

**DE GEOLOGIE VAN DEN
CIMONE DI MARGNO EN DEN MONTE DI MUGGIO**

DOOR

W. L. BUNING.

Met plaat 23 en 24.

I N H O U D.

	pag.
I. Algemeene inleiding	3 (323)
Topografie, morfologie, vroegere onderzoekingen, enz.	3 (323)
II. Stratigrafie en petrografie	10 (330)
1. Het kristallijne grondgebergte	10 (330)
1a. De metamorfe gesteenten	10 (330)
A. Gneiss-chiari	11 (331)
B. Paragesteenten	14 (334)
1b. De stollingsgesteenten	17 (337)
A. Stroomgebied van de Marcia	17 (337)
B. Stroomgebied van den Biagio	20 (340)
C. Stroomgebied van de Rossiga	22 (342)
2. Het Perm	29 (349)
3. Het Werfenien	30 (350)
4. Het Kwartair	34 (354)
A. Diluvium	34 (354)
Vergletscheringen	35 (355)
B. Alluvium	36 (356)
Aanhangsel: Nuttige delfstoffen	37 (357)
III. Historisch-geologisch overzicht	41 (361)
IV. Geologie en tektoniek	43 (363)
A. Beschouwing van het gebied aan de hand van kaart en profielen	43 (363)
B. Aard der verschuivingen en schubben	58 (378)
V. Tektonisch overzicht	61 (381)
A. De bouw van den ondergrond der Bergamasker Alpen	61 (381)
B. Verschuivingen en schubben in de Bergamasker Alpen	62 (382)
C. Omliggende gebieden	66 (386)
Résumé en français	72 (392)
Litteratuurlijst	77 (397)

*) Reeds verschenen: No. 1: J. COSIJN, „De Geologie van de Valli di Olmo al Brembo” (Lit. 7). No. 2: W. J. JONG, „Zur Geologie der Bergamasker Alpen, nördlich des Val Stabina” (Lit. 26). No. 3: TH. H. F. KLOMPÉ, „Die Geologie des Val Mora und des Val Brembo di Mezzoldo” (Lit. 27). No. 4: J. H. L. WENNEKERS, „De geologie van het Val Brembo di Foppolo en de Valle di Carisole” (Lit. 63). No. 5: G. L. HOFSTEENGE, „La Géologie de la Vallée du Brembo et de ses affluents entre Lenna et San Pellegrino” (Lit. 23). No. 6: S. W. TROMP, „La géologie du Valle del Bitto et la tectonique des Alpes Lombardes”.

I. ALGEMEENE INLEIDING. ¹⁾

Topografie, morfologie, vroegere onderzoekingen, enz.

Het door mij bewerkte gebied is, zooals op het hiernaast afgedrukte overzichtskaartje te zien is, gelegen in het meest Westelijke deel der Bergamasker Alpen en vormt, wat het werk der Leidsche geologen betreft, aan deze zijde den sluitsteen. De streek wordt geheel gedomineerd door den Monte di Muggio (hoogte 1791 m) en den Cimone di Margno (hoogte 1801 m), twee toppen, die ook de waterscheiding vormen tusschen de beide diep ingesneden dalen van den Torrente Varone, die, op het venster van Premana na, de Noordelijke begrenzing van het gebied is en den Torrente Pioverna, ten opzichte waarvan ik mijn grens eenige honderden meters Zuidelijker gekozen heb. Westelijk bevindt zich het Comomeer, dat de aanzienlijke diepte bezit van 400 m. Bij Bellano bedraagt de breedte ruim 3 km, doch bij Dervio is deze aanmerkelijk smaller, namelijk $\pm 1\frac{1}{2}$ km. Dit is meteen het smalste deel van den Lago di Lario, den Noordelijksten arm van het meer. Dit splitst zich bij Bellagio in een Zuidwestelijk verloopend stuk, den eigenlijken Lago di Como en een Zuidwaartsche vertakking, Lago di Lecco. Het meerniveau ligt op 198 m, het maximale hoogteverschil van het gebied bedraagt dus nog ruim 1600 m.

In overleg met collega CROMMELIN, die het gebied tusschen dat van Dr. JONG en het mijne in bewerking had, koos ik de Oostelijke grens, — die als volgt bepaald was: Premana, Val Marcia, Cima d'Olino, de meest Zuidoostelijk gelegen beek van Val Rossiga, Cortenova, — vanaf Premana een paar honders meters meer Oostelijk van Val Marcia tot aan Alpe Sassodiroto. In het Zuiden is de overgang Werfenien—Anisien, hoewel niet strikt doorgevoerd, de grenslijn. De oppervlakte van het gebied bedraagt ± 60 km². Als topografischen ondergrond voor de geologische kaart werd gebruik gemaakt van de bladen: 1:25.000 Premana II, S.E. en Menaggio II, S.O.; beide van de Carta d'Italia, Foglio 17.

