grauwe keileem I als het roode geen onvergane plantendeelen en de zeer weinige humus, door achtereenvolgende behandeling met zoutzuur en verdunde kaliloog geheel was te verwijderen, was ik in staat het complex B van deze gronden in zuiveren toestand en slechts gemengd met de onverweerde mineraalfragmenten af te zonderen. Op die wijze werd het mogelijk de in dit complex gebonden hoeveelheid water te bepalen, een grootheid, die tot dusverre bij andere grondsoorten onbekend is gebleven [2]).

De juiste kennis van dit gehalte stelde me in staat uit te maken of het zoogenaamde „kaolienachtige silikaat" in werkelijkheid kaolien is [3]). Wel is er door van Bemmelen op gewezen,

---

gehalte voor B gevonden; de verhouding bedroeg daar 1 : ± 2.7. Het is niet onmogelijk, dat door het sterke zwavelzuur, evenals Van Bemmelen herhaaldelijk bij zijne onderzoekingen opmerkt, een klein deel van de onverweerde mineraalfragmenten ontleed wordt en aldus naar verhouding te veel kiezelzuur gevonden wordt, vooral als het veldspaten zijn, waarin het verhoudingsgetal 1 : 6 is. Verhoudingsgewijs zijn deze mineralen het meest voorhanden in het roode keileem (zie blz. 103 en 104) en zouden dus ook daar den grootsten invloed kunnen uitoefenen. Belangrijk zal die zeer waarschijnlijk niet zijn, want bij een zoo hoogen graad van fijnheid als voor een aanmerkelijke aantastbaarheid vereischte is, zouden de veldspaatdeeltjes allicht verweerd zijn tot kleiachtig materiaal. Juist de grootere en minder verweerbare deelen zijn het, die wij thans nog als zoodanig in het leem aantreffen en deze worden slechts weinig door zuren aangetast; streng kwantitatief heb ik dit in deze gevallen echter niet nagegaan. Voorloopig kan ik evenmin aannemen, dat de zeer geringe sporen biotiet, epidoot enz. (zie blz. 103 en 104), welke gedeeltelijk althans ontleed zouden kunnen zijn, hier een eenigszins overwegenden invloed zouden uitoefenen

[1]) In hoeverre hier aan een invloed van eventueel onverweerde mineraaldeeltjes moet gedacht worden, laat ik voorloopig in het midden, omdat daaromtrent nog geenerlei onderzoek door mij kon worden ingesteld.

[2]) Wel worden door Fach, Lenz en Schering (zie blz. 75), dergelijke gehalten bij door hem onderzochte grondtypen opgegeven, maar elke beschrijving der methode van onderzoek ontbreekt en er is dus geen oordeel over de nauwkeurigheid der verkregen cijfers mogelijk.

[3]) Kristallijne kaoliniet is echter voor zoover mij bekend, nog nooit in onze kleigronden aangetroffen.

dat de moleculaire verhouding van het Al_2O_3 tot het SiO_2 in B varieert tusschen 1:2 en 1:3, waarbij dus in vele gevallen eene opvatting als kaolien a priori is uitgesloten; voor die gevallen echter, waarin de verhouding is 1:2, is die zienswijze geheel begrijpelijk.

Het complex B van het grauwe keileem I bleek nu slechts de helft van de hoeveelheid gebonden water te bevatten, die met de samenstelling van zuiver kaolien in overeenstemming te brengen is [1]). Terwijl dit laatste is: Al_2O_3, 2 SiO_2, 2 H_2O, vond ik voor

[1]) Als vastgebonden water is beschouwd hetgeen bij 105° niet wordt uitgedreven.

Bepaling van het vastgebonden water in B.

Eene hoeveelheid aarde, (10 gram) werd op dezelfde wijze met sterk zoutzuur van 1,19 s g gekookt als voor de bepaling van de samenstelling van het complex A en het afgescheiden kiezelzuurgel in verdunde loog volgens de methode van van Bemmelen opgenomen. Als contrôle op de inwerking van het zoutzuur, werd in het zoutzuurextract het (Al_2O_3 + Fe_2O_3) en SiO_2, en in het loogextract het SiO_2 bepaald; gevonden werd bij het:

	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	SiO_2
Grauw keileem I	14,30 %	18,56 %
Rood keileem	5,83 %	6,35 %

Bij het grauwe keileem I stemt deze uitkomst zeer goed overeen met analyse II der tabel III, bij het roode keileem met analyse I der tabel V. Daarom werd aan het resteerende complex B bij het grauwe keileem de samenstelling van de betreffende analyse II, aan dat van het roode keileem, die van analyse I toegekend.

Na uitwasschen (decanteeren door een filter en zoo weinig mogelijk aarde op het filter brengen) met chloornatriumhoudend heet water (zie bladzijde 28) tot het verdwijnen der alkalische reactie, werd een druppel salpeterzuur toegevoegd en daarna met heet water uitgewasschen; wanneer alle chloride verdwenen was, werd dit nog zoo lang voortgezet, totdat het residu niet meer wilde bezinken, doch gedeeltelijk in suspensie bleef. Dan werd de geheele massa in eene schaal op het waterbad ten deele ingedampt en in de lucht te drogen gezet. In het complex B + onverweerde mineraal-fragmenten, dat op die wijze werd verkregen, bleek inderdaad in het geheel geen organische stof aanwezig te zijn.

Het aldus verkregen materiaal werd gedroogd bij 105° en in een paar fracties voor de waterbepaling gebruikt. De stof werd daartoe in een klein gewogen fractionneerkolfje gebracht en ook daarin nog eens met 105° gedroogd. Vervolgens werd de steel met een gewogen chloorcalciumbuisje verbonden en in den hals droge lucht binnengeleid, gaandeweg verwarmd en ten slotte gegloeid waarbij het kolfje begon te smelten. Zoowel het gloeiverlies van de stof als het in het chloorcalciumbuisje opgevangen water werd bepaald. Zij verschillen bijna niet. Daar het gloeiverlies der onverweerde mineralen nagenoeg nihil bedroeg, moet alle water uit het complex B afkomstig zijn.

Grauw keileem I:

gewicht B. + min. fragmenten in 10 gram leem: 5,400 gr. gedroogd bij 105°).

1ste bepaling.	2de bepaling.
genomen: 2,5616 gram.	genomen: 2,2616 gram.
na gl. : 2,5066 „	na gl. : 2,2126 „
0,0550 gram.	0,0490 gram.
opgevangen: 0,0540 gr. water.	opgevangen: 0,0488 gr. water.
Derhalve 1,16 % water op oorspronkelijk luchtdroog leem (Zie tabel III).	Derhalve: 1,17 % water op oorspronkelijk luchtdroog leem.

Rood keileem:

gewicht B. + min. fragmenten in 10 gram leem: 8,800 gr. gedroogd bij 105°.

1ste bepaling.	
genomen: 4,5128 gram.	genomen: 2,2915 gram.
na gl. : 4,4948 „	na gl. : 2,2831 „
0,0180 gram.	0,0084 gram.

B van het grauwe keileem: Al_2O_3, 2,1 SiO_2, 1,1 H_2O, voor B van het roode keileem: Al_2O_3, 2,8 SiO_2, 1,0 H_2O. B is dus in zijn geheel niet als kaolien te beschouwen; toch is het nog wel mogelijk, dat er kaolien in voorkomt.

We laten ook thans volgen de verschillende samenstellingen der complexen B van de reeds vermelde andere grondtypen, welke door J. M. van Bemmelen zijn onderzocht; aan de opgegeven gehalten aan het in zwavelzuur oplosbaar Al_2O_3 (berekend op zwavelzuur-droge aarde) is weer te zien hoeveel van het complex in de betreffende aarden aanwezig is:

		% Al_2O_3 berekend op zwavelzuur droge aarde.
Versche zware Zuiderzee-klei (IJ).	0,03 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,2 SiO_2 . . . . (0,04[6] CaO . 0,04 MgO . 0,14 K_2O . 0,05[5] Na_2O)	5,0
Versche lichte Zuiderzee-klei (Wieringermeer).	0,04 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,4 SiO_2 . . . . (0,03 CaO . 0,08[5] MgO . 0,09[4] K_2O . 0,03 Na_2O)	3,0
Zware rivierklei v/d Kening (Java).	0,03 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,0 SiO_2 . . . . (0,05 CaO . 0,04 MgO . 0,05 K_2O . 0,08 Na_2O)	4,2
Zware klei aan de kust b/d Nickerie, Suriname.	0,03 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,0 SiO_2 . . . . (0,005 CaO . 0,06 MgO . 0,17 K_2O . 0,02 Na_2O)	8,8
Löss. Zijpenberg, Gelderland.	0,06 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,5 SiO_2 . . .	0,6
Löss. Elsloo, Limburg.	0,07 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 2,0 SiO_2	1,7

Het moleculair verhoudingsgetal tusschen Al_2O_3 en SiO_2 variëert hier tusschen 2,0 en 2,5; echter is door van Bemmelen in een monster IJ-klei ook de verhouding: 1:2,7 gevonden [1]). De coëfficiënt 2,8 bij het roode keileem is hier dus hooger dan bij alle tot dusverre onderzochte gevallen.

---

opgevangen: 0,0175 gr. water. Derhalve 0,0320 % water op oorspronkelijk luchtdroog leem.

opgevangen: 0,0052 gr. water. Derhalve 0,297 % water op oorspronkelijk luchtdroog leem (Zie tabel V)

[1]) „De verschillende wijzen van verweering der silikaatgesteenten in de aardkorst", door J. M. van Bemmelen. Chem. Weekbl. 1909 blz. 949.

Wat het ijzergehalte betreft, blijken de complexen B der zware Zuiderzee-klei en van die van Suriname beide armer dan het grauwe keileem I; de lichte Zuiderzee-klei heeft nagenoeg hetzelfde gehalte; daarentegen is het complex bij het löss er aanmerkelijk rijker aan en stemt daarin overeen met het roode keileem; uit een en ander zou men opmaken, dat de coëfficiënt voor het Fe_2O_3 daalt, naarmate het gehalte B stijgt.

De *kalk* blijkt ook wederom in dit complex bij het keileem zeer laag te zijn; overtroffen wordt het daarin nog door de Surinaamsche klei.

Opvallend is het hooge gehalte aan *magnesia* van het keileem tegenover dat van alle andere hier genoemde bodemtypen, voor zoover ze daarop onderzocht zijn; alleen de lichte Zuiderzeeklei is wat magnesiarijker en nadert daarin het grauwe keileem II, de magnesia-armste der drie monsters keileem. Tegenover de kali is het magnesiagehalte bijzonder laag bij de zwaardere Zuiderzee-klei en de Surinaamsche klei; daarentegen bevat B bij de lichtere Zuiderzee-klei en de rivierklei van de Kening (Java) nagenoeg aequivalente hoeveelheden magnesia en kali, evenals bij het keileem.

Het *kali*gehalte van B is bij het keileem blijkbaar zeer hoog. De Surinaamsche klei en de zwaardere Zuiderzee-klei komt er in dit opzicht het dichtste bij: de andere zijn er, voor zoover onderzocht, veel armer aan. Het grauwe keileem is evenals aan magnesia, ook armer aan kali dan de beide andere en nadert hierin eenigermate de lichtere Zuiderzeeklei.

Van *alle* tot dusverre onderzochte gronden blijkt het complex B van het keileem, vooral van het roode, *het rijkst aan kali en magnesia* te zijn. Daarentegen is het, evenals A, bijzonder arm aan kalk.

Het mengsel der onverweerde mineraalfragmenten.

Het residu der uittrekking met kokend zoutzuur en warm zwavelzuur bestaat bij de drie onderzochte monsters keileem uit kwarts en nog niet verweerde mineraalfragmenten, welke geen of een uiterst gering gloeiverlies vertoonen; ze vormen resp.: 37,4, 53,2 en 77,0 % dezer gronden. De chemische samenstelling werd er van bepaald bij het grauwe keileem I en het roode; men vindt die ook in moleculaire hoeveelheden uit gedrukt in tabel XIII.

Het microscopisch-mineralogisch onderzoek [1]) wees op groote

---

[1]) De heer J. van Baren te Wageningen was zoo welwillend mij hierbij zijn gewaardeerde hulp te verleenen, waarvoor ik hem mijne erkentelijkheid betuig. Het mineralogisch onderzoek had plaats in hetgeen bij slibben in water gevolgd door scheiding met bromoform werd afgezonderd. Het residu der zuurextracten werd nog niet mineralogisch onderzocht.

hoeveelheden grovere en fijnere kwartskorrels en eenig veldspaatachtig materiaal, zoowel bij het grauwe keileem I als bij het roode. Bovendien werden in beide gevallen eene zeer geringe hoeveelheid van soortelijk zwaardere mineralen (bezinkende in bromoform) gevonden, waarin bij het roode keileem [1]) de aanwezigheid kon worden aangetoond van: augiet, amphibool, biotiet, muscoviet, epidoot, granaat; aan deze laatste zijn waarschijnlijk de geringe hoeveelheden calcium, magnesium en ijzer toe te schrijven (tabel XIII), voor zoover zij niet eenigermate reeds door de behandeling met de zuren waren ontleed. Verwaarloozen we het calcium, magnesium en ijzer en beschouwen we het kalium en natrium als aan kiezelzuur gebonden zooals in de veldspaten, dan zou de samenstelling van het veldspaatachtig materiaal bij het grauwe keileem I uit te drukken zijn door de formule: 1,1 K_2O, 1 Na_2O, 2 Al_2O_3, 12 SiO_2, en bij het roode keileem door: 1,1 K_2O, 0,7 Na_2O, 2 Al_2O_3, 12 SiO_2.

Behalve uit de genoemde soortelijk zwaardere mineralen zou dan het onverweerde deel van het grauwe keileem bestaan uit $\pm$ 19,1 % veldspaten en $\pm$ 80,6 % kwarts en van het roode keileem uit $\pm$ 17,4 % veldspaten en 82,4 % kwarts.

Ter contrôle op de juistheid der gehaltecijfers bij de verschillende uittrekkingen met zuren verkregen, werd van het grauwe keileem I en het roode keileem ook een Bausch-analyse verricht. De oorspronkelijke aarden werden daartoe in fluorwaterstofzuur opgelost enz. De overeenkomst van hier gevonden gehalten met de som der gehalten bij de zoutzuur- en zwavelzuurextracten gevonden, is blijkbaar voldoende.

„Zand en Klei".

De eigenlijke zandgehalten (kwarts en nog niet verweerde mineraaldeeltjes) der monsters keileem bedroegen resp. bij het:

Grauwe keileem I: 37,4 %
„ „ II: 53,2 %
Roode „ : 77,0 %
(tabel III, IV en V.)

Zij zijn dus door chemische analyse gevonden. Eene benaderende zandbepaling geschiedde door slibanalyse met behulp van het slibapparaat van Schöne-Ad. Mayer. Bij eene stroomsnelheid van ½ m.M. pro sec., welke vaak bij practische zandbepalingen is gebruikt, bleven ten slotte de volgende hoeveelheden zand achter (zie tabel XIV):

Grauw keileem I: 21,2 %,
„ „ II: 41,0 %,
Rood keileem : 69,7 %.

[1]) Bij het grauwe keileem is dit nog niet nagegaan.

De afgeslibde deelen werden niet verder op korrelgrootte onderzocht.

Het blijkt hieruit wederom, dat bij het slibben slechts een gedeelte van het eigenlijke „zand" gevonden wordt; de zeer fijne zanddeeltjes, zoo goed als geheel uit kwarts bestaande, worden tegelijk met de eigenlijke klei weggespoeld. Merkwaardig is dat de gehalten aan deze fijne zanddeeltjes bij de drie gronden vrijwel evenredig zijn met hunne kleigehalten (zie tabel XIV). Hier zou dus bij toepassing dezer slibmethode voor de bepaling van het klei- resp. zandgehalte een nagenoeg evenredige fout zijn gemaakt, zoodat de verhouding der aldus verkregen schijnbare kleigehalten bij de drie gronden goed zou overeenstemmen met die der werkelijke kleigehalten [1]), zooals door deze chemische analyse zijn verkregen.

Wat de verhouding der kleigehalten bij verschillende gronden betreft, blijkt volgens tabel VI dat tengevolge van de betrekkelijk geringe verschillen in gehalte aan Al_2O_3 der klei bij de daar vermelde grondsoorten de gehalten daarvan bij benadering evenredig te stellen zijn aan hunne gehalten aan Al_2O_3. Enkel door de bepaling van het in kokend zoutzuur en sterk zwavelzuur oplosbare Al_2O_3 zou men dus reeds hunne relatieve kleigehalten kennen.

Bij de methode der zoogenaamde „Thonbestimmung", welke o.a. aan de Königlich Preuszische Geologische Landesanstalt und Bergakademie gebruikt wordt, bij het bepalen van kleigehalten is dit beginsel toegepast. De gronden worden dan direct met zwavelzuur (1:5) in een dichtgesmolten buis gedurende 6 uur bij 220° verhit; het daarbij opgeloste Al_2O_3 wordt dan als maat voor het aanwezige kleigehalte beschouwd.

Ik heb deze methode toegepast bij het grauwe keileem I en het roode. De resultaten bevinden zich in tabel XV. Het opgeloste Al_2O_3 stemt vrijwel overeen met dat der zoutzuur- en zwavelzuurextracten gezamenlijk [2]).

R. Gans [3]) heeft getracht de Thonbestimmung door een eenvoudiger methode te vervangen. Door n.l. den grond gedurende 1 uur te koken met zoutzuur van 1,15 s.g. [4]), wordt vervolgens hem ongeveer de halve hoeveelheid van het Al_2O_3 der Thonbestimmung in oplossing gebracht, met uitzondering van de gronden met zeer

---

[1]) Onder „klei" heb ik hier verstaan het geheele complex der minerale colloiden (met inbegrip dus van het sterk gebonden water).

[2]) Ook heb ik het kiezelzuur en het ijzeroxyde bepaald. Dit laatste stemt goed overeen met dat der zoutzuur- en zwavelzuurextracten te zamen. Het SiO_2 eveneens. Het is hier echter niet volgens de methode van van Bemmelen, maar volgens Wahnschaffe's Wissenschaftliche Bodenuntersuchung, zweite Auflage, S. 134, bepaald. Noch het Al_2O_3, noch het SiO_2 zijn op zuiverheid onderzocht.

[3]) Die Bedeutung der Nahrstoffanalyse in agronomischer und geognostischer Hinsicht von R. Gans in Berlin. Jahrb. der Königl. Pr. geol. Landesanstalt und Bergakademie 1902 Bnd. 23 Heft 1.

[4]) Eene bewerking, die ook wel ter bepaling van het gehalte aan mineraal plantenvoedsel wordt toegepast, en daarom wel „Nährstoffanalyse" is genoemd.

laag kleigehalte. Wanneer men echter de door Gans bij deze beide methoden verkregen resultaten aanziet, blijkt de genoemde regel wel wat al te zeer benaderend. Ook in onze gevallen is het Al_2O_3 der „Nahrstofflösung" volstrekt niet de helft maar resp. (zie tabel XV): 0,43 en 0,63 van dat bij de Thonbestimmung verkregen [1]).

Het waterhoudend vermogen.

Over de mate, waarin het keileem waterdamp opneemt uit de atmospheer bij 15° en normalen vochtigheidstoestand is reeds op blz. 85 en 86 besproken. Het gehalte aan dat water is daar „hygroscopisch water" genoemd. Verandert de temperatuur of de vochtigheidstoestand dan wijzigt zich het gehalte aan geabsorbeerd water. Bij maximalen vochtigheidstoestand (verzadigden dampdruk) is ook het geabsorbeerde water maximaal. De monsters luchtdroge keileem nemen in eene week tijd in een bij 15° met waterdamp verzadigde ruimte respectievelijk nog 9,1, 7,1 en 3,1 % van hun gewicht aan water op (zie tabel XVI). Op bij 105° gedroogd leem berekend, bedraagt dan het totaal gehalte aan geabsorbeerd water resp. 16,7, 13,4 en 5,5 %.

De hoeveelheden geabsorbeerd, bij maximalen en normalen vochtigheidstoestand blijken bij de drie keileemgronden evenredig te zijn; beide zijn op hun beurt weer evenredig met de gehalten der aarden aan colloiden [2]).

Dit absorbeerend vermogen is, gelijk bekend, een der voornaamste factoren van vruchtbaarheid der aarde, niet alleen direct maar ook indirect, want daaraan is min of meer evenredig te stellen het vermogen om ook andere gassen als CO_2 en NH_3 in zich te absorbeeren.

Omtrent eene andere belangrijke grootheid, n.l. het vermogen der aarde om vloeibaar water op te slorpen d.w.z. in capillaire holten op te zuigen, vindt men in tabel XVII een paar opgaven [3]). Gevolgd is de methode van J. M. van Bemmelen [4]):

---

[1]) Ook hier is het Fe_2O_3 bepaald, en bij het grauwe keileem ook het SiO_2 volgens Wahnschaffe's Wissenschaftliche Bodenuntersuchung, zweite Auflage S. 134. Het is eveneens niet op zuiverheid onderzocht.

[2]) Op blz. 85 en 86 is reeds aangetoond, dat het absorptievermogen voor waterdamp in normale omstandigheden voor verreweg het grootste bedrag zetelt in het complex A.

[3]) Bij het roode keileem beschikte ik over te weinig stof om nog eene betrouwbare bepaling te doen.

[4]) Zie bijv. „Die Absorption von Wasser durch Ton" durch J. M. van Bemmelen. Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904 S. 323.

Het luchtdroge leem werd in water gebracht om op te weeken; het natte leem werd dan op een gewogen trechter met filter (zoowel bij 105° gedroogd als met water bevochtigd, gewogen) gebracht, en tegen verdamping beschut, zoolang weggezet totdat geen water meer afliep, geen water op de min of meer gladde oppervlakte overbleef en de massa niet meer ineenklonk. Daarna werd gewogen, op 105° gebracht en opnieuw gewogen.

De methoden van analyse.

Voor de beoordeeling der nauwkeurigheid, waarmede de analysen zijn uitgevoerd is het noodig de gevolgde werkwijzen en analytische methoden te kennen.

I. *De zoutzuurextracten.*

Deze werden verkregen door eene afgewogen hoeveelheid aarde, gewoonlijk 10 gram, met 150 c.c. zuur of eene evenredige hoeveelheid te verwarmen bij een bepaalde temperatuur of te koken, onder gebruikmaking van een terugvloeikoeler en onder geregeld omschudden. Dan werden de verkregen oplossingen volledig door een filter afgeschonken, het residu uitgewasschen, terwijl zorg gedragen werd, dat zoo weinig mogelijk aarde op het filter kwam [1]). Een bepaald deel van het filtraat werd gebruikt voor de bepaling van het $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ (+ P_2O_5), een ander deel voor het Fe_2O_3 alleen, waarbij eerst alle organische stof met koningswater werd gedestrueerd en daarna het kiezelzuur afgescheiden. Het $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ (+ P_2O_5) werd dan met koolzuurvrije ammoniak neergeslagen, in den regel tweemaal; het ijzer een enkele maal titrimetrisch, maar meest gewichtsanalytisch door scheiding van het aluminium met kaliloog bepaald. De alkaliën, aardalkaliën en het phosphorzuur werden bepaald volgens de methode van Neubauer [2]), soms in het overige deel van het extract, doch meestal in een geheel nieuw op dezelfde wijze bereid extract.

II. *De zwavelzuurextracten.*

Het residu van het zoutzuurextract werd na behandeling met verdunde kaliloog met 30 c.c. sterk zwavelzuur 2½ à 3 uur lang onder geregeld roeren verwarmd in eene platina schaal, waarbij dit zuur ten slotte grootendeels was verdampt. Steeds werd op zooveel mogelijk gelijkvormige wijze verwarmd met eene kleine gasvlam, op genoegzamen afstand van de schaal verwijderd.

Het zwavelzuurextract, verkregen op overeenkomstige wijze als het zoutzuurextract, werd in eene platinaschaal ingedampt, het zwavelzuur afgerookt en het daarbij verkregen residu ten slotte even tot zachte gloeihitte verwarmd, daarna in sterk zoutzuur opgenomen op het waterbad tot droog toe ingedampt en het kiezelzuur afgescheiden. In het filtraat werden $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ bepaald als sub I, met dien verstande, dat minstens 2 maal werd neergeslagen. Het ijzeroxyde werd bepaald als sub I in een ander deel der oplossing.

---

[1]) De kleine hoeveelheid aarde, die op het filter kwam, werd er later weer afgespoten en in de oorspronkelijke kolf teruggebracht. Het nagenoeg schoone filter werd daarna bij lage temperatuur verascht en de asch evenεens in de kolf gebracht.

[2]) Landw. Versuchsst 63 S. 141. Ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung von Phosphorsäure, Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium in salzsauren Bodenauszügen, von H. Neubauer.

Voor de bepaling der alkaliën en aardalkaliën werd eene nieuwe hoeveelheid aarde met zoutzuur geëxtraheerd en het residu niet met verdunde loog behandeld, doch direct met sterk zwavelzuur verhit; na afrooken enz. en afscheiding van het kiezelzuur als boven werd in een gedeelte van dit extract het $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ tweemaal neergeslagen en in de gezamenlijke filtraten het calcium en magnesium bepaald, na verdrijving der ammoniakzouten en opneming in zoutzuurhoudend water [1]) resp. als Ca O (oxalaat) en $Mg_2P_2O_7$. Voor de bepaling der alkaliën werd een ander deel van dit extract direct met overmaat calciumoxyde gekookt, afgefiltreerd, in het filtraat het zwavelzuur met chloorbarium en daarna het calcium met ammonium-oxalaat neergeslagen de ammoniakzouten verdreven, op een bepaald volume gebracht, kalium en natrium gezamenlijk als sulfaten bepaald en in een ander deel der oplossing het kalium als kaliumplatinachloride. Alle reagentiën werden op hun zuiverheid onderzocht en eventueel door blinde bepalingen de noodige correcties aangebracht.

III. *De alkalische extracten.*

Ter bepaling van het kiezelzuurgel in de residuën der extracten met zoutzuur of zwavelzuur, werden deze volgens het voorschrift van J. M. van Bemmelen gedurende 5 minuten met kaliloog van 1,04 s.g. (ik nam 200 c.c. op 10 gram aarde) bij 55° gedigereerd onder voortdurend omschudden, daarna verdund, snel afgekoeld, gefiltreerd en uitgewasschen; om het bezinken der gemakkelijk zwevende deelen te bevorderen en zoo vlugger te kunnen decanteeren en bovendien het doorloopen der fijnste deelen door een filter te voorkomen voegde ik telkens kleine hoeveelheden chloornatrium toe. De aldus verkregen oplossing werd met zoutzuur aangezuurd, ingedampt, de organische stof met koningswater gedestrueerd en ten slotte het kiezelzuur op de gewone wijze bepaald en in het filtraat de eventueel aanwezige basen. Het kiezelzuur werd door afdampen met fluorwaterstofzuur op zijne zuiverheid onderzocht. Na de behandeling der aarden met zwavelzuur blijkt het kiezelzuurgel geregeld groote hoeveelheden Al_2O_3 te bevatten, hetwelk ook door de loog wordt opgenomen en later nagenoeg geheel in het zure filtraat der kiezelzuurbepaling wordt teruggevonden.

Ter bepaling van de zuiver analytische waarnemingsfouten werden in den regel zoo mogelijk 2 bepalingen uit eenzelfde oplossing gedaan, zooveel mogelijk op overeenkomstige wijze. De maximale verschillen aldus verkregen, bedroegen voor het Al_2O_3, Fe_2O_3 en SiO_2 $\pm$ 0,1 % der aarde; bij de alkalische basen schijnt de maximale fout zich in die gevallen te bewegen om $\pm$ 0,05 %; de waarschijnlijke fouten zullen echter lager zijn, vooral in die gevallen, waar het gemiddelde van twee dergelijke cijfers is genomen.

[1]) Steeds werd hier nog een kleine hoeveelheid Al_2O_3 gevonden.

HOOFDSTUK III.

Keileem en zijn beteekenis voor de cultuur.

De invloed, die het keileem uitoefent op de vruchtbaarheid van de landstreken, aangeduid in de laatste paragraaf van het eerste hoofdstuk, is buitengewoon gebleken. Het meest nog zou dit opvallen, wanneer het mogelijk was een gedetailleerd overzicht te geven van de cultures, hetzij land- of boschbouw betreffende, die op de keileemgronden worden aangetroffen, en van die, waar enkel zand den cultuurbodem vormt. Zoolang wij echter niet beschikken over eene goede agro-geologische kaart van ons land, zijn de keileemgebieden niet aan te geven, en is dus ook niet de samenhang van het productievermogen van den bodem en de aanwezigheid van keileem in extenso te demonstreeren.