De nauwkeurigheid is ten opzichte van andere bladen zeer groot te noemen, terwijl hier bovendien de hoogtelijnen om de 25 m aangegeven zijn, omdat de bladen voor den druk op de schaal 1:25.000 zijn geteekend en niet zooals bij de fotografische vergrotingen van 1:50.000 op 1:25.000, waarbij de hoogtelijnen slechts om de 50 m staan aangeduid. De onnauwkeurigheden bepalen zich hoofdzakelijk tot het

¹⁾ In den tekst is niet nader ingegaan op het kort voor het voltooiën van dit werk verschenen proefschrift van collega S. W. TROMP.

niet intekenen van enkele beekinsnijdingen, die juist voor oriëntatie van groot gemak zijn. Verder werd de loop van den hoofdweg, vlak ten Zuiden van het dorp Codesino, door den aanleg van een nieuwe brug gewijzigd, terwijl de groote stuwdam ten Zuiden van Premana niet is aangegeven. Tenslotte ontstonden kleine wijzigingen in het traject Dervio—Bellano bij de wegverbetering, die in 1930 ter hand genomen is. De kaartering nam de zomers van de jaren 1929, 1930 en ten deele ook 1931 in beslag. In de wintermaanden werd een aanvang gemaakt met het bewerken van het materiaal, waarvan de collectie gesteenten opgeborgen ligt op het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie te Leiden. Het laatste bezoek gold voornamelijk eenige detailopnamen en een toetsing van de uitgewerkte ideeën aan het veld. Tevens werden onderzoeken gedaan in omliggende gebieden, terwijl eenige weken besteed werden aan excursies door het meer Oostelijk gelegen gedeelte der Bergamasker Alpen, dat door Leidsche geologen reeds beschreven of nog in studie is. Op deze tochten heb ik vooral het enthustiaste gezelschap van collega Dozy zeer gewaardeerd.

Toen in Mei 1929 met de kaartering van mijn terrein een aanvang werd gemaakt, bleek al spoedig, dat onverwachte moeilijkheden zich kwamen voordoen. Bijvoorbeeld bleken goede ontsluitingen in verband met de dichte begroeiing maar zeldzaam en moest hoofdzakelijk in rivier- en beekinsnijdingen worden gewerkt. Zoo goed mogelijk is getracht voor de tusschenliggende niet ontsloten stukken als bouwland, weiden en bosschen, het verloop van de dagzoomen in te teekenen, hetgeen in tal van gevallen nog tot resultaten leidde, doordat de verweeringskorst over het algemeen geringe dikte bleek te bezitten. Verder bleek de aanwezigheid van een systeem kleine breuken en opschuivingen de noodzakelijkheid mee te brengen, de kaart 1:25.000 drie maal te vergroeten, om zodoende een voldoende gedimensioneerden ondergrond te verkrijgen.

Een voordeel was bij de kaartering, dat het geheele gebied doorkruist is van tal van goede wegen en paden en men in verschillende plaatsen van deze gastvrije streek uitstekend gehuisvest kan worden. Bovendien ligt alles beneden de sneeuwgrens en is de neerslag gering.

Daar het gebied voor een belangrijk deel is opgebouwd uit metamorfe gesteenten, is de habitus overheerschend rond en glooiend. (N.B. Voor een groot deel is de Pleistocene vergletschering hier ook debet aan). Waar Verrucano en eruptiefgesteenten aan den dag treden, vinden wij een meer uitgesproken relief, dat echter niet te vergelijken is met den aanblik van het Zuidwaarts gelegen Grignagebergte, waarvan de woeste en naakte kalktoppen een schrille tegenstelling vormen met de ronde, met bosch en weide bedekte ruggen van den Monte di Muggio en den Cimone di Margno.

Merkwaardig is verder, dat de Noordelijk aansluitende gebergten, die eveneens uit metamorfe gesteenten bestaan, daarentegen weer een veel woester uiterlijk vertoonen. De reden er van is vermoedelijk toe te schrijven aan de grootere hoogte der toppen, welke tijdens de grootste vergletschering nog boven het ijs hebben uitgestoken.