Wat betreft de plantengroei en de cultures op de keileemgronden in het Oosten van ons land, in den Achterhoek en Twente, verwijs ik naar het reeds meermalen genoemde artikel in het Tijdschrift der Nederlandsche Heidemaatschappij van 1908 (blz. 383). Men vindt daar op blz. 393:

„Keileem is een voortreffelijke bodem, zoowel voor land- en weidebouw, als voor bosschen. In den laatsten tijd is de oppervlakte hei er van dan ook voortdurend verminderd. Meestal werd ze ontgonnen tot weiland; soms vestigden zich kolonisten er op en werd ze bouw- en weiland.

Als boschbodem is het een der beste, zoo niet de beste, die wij in ons land bezitten. Zij is door hare eigenschappen aangewezen op loofhoutbosch en wel voornamelijk op *eikenbosch*. De schoonste eikenbosschen der oostelijke provinciën staan op keileem." „Tal van andere bosschen, ook gemengde met zeer schoone oude dennen, o.a. in de omstreken van Enschede, leggen getuigenis af van de voortbrengende kracht van dezen bodem. Toch is de keileem een grondsoort, waarmede voorzichtig moet worden omgesprongen, al is het gehalte aan voedende bestanddeelen ook hoog. Eens verwaarloosd en achteruitgegaan, kan het een der onhandelbaarste bodems worden. Ofschoon de voedselrijkdom betrekkelijk groot is, kan het gebeuren, dat op keileem, die wat men noemt „dood", „steriel", is, geen enkele boomsoort groeien wil. Het kan gebeuren, dat vlak naast hooge eiken jaar op jaar de aanplant van nieuwe boompjes mislukt, terwijl men toch mag aannemen, dat er geen verschil is in de chemische samenstelling van die vlak naast elkaar gelegen terreinen. Het schijnt, dat keileem, die in lang niet in cultuur is geweest of verwaarloosd is geworden, een zoo ongunstige structuur heeft aangenomen, dat er ingrijpende veranderingen in moeten gebeuren, alvorens die bodem weer zijn normaal productievermogen heeft teruggekregen. De bebossching van keileem is een der moeilijkste ontginningsvraagstukken en dikwijls ver van goedkoop. Daarna echter stelt

ze ons door hare dankbaarheid, wanneer ze eens op weg geholpen is, veelal voldoende schadeloos. Door middel van lupinen, landbouwvoorbouw, welke meestal voortreffelijke opbrengsten levert, en voorzichtige bebossching met veel loofhout, waarbij de eik (winter- en zomereik), uitstekende diensten bewijzen kan, is men in staat bij zorgvuldige verzorging van de eertijds taaie en steriele, gele massa, een prachtigen, vruchtbaren boschgrond te maken. Een directe bebossching zonder voorbereiding met alleen den, is beslist af te raden op keileem. Sommige treurige dennenboschjes met allerjammerlijksten groei, die een besmettingshaard van insecten zijn voor de omliggende streken, zouden niet doen vermoeden, dat men hier te doen heeft met een der beste boschgronden van ons land, waar de gezondste eiken kunnen groeien, mits oordeelkundig behandeld. Het is niet onmogelijk, dat het *gebrek aan kalk* in de bovenlaag (door langdurigen regen kan ze min of meer uitgespoeld zijn geworden) de oorzaak is van het moeilijk weer in cultuur brengen van keileemheide. De toediening althans van soms betrekkelijk geringe hoeveelheden kalk kan verwonderlijk goede resultaten tengevolge hebben."

„In Overijssel, meer speciaal in Twenthe, neemt ze (keileem) nog duizende bunders heide in beslag. Door de ondoorlatendheid onder sommige omstandigheden, kan zich in den loop der tijden veen, hoogveen en soms laagveen, op de keileem hebben afgezet. Zoo vindt men o.a. op sommige plaatsen onder de veenen van Almelo eene keileemlaag.

De keileem geeft aan den Achterhoek en aan Twenthe het zoo aantrekkelijke weelderige karakter, dat dadelijk opvalt, als men van de Veluwe komt. Dit komt door het optreden van het loofhout en de kleine vegetatie. Typisch is het voorkomen van de hulst, dien we op de heide van de Veluwe nooit aantreffen. Ook de mindere doorlatendheid van keileem, waardoor de landerijen vochtiger blijven, verleent aan de streek een cachet van vruchtbaarheid.

Als merkwaardigheid zij ten slotte opgemerkt, dat de hoogte kromme van 20 M. + A.P. de grens is, waarboven geen keileem meer voorkomt. Zeer mooi is dit bij Lutte waar te nemen; het bosch reageert onmiddellijk op de veranderde samenstelling van den grond."

Wat hier gezegd is van het keileem onzer oostelijke provinciën, geldt ook voor de keileemgebieden elders, met uitzondering van het witte, dorre leem van Drente, waarover reeds in de vorige paragrafen gesproken is.

Staring roemde reeds de vruchtbaarheid der keileemhoudende heuvels bij Steenwijk, die een productieven bouwgrond dragen; hetzelfde kan gezegd worden van het roode keileem in Drente, dat vooral voor boschcultuur geschikt is en van het hier eveneens voorkomende vette leem, dat wij in de oostelijke provinciën vonden. Ook in Gaasterland blijken de keileemstreken de beste bosch- en bouwgronden te bezitten.

Over meerdere gegevens betreffende den samenhang van landbouw- en boschcultuur met de aanwezigheid van keileem beschik ik thans niet. Zelf heb ik in het najaar 1909 getracht een denkbeeld te krijgen van de uitgestrektheden van het keileem en de diepten, waarop het voorkomt in een der zuidelijke keileemgebieden, met name in de omgeving van Winterswijk.

Aanleiding tot dit onderzoek was o.a. de overweging, dat de meerendeels met diluviaal zand bedekte keileemafzettingen lang niet in die mate der cultuur ten goede komen als wel in vele gevallen mogelijk zou zijn.

De vraag was nu: komt het werkelijk in zoo groote hoeveelheden voor, dat er openlijk de aandacht op dient gevestigd en is in de meerderheid der gevallen het zanddek niet te machtig om aan eene exploitatie ten behoeve van de cultuur, in het bijzonder van den landbouw, te denken; met andere woorden aan eene bewerking, waarbij het prachtige grondverbeteringsmateriaal naar boven wordt gebracht en vermengd met het vaak, van nature althans, schrale zanddek tot een voortreffelijke bouwaarde? In die gevallen, waarbij een aan de oppervlakte gelegen leem *te* vet en stug is, zou dit met zand te doorwerken en aldus eveneens tot een goed te bewerken en vruchtbaren bouw- of boschgrond te maken zijn. Het laat zich verwachten, dat in zulke gevallen dikwijls zeer mooie resultaten zullen worden verkregen, vooral waar het den landbouw betreft, echter niet zonder aanvankelijk misschien groote financieele opofferingen.

De resultaten van mijne boringen in de omgeving van Winterswijk, waarbij ik in hooge mate werd gesteund door welwillend verstrekte inlichtingen van deskundigen, heb ik in de hier volgende tabel samengevat. Zij stelden mij bovendien in staat in zeer grove trekken aan te geven, waar het keileem direct voor de cultuur van beteekenis is en wellicht van nog veel grooter beteekenis kan worden. Het betreft die plaatsen, waar het leem niet dieper onder de oppervlakte gelegen is dan ten hoogste 1 M.

Grondboringen, verricht in de omstreken van Winterswijk

(ter diepte van ten hoogste 1 Meter), enz.

1. Nieuw aangelegd weiland:

   1 M. grijs-geelachtig tamelijk fijn zand waarvan 1 c.M. humeus.

2. Kreupelhout, op enkele meters afstand van een westelijk daarvan gelegen weiland:

   3 à 4 c.M. humeus zand, daaronder leemig zand.
   Op enkele meters afstand dezer boorplaats lag een blijkbaar kunstmatig gegraven kom, waarin keileem aan de opper-

vlakte; daarnaast ook zwartblauw leem. De bodem was waterrijk, niet bepaald drassig.

3. Weiland, aan den weg gelegen:

0,5 M. grijs tamelijk fijn zand met enkele centimeters humeus zand;
0,5 M. zware keileem.

4. Dennenbosch:

0,1 M. humeus zand;
0,2 M. grijs tamelijk fijn zand;
0,7 M. zware keileem.

5. Heide, grenzend aan het dennenbosch van 4, met vliegmast:

0,1 M. humeus zand;
0,2 M. grijs tamelijk fijn zand;
0,7 M. zware keileem.
De grond is zeer nat en drassig, overal groote plassen. In den omtrek van deze boorplaats ligt telkens het keileem aan de oppervlakte en is zoo vet, dat het gaan bezwaarlijk wordt.

6. Naaldhout en heide:

0,1 M. humeus zand;
0,3 M. grijs tamelijk fijn zand;
0,6 M. wit grof zand.

7. Weiland:

0,1 M. humeus zand;
0,2 M. wit grof zand.

8. Aan den weg achter „Fukkink":

0,75 M. grauw zand, boven eenigszins humeus;
0,25 M. zandige keileem.

9. Weiland:

0,4 M. humeus zand;
0,1 M. zand;
0,1 M. leemig zand;
0,4 M. geel grijs zand.

10. Tuinbouwakker, niet noemenswaardig opgehoogd:

0,2 M. humeus zand;
0,5 M. grijs zand;
0,3 M. zware keileem.

11. Aan den met gras begroeiden rand van dezen tuinbouwakker, aan de wegzijde:

0,1 M. zand waarvan een enkele centimeter humeus;
0,9 M. zware keileem.

12. Bouwland:

0,75 M. humeus zwart zand;
0,1 M. tamelijk grof geel-rood ijzeroerhoudend zand;
0,15 M. zandige keileem.

13. Aan den met gras begroeiden rand van het bouwland:

0,2 M. humeus zand;
0,2 M. tamelijk fijn grijs zand;
0,6 M. zware keileem.

14. Op 30 M. ten westen van boorplaats 13 in het bouwland:

0,5 M. humeus zand;
0,2 M. grijs zand;
daaronder: oerbank.

15. Op 30 M. ten zuiden van boorplaats 14 op hetzelfde bouwland:

0,5 M. humeus zand;
0,1 M. grijs zand;
daaronder: oerbank.

16. Dennenbosch:

0,15 M. humeus zand;
0,85 M. geel grijs zand.

17. Dennenbosch:

0,35 M. grijs zand, waarvan 2 c.M. humeus;
0,03 M. geel ijzerhoudend zand;
0,02 M. zandige keileem;
0,60 M. zware keileem.
Aan den weg, en in de omgeving dezer boorplaats ligt het keileem telkens aan de oppervlakte.

18. Bij den steenoven te Winkel:

Alom ligt hier het keileem aan de oppervlakte.

19. Nieuw aangelegd bosch:

Overal komt het keileem aan de oppervlakte; bij boring wordt alleen zware keileem gevonden.

20. Gemengd bosch:

1,0 M. zware keileem.
In de omgeving dezer boorplaats komt het keileem telkens aan de oppervlakte.

21. Profiel eener leemgroeve bij Blekking.

Bovenlaag: 2 à 3 d.M. grijs zand, waarvan enkele centimeters humeus; hier en daar is het adersgewijs geelrood gekleurd door vrij ijzerhydroxyde.
Daaronder: 0,5 M. zandige keileem.
„ : keileem, echter niet als samenhangende bank maar voortdurend onderbroken door nesten en aderen van grijs of geelroode kwartskorrels (door colloidaal ijzerhydroxyde omgeven).

De aderen hebben vaak eene dikte van een of meer d.M. Op een plaats trof ik zelfs eene onderbreking van het leem door een zandader van ongeveer 1 M. dikte. Het zand was hoofdzakelijk kwartszand en meerendeels adersgewijs sterk rood gekleurd door colloidaal ijzerhydroxyde vooral in de diepere deelen. Uit sommige der diepere soms bloedrood gekleurde zandaderen sijpelde water, wat geen verwondering wekken kan als men bedenkt, dat zij hier de eenige gelegenheid bieden aan het grondwater om zich te verplaatsen. Daar deze groeve gedeeltelijk was dichtgeworpen kon de ondergrond van het keileem niet worden onderzocht.

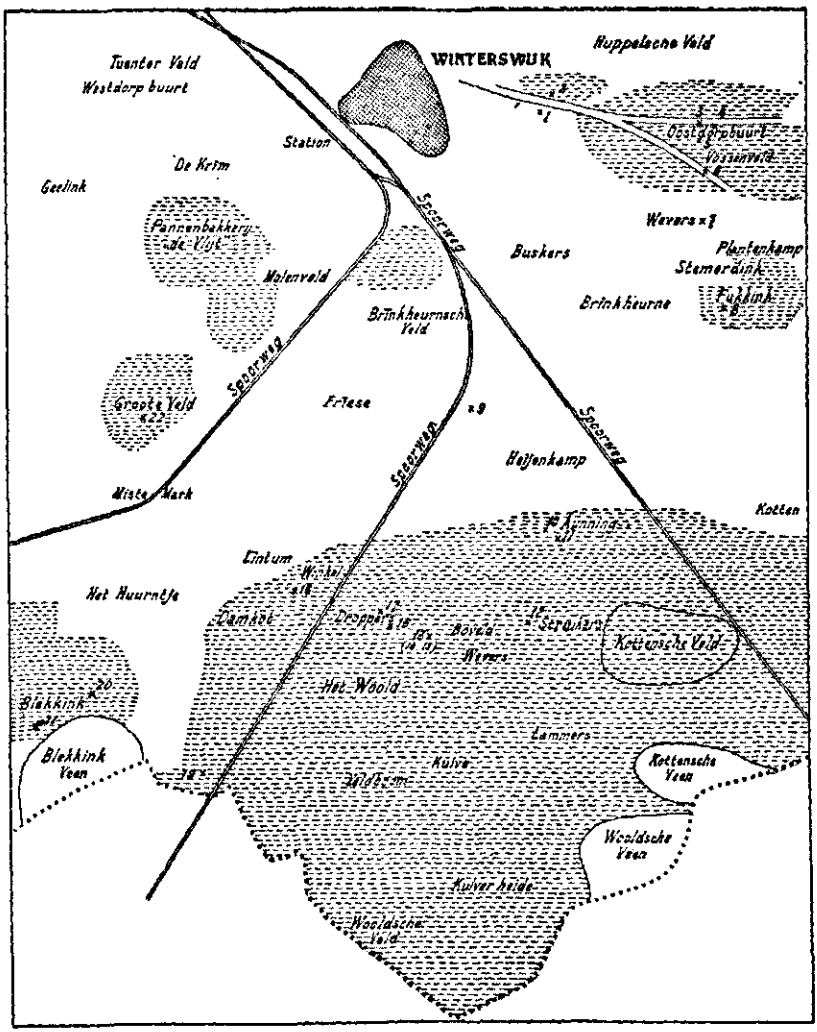
22. Dennenbosch:

0,30 M. grijs zand, waarvan een enkele c.M. humeus;
0,7 M. eenigszins zandige keileem.