De verweeringsgrond bezit aan den voet der massieven, waar hij

alluviaal gevormd is, plaatselijk groote dikte, in tegenstelling met die op de toppen, waar de door erosie ontstane korst, mede door de dunne begroeiing, slechts een zeer geringe dikte bereikt. Duidelijke wisselingen in vegetatie, als gevolg van bodemverschillen, zijn in deze streek afwezig, waarschijnlijk doordat invloeden als teeltgrond dikte, zonbestraling enz. hier overheerschend gewerkt hebben. Puinkegels worden door bergbekken slechts daar gevormd waar het verval plotseling sterk afneemt. Mooi is dit te zien in de Valsassina, waar men vooral op den Zuidwestelijken kant van het breede dal aan den mond der beken een serie nu eens afzonderlijke, dan weer aaneengesloten puinkegels aantreft. Vrijwel alle bergstroompjes storten hun materiaal in de stamrivieren Pioverna en Varrone, die verder voor het transport zorgende, tenslotte aan hun uitmonding in het Comomeer, de uitgestrekte puindelta's opbouwen, waarvan de vlakke, halve-maanvormige habitus sterk afsteekt tegen de steil uit het meer oprijzende berghellingen. Bijzonder mooi ziet men dit bij Dervio, waar de breedte van het meer oorspronkelijk $\pm 2\frac{1}{4}$ km bedroeg, doch nu over een afstand van 800 m reeds is ingekort. Het ziet er naar uit alsof wij hier mettertijd een afsnoering van een gedeelte van den Lago di Como zullen zien plaats grijpen, zooals zich dat in het Noorden door de Adda reeds voltrokken heeft. De enorme massa's afbraakmateriaal afkomstig uit de Val Tellina, die de Adda na den laatsten ijstijd in het Comomeerbekken deponeerde, waren hier de oorzaak van de afsnoering van den Lago di Mezzola. De Pleistocene vergletscheringen hebben niet nagelaten sporen achter te laten; men kan tegenwoordig nog op tal van plaatsen zwerfstenen, gletscherkrassen en hultrotsen aantreffen. Zoo levert onder anderen de Zuidoostelijk van Dervio en Oostelijk van den grooten weg gelegen, ruim 100 m hooge, vrijwel loodrecht oprijzende, afgeschaafde rotswand, waarop vele krassen bewaard gebleven zijn, een imposant gezicht op. Ook op tal van andere plaatsen vindt men afgeslepen rotsen (b.v. tusschen Bindo en Taceno), hetgeen gemakkelijk te begrijpen is, daar tijdens de glaciale perioden de dalen van Varrone en Pioverna gletscherdalen waren, terwijl de Muggio en ten deele ook de Margno door een dikke ijsmassa bedekt waren.

Iets uitvoeriger wil ik ingaan op de interessante morfologie van de Valsassina, het tegenwoordige stroomgebied van de Pioverna. De loop van deze rivier kunnen wij verdeelen in een oorsprongsgebied op de Zuidelijke helling van de Grigna; den middenloop, omvattende het bekken van Pasturo, door een nauwer stuk bij Ponte di Chiuso afgescheiden van de eigenlijke Valsassina en den benedenloop, bestaande uit een kloof, die zich van Taceno tot Bellano uitstrekt. De Valsassina heeft ongeveer een lengte van 10 km en een breedte van 1 km en ligt in Noordwestelijke richting. De rivier, die in dit stuk een rustige meanderende loop heeft, verandert bij Taceno geheel van aard en volgt nu met groot verval een diep ingesneden, moeilijk toegankelijk gedeelte, de z.g. Val Muggiasca, die kort voor den mond zelfs het karakter van een „canñn” aanneemt. Dit is de bekende „orrido di Bellano”, een smalle, slechts enkele meters breede kloof, die zich over een lengte van ruim 75 m gevormd heeft, door het uitmalen van kolkgraten.

De beide bekkens in den middenloop moeten worden opgevat als oude gletschertroggen, die nu weer ten deele met puin zijn opgevuld. Beide moeten, voordat de diepe doorbraakdalen bij Ponte di Chiuso en Taceno gevormd waren, in den interglacialen tijd den rol van glaciale dalmeren vervuld hebben. Op eenige plaatsen worden n.l. op de Grignahellingen resten van oeverterrassen gevonden. Oude moreenen gecombineerd met erosiemateriaal, dat zich op den bodem der trogdalen ophoopte, werd in den loop der tijden door transport afgerond en kwamen ten deele in het meer terecht. Op de rest hebben zich aan den voet der zijdalen puinkegels opgebouwd, waarbij opvallend is, dat de afvoergeul van de bijbehorende beek meestal ontbreekt, daar het water ondergronds afvloeit. Doordat het verval in den middenloop gering is, vormde de Pioverna talrijke $\frac{1}{2}$ —2 m hooge meanderterrassen. Bovendien ontstonden er door snelle daling van de erosiebasis, ten gevolge van het insnijden der Muggiascakloof, 10—15 m hooge accumulatie-terrassen. Op één hiervan is Cortenova gebouwd.