23. Profiel in de leemgroeve „de Vlijt":

0,5 M. grijs zand, waarvan enkele centimeters humeus. Onderaan een weinig grind met veel witte kwartsen;
0,8 M. zware keileem;
0,2—0,3 M. zware keileem, gemengd met tertiaire leem (oligoceen); daaronder zware, grauwzwart of blauwzwart gekleurde tertiaire leem (oligoceen).

In het keileem komen hier en daar nesten of aderen van een grijs zand voor (soms geel gekleurd) en met gele aderen. Het vertoont plaatselijk overblijfselen van planten. Dikwijls zijn deze omgeven door een laagje door vrij ijzerhydroxyde sterk bruinrood gekleurd leem.
(Het oligocene leem vertoont evenals het keileem vlekken en aderen als gevolg van eene plaatselijk afscheiding van


WINTERSWIJK
Tuenter Veld
Westdorp buurt
Huppelsche Veld
Oostdorpbuurt
Station
De Krim
Geelink
Pannenbakkerij de Vijf
Molenveld
Spoorweg
Wevers
Buskers
Plantenkamp
Stamerdink
Brinkheurne
Brinkheurnsche Veld
Groote Veld
Friese
Hoffenkamp
Kotten
Mister Mark
Linkum
Het Huurntje
Dambos
Het Woold
Kottensche Veld
Blekkink
Blekkink Veen
Kottensche Veen
Woldsche Veen
Kulve
Kulverheide
Woldsche Veld

vrij ijzerhydroxyde. Het wordt op overeenkomstige wijze hier en daar door zandaderen onderbroken.)

Deze boringen op zich zelf zijn veel te gering in aantal om ook slechts bij benadering te kunnen uitwijzen op welke plaatsen de keileemafzettingen in de gemeente Winterswijk aan of even onder de oppervlakte gelegen zijn. Inlichtingen, bij verschillende bevoegden ingewonnen, maken het evenwel waarschijnlijk, dat men niet moeilijk bereikbare banken zal vinden in die gebieden, welke op het schetskaartje door arseering zijn aangegeven. Gemiddeld zal men het leem daar ter plaatse waarschijnlijk niet dieper dan 0,5 M. onder de oppervlakte aantreffen, waarbij kunstmatig opgehoogde terreinen natuurlijk zijn uit te zonderen. Uiteraard heeft men hier slechts met vage aanduidingen te doen, die door systematisch agrogeologisch onderzoek moeten worden aangevuld of gecorrigeerd.

De omstreken van Winterswijk zijn, als van den geheelen Achterhoek, gekenmerkt door zacht heuvelachtige terreinvormingen, waarover reeds in het eerste hoofdstuk met een enkel woord is gesproken (blz. 58 en 65). De hoogere deelen, „esschen", resten van dergelijke hooge heuvels, als nog in Twente en op de Veluwe worden aangetroffen en door J. van Baren tot het zoogenaamde „hoogterras" gerekend worden, bestaan uit fijn zand, doch dragen aan de hellingen dikwijls keileemlagen. Zij zijn meestentijds tot bouwlanden ingericht. Duidelijk blijkt op sommige plaatsen, hoe eeuwenlange plaggenbemesting de natuurlijke hoogte van den bodem nog is te hulp gekomen; op de grenslijnen der akkers is soms een stijging van de helling waar te nemen, die moeilijk tot een natuurlijke terreinvorming kan behooren. Bij een paar boringen bleek dan ook het zand tot op ongeveer 1 M. diepte humeus („zwarte aarde"). De laagten, waar het keileem de overheerschende grondsoort is en gelegen tusschen de genoemde esschen, dragen meestal bosch, het zij loof- of naaldhout, of soms nog heide; de landbouwer maakte er hier en daar weiland van.

Het verschil in hoogte tusschen de esschen en hunne omgeving heeft het gevolg, dat men op de eersten het grondwater aanmerkelijk dieper onder de oppervlakte vindt dan in de laagten. Bedenkt men nu nog, dat hier het keileem vaak aan de oppervlakte ligt, of dicht daaronder en het wegens zijn geringe doorlatendheid voor water het regenwater zeer moeilijk opneemt, dan is het begrijpelijk, waarom deze plaatsen zoo weinig tot bouwgrond worden gekozen. In het najaar en den winter vooral, doch ook in natte zomers verkeeren deze keileemlaagten vaak in zoodanig drassigen toestand, dat er geen gewas goed groeien kan, in geen geval althans een wintergewas. Wanneer men nu niet beschikt over een goed stelsel van afwatering, zooals helaas van de hierbedoelde streken gezegd moet worden, kan ook moeilijk van eene doeltreffende ontwatering der lagere gronden sprake zijn en kan het geen verwondering wekken, dat juist deze gronden, welke

door de aanwezigheid van het keileem tot de allerbeste bouwlanden waren te maken, gedoemd zijn een meer en dikwijls zelfs zeer ondergeschikte rol in de cultuur te vervullen. Men treft op verschillende plaatsen keileem aan met armzalige dennenboschjes en povere loofhoutbebosschingen, waarvan bij eene voldoende ontwatering naast eene oordeelkundige bewerking, de beste bouwgronden te maken zouden zijn, natuurlijk bij eene aanvankelijke opoffering van veel moeite en groote sommen.

De afwatering is naar mijne meening eene aangelegenheid, die afdoende geregeld dient te worden alvorens in landbouwkundig opzicht iets van deze keileemvelden is te verwachten. Men hoede zich dus voor te vroegtijdig ingrijpen en neme slechts daar proeven, waar door toevallig gunstige omstandigheden minder van het watereuvel te vreezen is of dit gemakkelijk is te verhelpen.

Uit bovenstaande waarnemingen is gebleken, dat het keileem in de omgeving van Winterswijk een veelvuldig voorkomende grondsoort is en dat het in den regel niet te diep schijnt te liggen om bij overigens gunstige omstandigheden voor eene exploitatie ten behoeve van de cultuur, in het bijzonder van den landbouw, in aanmerking te komen.

Waarin kan nu eene dergelijke exploitatie bestaan?

Er laten zich daarbij blijkbaar drie gevallen onderscheiden.

Geval I. Het keileem ligt onder eene laag zand van niet te groote dikte en men stelt zich voor het door diepbewerking van den bodem in de bouwkruin te brengen.

Geval II. Het keileem ligt aan de oppervlakte, doch is te vet en stug om als cultuurbodem in aanmerking te komen en eene vermenging met zand blijkt onvermijdelijk.

Geval III. Het keileem wordt gebruikt ter verbetering van enkel zandgrond en daar bovenop gebracht.

Geval I.

Hier kan bij den hedendaagschen stand van onze grondverbeteringstechniek alleen sprake zijn van exploitatie, wanneer de zandlaag niet dikker is dan 0,5—0,75 M. De stoomploeg zelfs bereikt in de gunstigste gevallen op het oogenblik eene diepte van niet meer dan 0,75 M. Alleen door spitten zou men dieper kunnen gaan, doch aan die bewerking zijn meestal practische bezwaren verbonden. Men houde echter in het oog, dat bij de steeds voortschrijdende ontwikkeling der landbouwtechniek de mogelijkheid niet is uitgesloten, dat we binnenkort of te eeniger tijd zullen beschikken over methoden om het materiaal der nog diepere lagen op de hier bedoelde wijze voor de cultuur toegankelijk te maken. Niet in alle gevallen zullen de resultaten eener dergelijke bewerking gelijkwaardig zijn. Een zandgrond, die in uitstekenden bemestingstoestand verkeert, zal na de diep-

bewerking eene geringere verhooging van productiviteit vertoonen dan een arme grond. Ieder geval moet op zich zelf beschouwd en overwogen worden. Ook dient de ligging van het keileem door een voldoend aantal boringen nauwkeurig van plaats tot plaats te worden vastgesteld. Het viel mij op, hoe soms vlak bij elkaar op plaatsen de diepte, waarop men het leem vindt, zeer sterk varieert. Dit is een gevolg van de sterke golvingen, die de leemlaag meermalen vertoont. Op sommige plaatsen scheen hij geheel verwrongen of zelfs uiteengescheurd. Dergelijke onregelmatigheden in de ligging neemt men het duidelijkst in de leemgroeven waar.

Het keileem van Winterswijk schijnt zeer dikwijls op tertiaire leem of klei te rusten. Waar dus de leemlaag slechts een enkelen decimeter dikte bezit, zal men bij diepbewerking ook dit laatste aansnijden en in de bouwkruin overbrengen.

Geval II.

Men stuit hier direct op de vraag, welk zand bij voorkeur bij het bezanden gebruikt moet worden. In vele gevallen zal de keuze niet zwaar vallen. Daar n.l. waar de hoogere „esch" niet te ver af ligt, neme men van zijn dikke laag teelaarde een gedeelte weg en brenge dat op het keileem. Er blijft dan altijd nog voldoende bouwaarde over en men zal geen gevaar loopen de esch minderwaardig te maken. Bovendien heeft men hier een tweeledig voordeel niet uit het oog te verliezen.

Vooreerst brengt men zoo op het meestal humusarme keileem eene laag goed humeuse teelaarde. In de tweede plaats wordt het hoogteverschil tusschen esch en den lageren keileemgrond, ook al is het maar zeer weinig, verminderd, wat op den vochtigheidstoestand zoowel van de esch als van het lagere gebied niet anders dan in gunstige richting werken kan.

Het zal in het algemeen aan te bevelen zijn de aarde niet in eenmaal over het leem te brengen maar in verschillende porties en daarna telkens onder te werken.

Geval III.

Dit zou gelijktijdig met geval II toepassing kunnen vinden; men kan n.l. ook keileem uit de laagten op den naburigen esch overbrengen. In andere gevallen, waarbij het leem niet in de nabijheid aan de oppervlakte ligt, kan men het door het graven eener diepe groeve op de plaats zelve uit den ondergrond opdelven. Dergelijke bewerkingen zijn uiteraard zeer tijdroovend en kostbaar.

In elk der drie gevallen is het zaak voor eene goede vermenging der beide grondsoorten zorg te dragen. Men wachte bij voorkeur alvorens in te grijpen met eg of anderszins, totdat de leem-

schollen door droogte eenmaal goed aan het scheuren, brokkelen en uiteengevallen zijn, wat in gunstige gevallen reeds na een paar dagen plaats grijpt; de grootere klompen kloppe men vervolgens fijn en verdeele het leem zoo gelijkmatig mogelijk door het zand.

Men onderzoeke dan, hoe het met den kalkvoorraad van den nieuwen cultuurbodem staat. Het keileem zelf is zeer kalkarm en wanneer dus het aanwezige of opgebrachte zand niet zeer kalkrijk is, zouden zich de gevolgen van kalkgebrek reeds spoedig kunnen doen gevoelen; bovendien zal eene flinke mergeling er niet weinig toe bijdragen den leemgrond een meer gunstige structuur te verleenen.

Ook dient op de aanwezigheid van humusstoffen te worden gelet. Het keileem is in den regel ook daaraan niet rijk. Men geve althans in de eerste jaren veel stalmest, of bij gebreke van voldoende hoeveelheden daarvan desnoods nu en dan wat plaggen. Lupinengroenbemesting zal ook in dezen zin gunstig werken. Dan zal verder een zeer krachtige phosphorzuurbemesting noodig zijn. Zooals bij onze meeste, zoo niet alle diluviale gronden, het geval schijnt te zijn, is een laag gehalte aan phosphorzuur ook een gebrek van het keileem ($\pm$ 0,03 %). Het beste middel dit euvel te bestrijden, lijken mij, in afwijking van hetgeen gewoonlijk op kleiachtige gronden geschiedt, zeer zware thomasphosphaatbemestingen. Deze meststof heeft tevens het groote voordeel, dat het kalk bevat en dus ook aan een eventueel kalkgebrek tegemoet komt.

De kalivoorraad van den nieuwen bodem zal in de eerste jaren waarschijnlijk eene kalibemesting onnoodig maken, althans, wanneer voldoende kalk gegeven wordt, hetwelk, gelijk bekend is, de kali gemakkelijker opneembaar maakt. Keileem is blijkens de analysen in het vorige hoofdstuk bij uitstek een kaligrond en heeft zijn natuurlijke vruchtbaarheid, afgezien nog van physische factoren, aan zijn kalirijkdom te danken. De verrassende resultaten, die de boschbouwer hier en daar met kleine kalkgaven op keileemgronden heeft bereikt, zullen behalve aan den directen invloed van de kalk, zoowel physisch als chemisch, ook aan de verhooging van de assimileerbaarheid der kali zijn toe te schrijven.

De landbouwer, die zijn zandgrond op een der drie hier besproken wijzen met keileem verwerkt, verandert dien in eene soort klei- of zavelgrond en zal alle voordeelen genieten, die in het algemeene een dergelijke bodem heeft boven enkel zand. Zij bestaan behalve in een van nature grooteren voorraad mineraal plantenvoedsel in een veel sterker absorptievermogen in den ruimsten zin, vooreerst bijvoorbeeld voor water. Dit wordt in aanmerkelijk grooter hoeveelheden vastgehouden door de colloidale deelen van het leem, dan door enkel zandkorrels en er ook veel moeilijker door afgestaan; ook in de droogste tijden kan bij oordeel-

kundige behandeling voor de vegetatie nog vocht beschikbaar blijven.

Verder wordt het absorbeerend vermogen voor plantenvoedsel, kali phosphorzuur stikstof (als ammoniak en in analoge vormen) er in hooge mate door verhoogd en bestaat veel minder gevaar voor wegspoeling en wegzakken van in koolzuurhoudend water oplosbare voedingsstoffen naar den ondergrond, vooral wanneer ze in een in water oplosbaren vorm zijn toegediend.

Onnoodig is het verder bij dergelijke alom bekende questies stil te staan.

Bij deze besprekingen was het zaak zoo algemeen mogelijk te blijven. Aan belanghebbenden wordt het overgelaten in ieder bijzonder geval te handelen naar eigen inzicht.

Ten slotte kan ik hier ter plaatse reeds een geval vermelden, dat het keileem ter verbetering van een stuk lichten zandgrond is gebruikt ook in de omgeving van Winterswijk en wel volgens ons geval III.

De heer N., een bekwaam landbouwer uit Winterswijk, deelde mij namelijk mede, hoe hij in den zomer van 1908 bij het maken van eene afvoersloot op „gele leem" (keileem) stuitte; daar zijn bouwland er niet te ver van verwijderd lag, besloot hij het leem op den akker, een lichten zandgrond, te brengen. Nadat hij het leem er ter dikte van ongeveer 2 c.M. en zoo gelijkmatig mogelijk opgebracht had en uiteengewerkt, liet hij het in dien toestand eenigen tijd rusten, aan zon, wind, regen overlatende het verder te bewerken. Verder in het najaar bemestte hij dit stuk land, zoowel het beleemde als een nog onbeleemd deel met thomasphosphaat en kaïniet.

Toen in het voorjaar alles ondergeploegd was, bezaaide hij het bouwland gedeeltelijk met erwten, gedeeltelijk met haver en wikken, zoowel het beleemde als het onbeleemde stuk.

Het resultaat was, dat de erwten- en wikkenopbrengst op het beleemde stuk grooter was dan op het niet beleemde; aan de haver was geen verschil te zien. Na het oogsten der erwten en wikken beplantte hij het bouwland met knolrapen; ook deze brachten op het beleemde stuk meer op dan op het niet beleemde.

Aan het slot van deze mededeeling is het mij eene aangename taak met een kort woord mijne erkentelijkheid te betuigen, voor-eerst aan Dr. D. J. Hissink, directeur van het proefstation, voor de wijze waarop hij mij in de gelegenheid stelde dit onderzoek te voltooien.

Ook den heer J. van Baren, docent in de geologie te Wageningen, ben ik veel verplicht; met groote bereidwilligheid stelde hij zijne private bibliotheek ter beschikking, waardoor het mij mogelijk was vaak moeilijk bereikbare litteratuur ter inzage te

krijgen; bij het onderzoek te velde stond hij zijn eigen instrumenten in bruikleen af.

Den heer P. Huffnagel Pz. districtsgeoloog voor Oost-Nederland, zeg ik mijn hartelijken dank voor zijne vele en nuttige inlichtingen, mij bij het onderzoek te velde verstrekt.

Zeer aangenaam was het mij in het gezelschap en met de welwillende hulp van Mr. A. Th. ten Houten te Winterswijk de grondboringen te kunnen uitvoeren.

Wageningen, Mei 1910.

TABEL I.

Grauw Keileem I.

	Ontleed door kokend zoutzuur 1,19 s. g. in 2 uur (silicaat (humaat) complex: A).		α Idem voor de 2e maal.		β Idem voor de 3e maal.		γ Ontleed door warm geconcentreerd zwavelzuur in 2 uur.		α + β + γ.		Silicaat complex: B, volgens analyse II.	
	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.
SiO_2	18,50	3,59	1,09	2,5	2,53	2,2	3,79	2,14	7,41	2,22	7,69	2,12
Al_2O_3	8,75	1	0,75	1	1,03	1	2,99	1	5,67	1	6,15	1
Fe_2O_3	5,38	0,39	0,18	0,16	0,11	0,04	spoor	—	—	—	0,41	0,042

Rood Keileem.

	Ontleed door kokend zoutzuur 1,19 s. g. in 2 uur (silicaat (humaat) complex: A).		α Idem voor de 2e maal.		β Idem voor de 3e maal.		γ Ontleed door warm geconcentreerd zwavelzuur in 2 uur.		α + β + γ.		Silicaat complex: B, volgens analyse II.	
	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols. op 1 mol Al_2O_3.
SiO_2	5,90	3,33	0,80	2,7	0,23	2,9	1,32	3,15	3,35	2,91	3,17	2,80
Al_2O_3	3,03	1	0,51	1	0,73	1	0,71	1	1,95	1	1,92	1
Fe_2O_3	2,49	0,54	0,07	0,09	0,075	0,07	spoor	—	—	—	0,23	0,077

TABEL II.

Gehalte aan hygroscopisch water. [1])

	Grauw keileem I.		Rood keileem.	
Van het oorspronkelijk leem		6,48 %		2,28 %
Van het complex B + onverweerde mineraalfragmenten.	5,446 gr. 5,400 „ 0,046 gr. :	0,46 %	8,311 gr. 8,300 „ 0,011 gr. :	0,11 %
Derhalve: van het silicaathum. complex: A.		6,02 %		2,17 %
Van het mengsel der onverweerde mineraalfragmenten.	3,741 gr. 3,739 „ 0,002 gr. :	0,02 %	7,697 gr. 7,695 „ 0,002 gr. :	0,02 %
Derhalve: van het silicaatcomplex B.		0,44 %		0,09 %
Van de complexen A + B.		6,46 %		2,26 %

Gehalte aan hygroscopisch water in procenten van het betreffende complex.

	Grauw keileem I.	Rood keileem.
Silicaat-humaat complex A.	$\frac{100}{38,83} \times 6,02 = 15,5\,\%$ anal. II.	$\frac{100}{14,55} \times 2,17 = 14,9\,\%$ anal. I.
Silicaatcomplex B.	$\frac{100}{16,97} \times 0,44 = 2,6\,\%$ anal. II.	$\frac{100}{6,02} \times 0,09 = 1,5\,\%$ anal. I.
Complexen: A + B.	$\frac{100}{56,29} \times 6,46 = 11,5\,\%$ anal. I.	$\frac{100}{20,56} \times 2,26 = 11,0\,\%$ anal. I.
Mengsel der onverweerde mineraalfragmenten.	$\frac{100}{37,39} \times 0,02 = 0,05\,\%$ anal. I.	$\frac{100}{7,95} \times 0,02 = 0,03\,\%$ anal. I.

[1]) In procenten van het luchtdroog leem (15° en normale vochtigheidstoestand). Als hygroscopisch water is beschouwd 't geen bij 105° ontwijkt uit dit luchtdroge leem.

TABEL

Grauw Kei

	Ontleed door kokend zoutzuur 1,19 s.g. in 2 uur. Silicaat (-humaat) complex: A.				Ontleed door warm geconcentreerd zwavelzuur in 2½ à 3 uur. Silicaatcomplex: B.			
	Analyse I.		Analyse II.		Analyse I.		Analyse II.	
	%	mols op 1 mol Al_2O_3.	%	mols op 1 mol Al_2O_3.	%	mols op 1 mol Al_2O_3.	%	mols op 1 mol Al_2O_3.
SiO_2	18,14	3,61	18,52	3,58	8,32	2,07	7,69	2,12
Al_2O_3	8,52	1	8,77	1	6,80	1	6,15	1
Fe_2O_3	5,31	0,40	5,48	0,40	0,46	0,043	0,41	0,042
CaO	0,11	0,024	0,12	0,025	0,059	0,016	—	—
MgO	0,57	0,17	0,65	0,19	0,46	0,17	—	—
K_2O	1,01	0,13	1,03	0,13	1,05	0,17	1,01	0,16
Na_2O	0,088	0,017	0,076	0,014	0,052	0,013	—	—
P_2O_5	0,032	0,003	0,034	0,003	—	—	—	—
Som	33,78	—	34,68	—	17,20	—	—	—
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$	31,97	—	32,77	—	15,58	—	14,25	—
	15,58	—	14,25	—	—	—	—	—
idem van A + B .	47,55	—	47,02	—	—	—	—	—
A + B	50,98	Het gehalte aan H_2O der silicaatcomplexen A + B [2]) bedraagt: 4,73 % [1])						
bygrosc. water . .	6,48	„ „ „ „ v. h. silicaatcomplex B „ 1,17 % (anal. II)						
gloeiverlies. . . .	5,31	„ „ „ „ „ „ „ A [2]) „ 3,56 %						
onverweerde min. .	37,39	(A + B) is dus te schrijven: 0,25 Fe_2O_3. 1 Al_2O_3, 2,98 SiO_2. 1,80 H_2O						
	100,16	A „ „ „ „ : 0,40 „ . 1 „ , 3,58 „ . 2,30 „ (kaolien) +						
		B „ „ „ „ : 0,042 „ . 1 „ , 2,13 „ . 1,08 „						

[1]) Berekend op luchtdroog leem (15° en normale vochtigheidstoestand).

[2]) Met inbegrip van het vrije hydratische ijzeroxyde.

III.

leem I.

Ontleed door kokend zoutzuur en warm zwavelzuur (A + B).				Niet ontleend door HClaq en H_2SO_4; ontleed door fluorwaterstofzuur.	Ontleed door HClaq, H_2SO_4 en HFlaq.	Contrôle-analyse. Het oorspronkelijke leem direct met HFlaq behandeld.
Analyse I.		Analyse II.		Analyse I.	Analyse I.	
%	mols op 1 mol Al_2O_3.	%	mols op 1 mol Al_2O_3.	%	%	%
26,46	2,93	26,21	2,98	34,01	61,37	—
15,32	1	14,92	1	1,33	16,65	16,46
5,77	0,24	5,89	0,25	spoor	5,77	5,80
0,17	0,020	—	—	0,06	0,23	0,29
1,03	0,17	—	—	0,09	1,05	1,12
2,06	0,14	2,04	0,15	0,67	2,73	2,58
0,14	0,015	—	—	0,40	0,54	—
0,032	0,002	—	—	—	0,032	—
50,98	—	—	—	37,39	88,37	—

Organische bestanddeelen en sterk gebonden water:

koolstof: 0,31 % [1]; derhalve humus: $0{,}31^2 \times 1{,}724 = 0{,}54$ %

gloeiverlies: 5,31 % stikstof: 0,04 %

humus + stikstof: 0,58 % som: 0,58 %

sterk gebonden *water*: 4,73 %

Humus: 0,54 %; daarin aangenomen 4 % waterstof, overeenkomend met: 0,19 % water. [1]

Elementairanalyse geeft: 4,92 % water.

Afkomstig van de humus: 0,19 %

Sterk gebonden *water*: 4,73 %

TABEL IV.

Grauw Keileem II.

	Ontleed door kokend zoutzuur 1,19 s.g. in 2 uur. Silicaat(-humaat) complex: A.				Ontleed door warm geconc. zwavelzuur in 2½ à 3 uur. Silicaatcomplex: B.				Ontleed door kokend zoutzuur en warm zwavelzuur (A + B).	
	Analyse I.		Analyse II.		Analyse I.		Analyse II.		Analyse I.	
	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.
SiO_2	11,27	3,77	—	—	7,64	2,45	—	—	18,91	3,10
Al_2O_3	5,06	1	11,06	—	5,29	1	—	—	10,35	1
Fe_2O_3	5,52	0,70		—	0,40	0,048	—	—	5,92	0,37
Ca O	0,046	0,017	0,043	—	0,035	0,012	—	—	0,08	0,014
Mg O	0,37	0,19	0,34	—	0,20	0,096	—	—	0,57	0,14
K_2O	0,67	0,14	—	—	0,55	0,12	0,53[2]	—	1,22	0,13
Na_2O	0,018	0,006	—	—	0,066	0,021	—	—	0,084	0,013
P_2O_5	0,030	0,004	—	—	—	—	—	—	0,030	0,002
Som . .	22,98				14,18				37,16	

A + B.	37,16
Hygrosc. water .	5,52
Gloeiverlies . . .	4,19
Onverweerde min.	53,32
	100,19

Organische bestanddeelen en sterk gebonden water.

Koolstof: 0,36[9] % [1]; derhalve humus: 1,724 × 0,36[9] = 0,64 %
Gloeiverlies: 4,19 % stikstof: 0,04 %
Humus + stikstof: 0,68 % som: 0,68 %
Sterk gebonden *water*: 3,51 %.

Humus: 0,64 %; daarin aangenomen 4,15 % waterstof, overeenkomende met 0,24 % water. [1]
Elementair-analyse geeft: 3,75 % water;
Afkomstig v. d. humus: 0,24 %.
Sterk gebonden *water*: 3,51 %.

Het gehalte aan H_2O der silicaatcomplexen A + B [3] bedraagt dus: 3,51 % [1]
(A + B) is dus te schrijven: 0,70 Fe_2O_3. 1 Al_2O_3. 3,10 SiO_2. 1,93 H_2O.

---

[1]) Berekend op luchtdroog leem (15° en normale vochtigheidstoestand).
[2]) Uit dezelfde oplossing als bij analyse I.
[3]) Met inbegrip van het vrije hydratische ijzeroxyde.

TABEL V.

Rood Keileem.

	Ontleed door kokend zoutzuur 1,19 s.g. in 2 uur. Silicaat(-humaat) complex: A.				Ontleed door warm geconc. zwavelzuur in 2½ à 3 uur. Silicaat complex: B.				Ontleed door kokend zoutzuur en warm zwavelzuur (A + B).				Niet ontleed door HClaq en H_2SO_4; ontleed door HFlaq.	Ontleed door HClaq, H_2SO_4 en HFlaq.	Contrôle-analyse. Het oorspronkelijke leem direct met HFlaq behandeld.
	Analyse I.		Analyse II.		Analyse I.		Analyse II.		Analyse I.		Analyse II.		Analyse I.	Analyse I.	
	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	%	%
SiO_2	6,29	3,25	5,92	3,29	3,03	2,82	3,17	2,80	9,32	3,07	2,09	3,08	72,43	81,75	—
Al_2O_3	3,28	1	3,08	1	1,82	1	1,92	1	5,10	1	5,00	1	2,54	7,64	7,48
Fe_2O_3	2,52	0,49	2,50	0,54	0,19	0,067	0,23	0,077	2,71	0,34	2,73	0,35	spoor	2,71	2,80
CaO	0,092	0,051	—	—	0,030	0,030	0,020	0,019	0,12	0,043	—	—	0,10	0,22	0,15
MgO	0,26	0,20	—	—	0,15	0,21	0,13	0,18	0,41	0,21	—	—	0,03	0,44	0,38
K_2O	0,45	0,15	—	—	0,42	0,25	—	—	0,87	0,18	—	—	1,29	2,16	2,05
Na_2O	0,018	0,009	—	—	0,070	0,063	—	—	0,088	0,028	—	—	0,56	0,65	—
P_2O_5	0,030	0,007	—	—	—	—	—	—	0,030	0,004	—	—	—	0,03	—
Som	12,94				5,71								76,95	95,60	
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$	12,09 5,04		11,50 5,32		5,04		5,32								
Idem van A + B	17,13		16,82												

Organische bestanddeelen en sterk gebonden water:

Koolstof : 0,10⁴ % [1]; derhalve humus: 1,724 × 0,10⁴ = 0,18 %
Gloeiverlies : 1,91 %; stikstof: 0,02 %
Humus + stikstof : 0,20 %; som: 0,20 %
Sterk gebonden *water* : 1,71 %.

A + B	18,65
Hygrosc. water	2,28
Gloeiverlies	1,91
Onverweerde min.	76,95
	99,79

Het gehalte aan H_2O der silicaatcomplexen A + B [2] bedraagt: 1,71 % [1]
" " " " van het silicaatcomplex B " : 0,30⁵ % (anal. I)
" " " " " " " A [2] " : 1,40⁵ %
(A + B) is dus te schrijven: 0,34 Fe_2O_3. 1 Al_2O_3. 3,07 SiO_2. 1,90 H^2O (+ basen.)
A " " " " : 0,49 " . 1 " . 3,25 " . 2,43 " (+ " .)
B " " " " : 0,067 " . 1 " . 2,82 " . 0,95 " (+ " .)

[1] Berekend op luchtdroog leem (15 % en normale vochtigheidstoestand).

[2] Met inbegrip van het vrije hydratische ijzeroxyde.

TABEL VI.

Samenstelling van het geheele verweeringsilicaat(-humaat) [1]) (verkregen door behandeling met kokend zoutzuur en warm zwavelzuur).

	Versche zwaardere zeeklei uit het IJ. [2])		Versche lichtere zeeklei uit het Wieringermeer. [2])		Zware rivierklei bij de Kening-Rembang-Java gecultiveerd. [2])		Zware klei bij de Nickerie, dicht bij de zeekust Suriname. Pas in cultuur (cacao).		Löss van den Zijpenberg in Gelderland, onder de bouwkruin.		Löss van de spoorweginsnijding bij Elsloo in Limburg; 3 meter onder de oppervlakte.		Grauw keileem I van Winterswijk (Gelderland).		Grauw keileem II van Winterswijk (Gelderland).		Rood keileem van Gasselte (Drente).	
	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.
SiO_2	18,5	2,7[2]	11,4	3,5	17,54	2,67	31,5	2,4	5,21	3,2	10,64	3,1	28,07	2,95	20,00	3,10	9,38	3,08
Al_2O_3	11,5	1	5,5	1	11,13	1	22,3	1	2,78	1	5,82	1	16,18	1	10,95	1	5,17	1
Fe_2O_3	5,29	0,29	2,0	0,23	5,02	0,29	4,6	0,13	1,55	0,36	3,59	0,39	6,22	0,25	6,28	0,37	2,78	0,35
CaO	0,27	0,043	0,38	0,126	0,94	0,154	0,47	0,04	—	—	—	—	0,19	0,02	0,09	0,014	0,12	0,043
MgO	1,36	0,30	0,95	0,44	0,60	0,137	1,4	0,16	—	—	—	—	1,14	0,17	0,65	0,14	0,41	0,21
K_2O	1,63	0,16	0,67	0,13	0,72	0,070	2,58	0,12	—	—	—	—	2,19	0,14	1,29	0,13	0,89	0,18
Na_2O	0,25	0,036	0,20	0,060	0,49	0,078	0,38	0,03	—	—	—	—	0,145	0,015	0,09	0,013	0,09	0,028

[1]) Het vrije hydratisch ijzeroxyde is hierbij inbegrepen; alle getallen zijn berekend op droge aarde (resp. zwavelzuurdroog of gedroogd bij 105°).
[2]) De hoeveelheden basen, die reeds door verdund azijnzuur in oplossing worden gebracht, zijn hier buiten rekening gelaten.

TABEL VII.

Opgelost (resp. ten deele afgescheiden) door kokend zoutzuur 1,19 s.g. in 2 uur [1]).

	Versche zwaardere zeeklei uit het IJ.	Versche lichtere zeeklei uit het Wieringermeer.	Zware rivierklei bij de Kening Rembang-Java gecultiveerd.	Zware klei bij de Nickerie dicht bij de zeekust Suriname. Pas in cultuur (cacao).	Löss van den Zijpenberg in Gelderland, onder de bouwkruin.	Löss van de spoorwegsnijding bij Elsloo in Limburg; 3 meter onder de oppervlakte.	Grauw keileem I van Winterswijk (Gelderland).	Grauw keileem II van Winterswijk (Gelderland).	Rood keileem van Gasselte. (Drente).
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO_2 . .	11,7	7,2	12,44	21,0	4,28	8,60	19,5[2]	11,9	6,2
Al_2O_3 . .	6,5	2,5	6,9	13.5	2,17	4,14	9,25	5,35	3,25
Fe_2O_3 . .	5,0	1,8	4,82	4,2	1,49	3,40	5,75	5,85	2,56
Ca O. . .	0,23 + (0,27) [2])	0,33 + (0,39)	0,84 + (0,23)	0.45	0,26	0,40	0,13	0,05	0,09
Mg O . .	1,28 + (0,70)	0,85 + (0,25)	0,53 + (0,14)	1,2	0,1	0,1	0,65	0,39	0,27
K_2O. . .	0,97 + (0,11)	0,39 + (0,15)	0,52 + (0,10)	1,1	0,12	0,34	1,09	0,71	0,46
Na_2O . .	0,1 + (0,1)	0,15 + (0,05)	0,41 + (0,07)	0,24	0,1	0,2	0,09	0,02	0,02
P_2O_5 . .	0,13	0,11	0,13	0,10	0,5	0,8	0,085	0,03	0,03

[1]) De gehalten zijn berekend op bij 105° gedroogde aarde bij het keileem; bij de andere gronden op zwavelzuurdroge aarde.

[2]) De tusschen haken geplaatste cijfers geven aan wat in verdund azijnzuur is opgelost.

TABEL VIII.

Opgelost (resp. ten deele afgescheiden) door verwarmd geconcentreerd zwavelzuur [1])

	Versche zwaardere zeeklei uit het IJ.	Versche lichtere zeeklei uit het Wieringermeer.	Zware rivierklei bij de Kening—Rembang—Java gecultiveerd.	Zware klei bij de Nickerie, dicht bij de zeekust Suriname. Pas in cultuur (cacao).	Löss van den Zijpenberg in Gelderland onder de bouwkruin.	Löss van de spoorwegsnijding bij Elsloo in Limburg; 3 meter onder de oppervlakte.	Grauw keileem I van Winterswijk. (Gelderland).	Grauw keileem II van Winterswijk. (Gelderland).	Rood keileem van Gasselte. (Drente).
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO_2 . .	6,76	4.2	5,10	10,5	0,93	2,04	8,55	8,10	3,18
Al_2O_3 . .	5,0	3,0	4,23	8,8	0,61	1,08	6,93	5,60	1,92
Fe_2O_3 . .	0,23	0,19	0,20	0,4	0,06	0,19	0,47	0,43	0,22
Ca O. . .	0,04	0,05	0,10	0,02	—	—	0,064	0,037	0,026
Mg O . .	0,08	0,10	0,07	0,2	—	—	0,49	0,26	0,14
K_2O . .	0,66	0,28	0,21	1,43	—	—	1,10	0,58	0,43
Na_2O . .	0,15	0,05	0,08	0,14	—	—	0,055	0,070	0,072

[1]) De gehalten zijn berekend op bij 105° gedroogde aarde bij het keileem; bij de andere gronden op zwavelzuurdroge aarde.

TABEL IX.

Grauw Keileem I.

Samenstelling van het verweerings-humaat-silicaat A. [Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2] [1]).

Extract [4])	% Fe_2O_3.	% Al_2O_3	% SiO_2.	Mol Fe_2O_3 op 1 mol Al_2O_3.	Mol SiO_2 op 1 mol Al_2O_3.	% Al_2O_3 van het Al_2O_3 van A [8,65 %].
I	0,77 / 0,78 \ 0,78	1,16 / 1,08 \ 1,12	1,12 [2])	0,41	1,70	12,95
II	1,46 / 1,42 \ 1,44	0,92 / 0,84 \ 0,88	0,80 [2])	1,03	1,54	10,2
I + II	2,22	2,00	1,94 / 1,90 \ 1,92	0,71	1,63	23,15
III	1,51	2,24	5,31	0,43	4,0	25,8
IV	0,40	1,24	—	0,23	—	14,35
V	0,26	0,75	—	0,22	—	8,68
IV + V	0,66	1,99	4,65	0,21	4,0	23,0
III + IV + V	2,17	4,23	9,96	0,33	4,0	48,8
I + II + III + IV + V.	4,39	6,23	11,88	0,45	3,2	71,95
Silicaatcomplex A — [I + II + III + IV + V]						
Volgens analyse I . . .	0,92	2,29	6,26	0,26	4,6	26,4
„ „ II . . .	1,09	2,54	6,64	0,27	4,4	29,3
(Zie Tabel III) [3])						

[1]) Alle gehalten zijn uitgedrukt in procenten van het luchtdroog leem (15° en normale vochtigheidstoestand).

[2]) Dit cijfer werd gevonden bij behandeling van een nieuwe hoeveelheid leem op de wijze van I; ter contrôle werd daarbij ook het (Al_2O_3 + Fe_2O_3) bepaald; het bleek thans 1,93 % te zijn en stemt dus zeer goed met bovenstaande analyse; zoodoende is ook het daarbij gevonden SiO_2 gehalte (1,12 %) als juist te beschouwen. Het cijfer 0,80 % SiO_2 der tweede uittrekking is indirect bepaald, door n.l. van het SiO_2 van I + II) dat van I af te trekken.

[3]) Deze cijfers geven dus aan hoeveel meer is ontleed bij het koken met sterk zoutzuur (tabel III) dan bij deze 5 achtereenvolgende extracties. Een groote nauwkeurigheid is daaraan derhalve niet toe te kennen, daar een toevallige opeenstapeling van zeer kleine waarnemingsfouten bij de 5 achtereenvolgende extracties, een zeer merkbaren invloed op deze cijfers kan uitoefenen.

[4]) Deze extracten zijn verkregen door 10 gram leem met 150 c.c. zoutzuur van bepaalde sterkte bij bepaalde temperatuur gedurende 30 minuten te verwarmen onder geregeld doorschudden; de sterkten (soortelijke gewichten) van het zuur en de temperatuur waren bij:

Extract I : 1,035 s.g. — 55°.
„ II : 1,10 s.g. — 55°.
„ III : 1,10 s.g. — 90 à 95°.
„ IV en V : 1,10 s.g. — 90 à 95°.

TABEL X.

Rood Keileem.

Samenstelling van het verweerings-humaat-silicaat A. [Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2] [1]).

EXTRACT [2]).	% Fe_2O_3.	% Al_2O_3.	% SiO_2.	Mol Fe_2O_3 op 1 mol Al_2O_3.	Mol SiO_2 op 1 mol Al_2O_3.	% Al_2O_3 van het Al_2O_3 van A [3,18 %].
I	0,19 / 0,23 } 0,21	0,89 / 0,85 } 0,87	—	0,15	—	27,3
II	0,80 / 0,68 } 0,74	0,51 / 0,63 } 0,57	—	0,83	—	17,9
I + II	0,95	1,44	1,36 / 1,32 } 1,34	0,42	1,58	45,2
III	0,72	0,80	1,97	0,58	4,2	25,2
IV	0,13	0,35	—	0,24	—	11,0
V	0,08	0,19	—	0,27	—	6,0
IV + V	0,21	0,54	1,45	0,23	4,6	17,0
III + IV + V . . .	0,93	1,34	3,42	0,44	4,3	42,2
I + II + III + IV + V.	1,88	2,78	4,76	0,43	2,9	87,4
Silicaatcomplex A — [I + II + III + IV + V]						
Volgens analyse I . .	0,64	0,50	1,53	0,82	(5,2)	15,7
„ „ II . .	0,62	0,30	1,16	1,32	(6,5)	9,45
(Zie tabel V [2]).						

[1]) Alle gehalten zijn uitgedrukt in procenten van het luchtdroog leem (15° in normalen vochtigheidstoestand).

[2]) Deze cijfers geven dus aan hoeveel meer is ontleed bij het koken met sterk zoutzuur (tabel V), dan bij deze 5 achtereenvolgende extracties. Een groote nauwkeurigheid is daaraan derhalve niet toe te kennen, daar een toevallige opeenstapeling van zeer kleine waarnemingsfouten bij de 5 achtereenvolgende extracties, een reeds zeer merkbaren invloed op deze cijfers kan uitoefenen. Daar de gehalten, aldus verkregen, bijzonder laag zijn in verhouding tot mogelijke waarnemingsfouten, is daaraan vóóral bij dit leem weinig waarde te hechten, in het bijzonder wat het moleculair verhoudingsgetal van Al_2O_3 en SiO_2 betreft; hoogstens is daaruit te besluiten, dat het waarschijnlijk hooger is dan 4,5.

[3]) De extracten zijn op volkomen dezelfde wijzen verkregen als aan den voet van Tabel IX is beschreven.

TABEL XI.

Grauw Keileem I (luchtdroog leem).

	Extract I.		Extract II.		Extract I + II.		Complex A [3] (gemiddeld) — (I + II).	
	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.
SiO_2	1,12 [1]	1,7 [1]	0,80 [1]	1,54 [1]	1,92	1,63	16,41	4,2
Al_2O_3	1,12	1	0,88	1	2,00	1	6,65	1
Fe_2O_3	0,78	0,41	1,44	1,03	2,22	0,71	5,18	0,50
CaO	0,07 [2]	0,11	0,02	0,04 [2]	0,09	0,08 [2]	0,03	0,008
MgO	0,05 [1 2]	0,12	0,11	0,32	0,16 [1]	0,21	0,45	0,175
K_2O	0,09 [8] 0,09 [2]	0,09 [2]	0,15	0,19	0,24 [5]	0,13	0,77 [5]	0,12 [5]

Rood Keileem (luchtdroog leem).

	Extract I.		Extract II.		Extract I + II.		Complex A [5] (gemiddeld) — (I + II).	
	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol Al_2O_3.
SiO_2	—	—	—	—	1,34	1,58	4,76	4,6
Al_2O_3	0,37	1	0,57	1	1,44	1	1,74	1
Fe_2O_3	0,21	0,15	0,74	0,83	0,95	0,43	1,56	0,57
CaO	0,05 [4]	0,11	0,02	0,06	0,07	0,08 [3]	0,02 [2]	0,02 [3]
MgO	0,03 [4]	0,09	0,11	0,49	0,14	0,25	0,12	0,17 [3]
K_2O	0,05 [3]	0,07 [2]	0,14	0,27	0,19 [3]	0,15	0,25	0,15 [5]

[1] Zie voor deze cijfers de tweede noot der tabel IX.

[2] Het CaO en MgO zijn bepaald in een opnieuw bereide oplossing, waarin ook het (Al_2O_3 + Fe_2O_3) ter contrôle bepaald werd en met de hier gegeven gehalten overeen stemde.

[3] Zie tabel III.

[4] Deze cijfers zijn iets minder zeker, doordat mij voor deze bepalingen nog slechts eene zeer kleine hoeveelheid aarde ter beschikking stond.

[5] Zie tabel V.

TABEL XII.

Grauw keileem I (luchtdroge aarde).

	K 1.		K 2.		K 1 + K 2.	
	%	Mols op 1 mol. Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol. Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol. Al_2O_3.
SiO_2 . . .	0,385	2,23	2,20	3,15	2,585	2,98
Al_2O_3. . .	0,293	1	1,18	1	1.473	1

Rood keileem (luchtdroge aarde).

	K 1.		K 2.		K 1 + K 2.	
	%	Mols op 1 mol. Al_2O_3	%	Mols op 1 mol. Al_2O_3.	%	Mols op 1 mol. Al_2O_3
SiO_2 . . .	0,240	2.47	1,15	2,45	1,39	2.46
Al_2O_3. . .	0,165	1	0,793	1	0,958	1

TABEL XIII.

Chemische samenstelling van het mengsel der onverweerde mineraalfragmenten van:

1°. Het Grauwe keileem I.

	In % van het oorspronkelijke leem.	In % van het mengsel der onverweerde mineraalfragmenten.	Aantal mols op 1 mol. Al_2O_3.
SiO_2 . . .	34,91 (4,71 + 30,20)	93,2 (12,6 + 80,6)	6 (+ 38,8)
Al_2O_3. . .	1,33	3.6	1
Fe_2O_3 . .	spoor	spoor	—
Ca O . . .	0.06	0,2	0,08
Mg O. . .	0,02	0.2	0,04
K_2O . . .	0,67	1,8	0,54
Na_2O. . .	0,40	1,1	0,50

2°. Het Roode keileem.

	In % van het oorspronkelijke leem.	In % van het mengsel der onverweerde mineraalfragmenten.	Aantal mols op 1 mol. Al_2O_3.
SiO_2 . . .	72,43 (9,00 + 63,43)	94,1 (11,7 + 82,4)	6 (+ 42,3)
Al_2O_3. . .	2,54	3,3	1
Fe_2O_3 . .	spoor	spoor	—
Ca O . . .	0,10	0.13	0,07
Mg O. . .	0,03	0.04	0,03
K_2O . . .	1,29	1.7	0,55
Na_2O. . .	0,56	0,73	0,36

TABEL XIV.

	Grauw keileem I.	Grauw keileem II.	Rood keileem.
Zandgehalte volgens de slibanalyse: Schöne-Ad. Mayer bij 0,5 mM. stroomsnelheid.	21,2 %	41,0 %	69,7 %
Totaal gehalte aan onverweerde mineraalfragmenten.	37,4 %	53,2 %	77,0 %
Derhalve: afgeslibde mineraalfragmenten:	37,4 − 21,2 = 16,2 %	53,2 − 41,0 = 12,2 %	77,0 − 69,7 = 7,3 %
Verhouding van het gehalte aan afgeslibde mineraalfragmenten tot het gehalte aan minerale colloiden:	$\frac{16.2}{55,7} = 0,29$	$\frac{12,2}{40,7} = 0,30$	$\frac{7.3}{20,4} = 0,36$

TABEL XV.

		Grauw keileem I.	Rood keileem.	
Ontleed door verdund zwavelzuur (1 : 5) bij 220° in 6 uur (Thon-bestimmung).	$Si O_2$	26,4 %	9,1 %	
	$Al_2 O_3$	14,8 %	4,8 %	$\frac{6.4}{14,8} = 0,43$
	$Fe_2 O_3$	5,8 %	2,6 %	
Ontleed door kokend zoutzuur 1,15 s. g. in 1 uur „(Nährstoffanalyse)".	$Si O_2$	11,8 %	—,—	
	$Al_2 O_3$	6,4 %	3,0 %	$\frac{3,0}{4,8} = 0,625$
	$Fe_2 O_3$	4,7 %	2,2 %	

TABEL XVI.

Het waterhoudend vermogen.

	Grauw keileem I.	Grauw keileem II.	Rood keileem.
Geabsorbeerd water *in met waterdamp verzadigde atmospheer bij* 15° (berekend op oorspronkelijk leem).	9,1 %	7,1 %	3,1 %
Derhalve: Totaal geabsorbeerd water:	9,1 + 6,5 = 15,6 %	7,1 + 5,5 = 12,6 %	3,1 + 2,3 = 5,4 %
Of berekend op bij 105° gedroogd leem:	16,7 %	13,4 %	5,5 %
Verhouding der hoeveelheden water geabsorbeerd bij maximalen en normalen vochtigheidstoestand bij 15°.	$\frac{15,6}{6,5} = 2,4$	$\frac{12,6}{5,5} = 2,3$	$\frac{5,4}{2,3} = 2,35$
Verhouding van het maximale geabsorteerde water tot het gehalte aan colloiden.	$\frac{15,6}{56,3} = 0,28$	$\frac{12,6}{41,4} = 0,30$	$\frac{5,4}{20,6} = 0,26$

TABEL XVII.

De watercapaciteit.

	Grauw keileem I.	Grauw keileem II.	Rood keileem.
a berekend op bij 105° gedroogd leem.	82,0 %	80,0 %	—
b. berekend op luchtdroog leem (15°).	76,5 %	75,5 %	—

Ueber den Geschiebelehm im Niederländischen Diluvium.

Geschiebelehm, der bekannte diluviale Lehmboden, das „Till" oder „Boulder-Clay" von England, kommt auch im niederländischen Diluvium in beträchtlichem Umfang vor, jedoch nur östlich des IJsels und nördlich des Rheins. Man findet ihn hier entweder unmittelbar an der Oberfläche oder mit einer mehr oder weniger dicken Sandschicht bedeckt, in Form von aus mehr oder weniger zusammenhängenden Bänken gebildeten Inseln. Für Land- und Forstwirtschaft hat er dort meistens bedeutenden Wert; die schönsten Laubholzwälder und fruchtbarsten Äcker und Wiesen findet man im „Oosthoek van Gelderland" und in „Twente" oft auf Geschiebelehm.

Im grossen und ganzen lässt sich der Geschiebelehm im niederländischen Diluvium in drei Arten unterscheiden. Erstens findet man einen oft fetten, *grauen* Lehm mit gelblich-roten Flecken und Adern von abgeschiedenem hydratischem Eisenoxyel in den östlichen Teilen der Provinzen Gelderland, Overijsel und Drente; weiter auch in W. Drente und in S. W. Friesland. Er bildet im allgemeinen einen fruchtbaren aber subtilen Boden, der nur in kompetenten Händen zur volligen Produktionsfähigkeit gebracht werden kann, besonders was der Forstwirtschaft anbelangt.

Ein zweiter Geschiebelehm ist der *rote*, der z. B. auf den höchsten Teilen des „Hondsrug" in Drente gefunden wird und dort einen guten Waldboden bildet; auch in W. Drente und in S. W. Friesland kommt der rote Geschiebelehm vor.

Als dritte Art nennen wir den sterilen, *weissen* Geschiebelehm der Provinz Drente, wahrscheinlich derselbe Bodenart, der von Ramann „Heidelehm" genannt worden ist und fast nicht in rentable Kultur gebracht werden zu können scheint.

Bekanntlich ist der Geschiebelehm als Grundmoräne eines ehemaligen Baltischen Landeises zu betrachten, welches auch einen grossen Teil des heutigen niederländischen Diluvium bedeckt haben muss. Dr. J. Lorié hat denselben zuerst als Grundmoräne erkannt. Während nach diesem und auch nach Dr. H. van Cappelle das niederländische Diluvium nur einmal mit Landeis bedeckt war, soll dies nach J. van Baren zweimal der Fall gewesen sein [1]). Der graue und der weisse Geschiebelehm sollten aus der letzten, der rote aus der ersten Eiszeit herstammen [2]) An einigen Orten z. B. bei Vollenhove und in S. W. Friesland wird bisweilen grauer G. lehm auf rotem angetroffen.

Wie im norddeutschen Flachlande lassen sich die Gegenden, wo der jüngere G. lehm der vorherrschende Bodenart ist, wahrscheinlich

---

[1]) Die zweite Eisbedeckung soll weniger Ausdehnung gehabt haben als die erste.
[2]) Ausser dem roten G. lehm betrachtet J. van Baren auch die stellenweise in der „Veluwe" auftretenden *roten Sande* als Reste eines G lehmes der ersten Eiszeit.

ich bisjetzt habe sehen können, sind diese nur amorpher Natur und konnten keine krystallinischen doppelbrechenden Lamellen unterscheiden werden, es sei denn, dass sie aus den ursprünglichen Silikaten der hauptsächlich nordischen Gesteine als Pseudomorphosen, also durch unmittelbare Verwitterung entstanden, oder im Laufe der Zeiten durch seculäre Verwitterung aufs neue aus amorphen Verwitterungsprodukten gebildet worden sind. Es liess sich also auch hier ein V. S. erwarten, welches hauptsächlich zusammengesetzt ist aus kolloidalen Silikaten verschiedener Zusammensetzung, in welcher die Komponenten nicht im Verhältnis ihrer Aequivalente aufzutreten brauchen. Teilweise sind diese Silikate als eine Art Absorptionsverbindungen zu betrachten über deren Bildung und Charakter J. M. van Bemmelen zuerst volles Licht verbreitet hat, zum Teil sind es schwerer zersetzbare Verbindungen von denen noch nicht entschieden ist ob sie als sehr consistente Absorptionsverbindungen oder vielleicht als wahre chemische Verbindungen in kolloïdalem Zustande zu betrachten sind.

Durch Behandlung mit Salzsäure und nachher mit Schwefelsäure, indem der jedesmal abgeschiedene Kieselsäure-gel in verdünnte Kalilauge aufgenommen wurde, liess sich das V. S. zuerst in zwei Complexe trennen. Es zeigte sich aber auch hier, dass diese Trennung nur eine annähernde ist; untersucht wurde in welchem Masze der durch Schwefelsäure zersetzbare Complex B [1]) auch schon durch Salzsäure zersetzt wird (Tabelle I). Die absoluten, so wie die relativen Mengen der beiden Complexe sind bei den drei Mustern sehr verschieden; für das Verhältnis: B: A (nämlich des Al_2O_3 derselben) findet man:

beim grauen G. Lehm I: 1:2,85,
„ „ „ „ II: 1:0,96,
„ roten „ „ :1:1,70.

Der Complex A (Verwitterungssilikat-humat, kolloidales hydratisches Eisenoxyd).

Dieser bildet den wichtigsten Teil des V. S's; er ist der Sitz des nahezu ganzen Absorptionsvermögens; z. B. wurde bewiesen, dass die Lehme ihr Absorptionsvermögen für Wasserdampf fast ganz einbüssen nach dem Auszuge mit siedender Salzsäure.

Die chemische Zusammensetzung des Complexes A zeigt bei den drei Mustern nur kleine Unterschiede (siehe die Tabellen III, IV und V); die Molecularverhältniszahlen des Al_2O_3 zum SiO_2 sind resp. 1:3,6, 1:3,8 und 1:3,3. Die alkalinischen Basen sind in nahezu gleichen Mengen vorhanden, während der graue G.-lehm II besonders reich an Eisenoxyd ist; auffallend ist die Kalkarmut, dagegen sind Magnesia und Kali reichlich vorhanden. Um diese

[1]) Van Bemmelen hat den durch Salzsäure zersetzbaren Complex: A, den durch Schwefelsäure zersetzbaren: B genannt.

in zwei Typen unterscheiden, nämlich in „flachen- und kuppigen Grundmoränenlandschaften". Für W. Drente hat Dr. H. van Cappelle diesen Unterschied in Typus deutlich demonstrieren können.

Die Wichtigkeit der G. lehms fur die Kultur, veranlasste mich zu einer ziemlich eingehenden Untersuchung desselben. Uberdies war auch vom Standpunkte der allgemeinen Bodenkunde ein ausgedehntes Studium dieses typischen Bodens erwünscht, hauptsächlich mit Rücksicht auf das Verwitterungssilikat desselben (die analytischen Ergebnisse findet man in den Tabellen I—XVII des Originals).

Zur Untersuchung gelangten zwei Muster grauen (I und II) und ein Muster roten G. lehms. Der graue G. lehm I stammt aus der Mitte einer ± 7 dM. dicken Bank aus der Umgegend von Winterswijk her, die in keiner Weise kultiviert worden ist; das Muster II wurde genommen unter einem kleinen Wald von Pinus Silvestris bei Winterswijk aus den obern Teilen der Bank und ist also in Kultur gewesen, während das Muster roten G-lehms vom „Hondsrug" bei Gasselte in Drente herstammt und ebenfalls in keiner Weise kultiviert worden ist.

Das Muster grauen (I) und roten G-lehms sind am ausführlichsten untersucht worden, weil anzunehmen war, dass in diesen ganz intakt gebliebenen Ablagerungen die typischen Eigenschaften wahrscheinlich am reinsten hervortreten würden.

Die Muster enthielten keine Carbonate von Kalk und Magnesia und reagierten schwach sauer gegen Lakmoïd; die Ursache hat man in geringen Mengen Humussäuren zu suchen. Die Humusgehalte nach Wolff, betrugen resp. 0,54, 0,64 und 0,18 %; damit hängen auch die geringen Stickstoffgehalte (0,04, 0,04 und 0,02 %) zusammen.

Der Complex der Verwitterungssilikate, Humate und des freien oder sehr schwach absorptiv gebundenen hydratischen Eisenoxyds [1]), der wichtigste Constituent, ist ziemlich eingehend untersucht worden. Der minerale Complex ist dabei nicht quantitativ von den Humaten zu trennen, weder mechanisch, noch chemisch, weil nicht genau zu entscheiden ist, welcher Teil der Basen dem Humat und welcher dem Silikat angehört. Die Humaten sind aber in derartig geringen Mengen vorhanden, dass sie im Folgenden vernachlässigt werden können.

Wie beim frisschen alluvialen Meereston der gemässigten Zonen und der Tropen, wie auch beim diluvialen Löss, ist das V. S. auch hier aus vielen verschiedenen Körpern zusammengesetzt. So weit

---

[1]) Fernerhin werden wir die mineralen Komponenten des Complexes zusammen mit V. S. bezeichnen.

Zahlen mit den jenigen, welche von J. M. van Bemmelen, bei andern Bodentypen gefunden worden sind, vergleichen zu können, habe ich die Zusammensetzungen der Complexe A der letzteren ebenfalls in Mols umgerechnet (seite 90 und 91 des Originals).

Der Complex A liess sich durch Behandlung der Erden mit Säuren verschiedener Concentrationen bei verschiedenen Temperaturen und Einwirkungsdauer in mehrere Teile trennen (Tabellen IX, X und XI). Eine Untersuchung in diesem Sinne schien mir wichtig, weil sie die principielle Frage berührt, ob diese relativ alten und also lange den Verwitterungseinflüssen ausgesetzten Bodenarten in den Verwitterungssilikaten Unterschiede zeigen von den bis jetzt untersuchten sehr jungen alluvialen Bildungen. Bei letztern hatten die verschiedenen Auszüge mit Salzsäure fast dieselbe Molecularverhältniszahl für Al_2O_3 und SiO_2 ergeben, nämlich die des ganzen Complexes A; eine Ausnahme machte eine Art schweren Tons aus Surinam, bei welchem der erste Auszug mit verdünnter Säure viel mehr Al_2O_3 in Verhältnis zum SiO_2 in Lösung brachte als bei den folgenden Auszügen.

Die Gleichmäszigkeit der chemischen Zusammensetzung des Complexes A könnte nach J. M. van Bemmelen damit zusammenhangen, dass bei allen die Bodenteilchen von dem ursprünglichen Verwitterungsort weit fortgeführt und nach ihrem spez. Gewicht abgelagert sind.

Ausser dem grössern Alter des G. lehms den alluvialen Tonböden gegenüber, ist er nicht aus Wasser abgelagert sondern durch eine schmelzende Eismasse in deren tiefern Schichten er absorbiert war. Je nachdem das Eis schmolz concentrierte sich die schlammige Masse ohne niederzuschlagen oder etwa schwebend zu bleiben und bildete schliesslich eine Bank; von einer Trennung nach spez. Gewichten war also keine Rede, weder was die als Lehm, Sand und Kies zu unterscheidenden Teile, als auch die des eigentlichen Lehmes, also des Verwitterungssilikatencomplexes, selber betrifft.

Die chemische Analyse hat gezeigt, dass wirklich das V. S. des G. lehms weniger homogen zusammengesetzt ist als dasjenige der bis jetzt von van Bemmelen untersuchten niederländischen Bodenarten. Beim grauen G. lehm so wie beim roten enthält A einen ziemlich SiO_2-armen, leicht zersetzbaren und einen SiO_2-reichen, weniger leicht zersetzbaren Complex; diese beiden Teile scheinen an sich ziemlich gleichmäszig zusammengesetzt zu sein.

Die Zusammensetzung des leicht zersetzbaren, basischen Complexes [1]) ist:

[1]) Es ist derjenige Teil des V.S's, der bei zwei aufeinander folgenden Auszügen mit Salzsäure resp. von spez. Gew. 1,085 bei 55° während 30', und von spez. Gew 1.10 bei 55° während 30' zersetzt wird. Diese beiden Auszügen wurden auch gesondert analysiert (siehe das Original s. 95 und die Tabelle XI).

0,71 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 1,63 SiO_2 (0,082 CaO . 0,21 MgO . 0,13 K_2O . — Na_2O)

beim grauen G. Lehm I,

und: 0,43 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 1,58 SiO_2 (0,088 CaO . 0,25 MgO . 0,15 K_2O . — Na_2O)

beim roten G. Lehm.

Diejenige des schwerer zersetzbaren, SiO_2-reichen Complexes ist:

0,50 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 4,2 SiO_2 (0,008 CaO . 0,175 MgO . (0,126 K_2O . — Na_2O)

beim grauen G. Lehm I,

und: 0,57 Fe_2O_3 . 1 Al_2O_3 . 4,6 SiO_2 (0,023 CaO . 0,176 MgO 0,156 K_2O . — Na_2O)

beim roten G. Lehm.

Indessen ist noch nicht zu entscheiden ob dieser Unterschied auf die spezifische glaciale Bildungsweise zurückgeführt werden muss, oder auf die beträchtlich längere Verwitterungsdauer oder vielleicht auf beides. Die gleichfalls nicht homogene chemische Zusammensetzung des V. S's des obengenannten schweren Tons aus Surinam zeigt aber auch wie durchaus fraglich der Zusammenhang fluviatiler (und zum Teil mariner) Bildungsweisen mit dem grössern oder kleinern Grade dieser Gleichmäszigkeit in chemischer Zusammensetzung ist.

Den SiO_2-reichern Complex habe ich weiter in noch 3 Teile getrennt, in welchen die Molecularverhältniszahl des Al_2O_3 und SiO_2 resp. 1 : 4,0, 1 : 4,0 und 1 : ± 4,5 (beim grauen G. Lehm I) und: 1 : 4,2, 1 : 4,6 und 1 : > 4,6 (?) (beim roten G. Lehm) betrug (Tabellen IX und X).

Der basische Complex (1 : 1,6) bildet beim grauen G. Lehm I kaum $^1/_4$ des V.S's A, dagegen beim roten G. Lehm fast die Hälfte; jedoch sind die Zusammensetzungen derselben nahezu gleich, auch in Betreff der alkalinischen Basen.

Das leicht lösliche Eisenoxyd (welches sich gleichzeitig bei diesen Auszügen löste) ist zum Teil frei oder sehr schwach absorptiv gebunden im basischen Complex; es ist aber nicht möglich, diese Mengen auch nur annähernd zu bestimmen. Die gelbliche, resp. rote Farbe ist nach den ersten zwei Auszügen (bei welchen der basische Complex zersetzt wird) noch nicht verschwunden; erst nach einem dritten Auszug [1]) zeigte sich der ungelöste Teil ganz grau. Auch das beim SiO_2-reichern Complex gefundene Eisenoxyd ist also noch zum Teil schwach absorptiv gebunden; bei den weitern Auszügen gelangt nur starker absorptiv oder sogar vielleicht wirklich chemisch gebundenes Eisenoxyd zur Lösung (Tabellen IX und X).

Merkwürdig ist, dass die Reihe der Molecularverhältniszahlen des

---

[1]) Mit Salzsäure von spez. Gew. 1,10 bei 90° à 95° während 30'.

Fe_2O_3 und Al_2O_3 bei beiden Lehmböden ein Maximum zeigt bei dem zweiten Auszug. In den bis jetzt von van Bemmelen untersuchten niederländischen Bodentypen wurde das Maximum immer beim ersten Auszuge gefunden, nur bei den tropischen Padasböden hat er auch ein Maximum beim zweiten Auszug beobachtet. Die Ursache der Abweichung liegt in diesen Fällen in dem Vorhandensein von ziemlich viel leicht löslichem basischem Silikat; infolgedessen wird schon beim ersten Auszuge mit schwacher Säure relativ viel Al_2O_3 gelöst.

Auch wurde das Verhalten des Complexes A gegen verdünnte Kalilauge (Tabelle XII) untersucht. Bei zwei aufeinanderfolgenden Auszügen [1]) (K_1 und K_2) lösste sich weniger Al_2O_3 als bei den Auszügen mit Salzsäure I + II (Tabellen IX und X); dagegen hat sich mehr SiO_2 gelöst als bei diesen Auszügen. Dieses kann deshalb nicht ganz aus dem basischen Complex herstammen. Auch ist nicht zu entscheiden inwiefern das Al_2O_3 dem basischen oder auch dem SiO_2-reichern Complex angehört. Das Al_2O_3 und SiO_2 des ersten Auszuges (K_1) stammt aus dem basischen Complex [2]). Die Lauge löst die Komponenten Al_2O_3 und SiO_2 also in einem andern Verhältnis als die Säure.

Die Phosphorsäure löst sich schon grossenteils beim ersten Auszug, wenigstens beim grauen G. Lehm und ist also als schwach absorptiv gebunden zu betrachten.

Der Verwitterungssilikatcomplex B.

Die chemische Zusammensetzung des durch heisze Schwefelsäure zersetzbaren Complex B läszt sich darstellen durch:

$0{,}043\ Fe_2O_3 . 1\ Al_2O_3 . 2{,}1\ SiO_2 . 1{,}08\ H_2O . (0{,}016\ CaO . 0{,}17\ MgO . 0{,}17\ K_2O . 0{,}013\ Na_2O)$

(grauer G. Lehm I).

$0{,}048\ Fe_2O_3 . 1\ Al_2O_3 . 2{,}45\ SiO_2 - H_2O . (0{,}012\ CaO . 0{,}10\ MgO . 0{,}12\ K_2O . 0{,}021\ Na_2O)$

(grauer G Lehm II).

$0{,}067\ Fe_2O_3 . 1\ Al_2O_3 . 2{,}8\ SiO_2 . 0{,}95\ H_2O . (0{,}030\ CaO\ 0{,}21\ MgO . 0{,}25\ K_2O . 0{,}063\ Na_2O)$

(roter G. Lehm).

Das Molecularverhältnis zwischen Al_2O_3 und SiO_2 ist also ziemlich verschieden bei den drei Mustern. Nur beim ersten stimmt es mit der des Kaolins überein. An Basen ist der Complex reich, besonders beim roten G. Lehm; der Magnesia- und Kaligehalt ist höher als bei allen bis jetzt untersuchten Bodentypen.

Die sehr fest gebundenen Basen können im Lichte unsrer heutigen

---

[1]) Der erste Auszug (K_1) geschah mit Kalilauge von spez. Gew. 1,05 bei 55° während 5'; der zweite (K_2) mit derselben Lauge bei ± 95° während 30'.

[2]) Siehe Seite 96 des Originals.

Auffassungen als solche nur von geringer Bedeutung für die Pflanzenvegetation sein. Es wird jedoch vom Grade der Verwitterbarkeit des Complexes B zu einem leichter von den Pflanzenwurzeln angreifbaren abhängen, ob er wirklich als steriles und wertloses Material betrachtet werden darf.

Weil im grauen (I) und roten G. Lehm keine nicht humificierten Pflanzenteile vorhanden sind und der Humus zu beseitigen war, liess B sich sehr leicht samt den unverwitterten Mineralfragmenten rein absondern und war im Gegensatz zu den von van Bemmelen untersuchten Böden die Bestimmung des fest gebundenen Wassers [1]) möglich. Bei beiden G. Lehmen enthält der Complex B auf 1 Mol Al_2O_3: 1 Mol H_2O. Der Complex des grauen G. Lehms ist also im ganzen kein Kaolin, obwohl es nicht unmöglich ist, dass dennoch Kaolin darin auftritt.

Eine Vergleichung der verschiedenen Complexe des Geschiebelehms mit denen der von van Bemmelen untersuchten Bodenarten findet man im Original.

Die unverwitterten Mineralfragmente.

Der bei den Auszügen mit Salzsäure und Schwefelsäure gebliebene Rückstand bestand beim grauen und roten Geschiebelehm aus gröbern und feinern Quarzkörnern und feldspatartigem Material; ausserdem enthielten die Erden eine sehr geringe Menge spez. schwerere Mineralien. Beim roten G. lehm wurden darin gefunden: Augit, Amphibol (Hornblende), Biotit, Muscovit, Epidot, Granat [2]); der graue G. Lehm ist bis jetzt noch nicht in dieser Hinsicht untersucht worden. Die Zusammensetzung der sämtlichen Feldspate könnte man vielleicht ausdrücken durch: 1,1 K_2O. 1 Na_2O. 2 Al_2O_3. 12 SiO_2 beim grauen und: 1,1 K_2O. 0,7 Na_2O. 2 Al_2O_3. 12 SiO_2 beim roten G. Lehm; jedoch ist der Coefficient 12 beim SiO_2 ganz unsicher (Tabelle XIII).

Schliesslich wurde der Gehalt an unverwitterte Mineralien (und Quarz), der eigentliche „Sand"gehalt mit dem Sandgehalt der Schlämmanalyse nach Schöne bei einer Stromgeschwindigkeit von 0,5 mm. pro secunde verglichen; letztere Methode ist in diesem Laboratorium oft zur Bestimmung des Sand-resp. Tongehaltes für die Praxis angewendet worden. Es zeigte sich, dass bei dieser Methode ein beträchtlicher Teil des Sandes samt dem eigentlichen Tone fortgeschlämmt wird; jedoch sind diese Mengen den Tongehalten

---

[1]) Unter festgebundenem Wasser ist das bei 105° noch nicht verflüchtigte zu verstehen.

[2]) Diese wurden jedoch in den ursprünglichen Erden gefunden. Herr J. van Baren in Wageningen war so freundlich mir dabei behilflich zu sein, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen besten Dank sage. Der Rückstand der Auszüge mit Salz- und Schwefelsäure wurde noch nicht mineralogisch untersucht.

proportional. Also sind auch die praktischen Tongehälte den wirklichen [1]) proportional.

Dass die Anwesenheit des Geschiebelehms einen mächtigen Einfluss auf die Ertragsfähigkeit eines Kulturbodens ausübt, ist eine bekannte Tatsache. Die Frage war aber, ob die meistens mit einer Schicht Diluvialsand bedeckten Bänke grauen Geschiebelehms nicht in grösserm Masze der Kultur, besonders der Landwirtschaft, nützlich sein könnten als bis jetzt der Fall ist.

Durch eigne Beobachtungen und Mitteilungen anderer, war es mir möglich in einem bestimmten Teil des niederländischen Geschiebelehmgebietes, nämlich in der Umgegend von Winterswijk, festzustellen, dass an vielen Stellen die Sandbedeckung nicht zu mächtig ist um ein Hinaufbringen des Lehmes in die Ackerkrume zu ermöglichen. In andern Fällen zeigte sich der unmittelbar an der Oberfläche liegende G. Lehm derartig fett und zäh, dass er nur durch Mischung mit Sand zu einem brauchbaren Kulturboden zu machen wäre. Schliesslich könnte man an den Stellen, wo der G. Lehm tiefer liegt, denselben ausgraben und zur Verbesserung von armen Sandböden benutzen. Es ist mir schon ein Fall bekannt, dass letzteres mit gutem Erfolg belohnt worden ist.

---

[1]) Das Al_2O_3 der Auszügen mit Salzsäuren und mit Schwefelsäuren kann annähernd dem Tongehalte proportional gesetzt werden.