De richting van de Valsassina verloopt in mijn gebied zuiver evenwijdig aan de strekking der lagen. Dat het dal zich vrijwel geheel in zachte Servinomergels bevindt, aan de Noordzijde begrensd door harde Verrucanoconglomeraten of eruptiva en Zuidwaarts door dichte Anisienkalken, is geen toeval. Dat de Val Muggiasca zich echter in harde chiari-gneisen heeft gevormd en niet een kilometer Zuidelijker, vindt zijn verklaring hierin, dat dit dal epigenetisch, waarschijnlijk sub-glaciaal, ontstaan is. Schenken wij nu onze aandacht aan de Zuidelijke helling van den Cimone di Margno, dan zien wij, dat de eruptieculminatie (zie later) van Valsassina aan deze zijde bekleed is door een Verrucanodek, dat aangesneden is door eenige beeksystemen en bovendien plaatselijk verzakt en uiteengevallen is tot een groot puinblokkenveld, namelijk tusschen de Valle Biagio (Valle Grande) en de Valle Rossiga. Deze twee beekstelsels hebben vensters gevormd, waardoor de onderliggende intrusiva en metamorfe gesteenten te voorschijn komen. Vooral in het laatstgenoemde dal leveren de door terugsnijdende erosie afbrokkelende, soms meer dan 100 m hooge Verrucanomuren een machtig gezicht op.

Vanaf den drempel, die de Valsassina in het Westen afsluit bij Taceno tot aan Bellano, vindt men nu eens op den Zuid-, dan weer op den Noordoever resten van een breed oud gletscherdal, waarin de Pioverna zich onregelmatig, 100—200 m diep heeft ingesneden. Veel mooier is dit verschijnsel van post-glaciale V-vormige insnijding in een U-vormig gletscherdal echter te zien bij Premana, indien men kijkt in de richting van den oorsprong van de Marcia. De lepel- tot cirkelvormige depressies in het relief bij Stalle Chiarelli en Stalle di Val Marcia zijn misschien op te vatten als oude, in het Pleistoceen aangelegde, karen.

Verder wil ik nog wijzen op een voorbeeld van onthoofding of dalverlegging als gevolg van verschil in hardheid van den ondergrond. Even ten Oosten van de splitsing van den grooten weg, die van Cortenova naar Taceno voert, bevindt zich een betrekkelijk breed dal, waarvan direct opvalt, dat het kleine stroompje, dat er doorheenvloeit,

hieraan nooit die grootte heeft kunnen verleenen. Stroomopwaarts komt men, nadat de groote weg gepasseerd is, in een heuvelachtig terrein, waarin, ondanks de plaats gegrepen erosie, toch nog de aanwezigheid van een verlaten rivierdal is aan te toonen. Tenslotte eindigt men aan de diep ingesneden Val Maladiga. Eén en ander moet ongeveer als volgt ontstaan zijn.

Toen zich op de hellingen tusschen Monte di Muggio en Cimone di Margno na het terugtrekken der gletschers een beekstelsel ging ontwikkelen, werden de stroompjes, door de dalwaterscheiding in het Noorden, gedwongen te convergeren naar het Zuidwesten. De hoofdstroom volgde toen het bed, dat nu een dood dalstuk is en reeds subglaciaal was aangelegd. Dit kruiste echter de grens Verrucano-Servino en de snellere erosie van de zachte mergels, tegelijk misschien met een zich op de plaats van den tegenwoordigen benedenloop der Maladiga onafhankelijk ontwikkelende stortbeek, was de oorzaak van de stroomverlegging. Mede van invloed was de snelle verlaging der erosiebasis, als gevolg van de drooglegging van het Valsassinabekken. De bij Dervio uitmondende Varrone stroomt tot aan Pagnona in een smal, V-vormig dal, dat stroomopwaarts wijder wordt en wel tengevolge van vroegere gletscherwerking. Het bekken ten Zuiden van Premana ontstond eveneens onder dien invloed en wel als gevolg van het blootleggen der zachte sedimenten, die onder een dek van metamorfe gesteenten waren gelegen. Verder Oostwaarts nemen de sporen van glaciale erosie in stijgende mate toe.

Van de tektonische lijnen komen er eenige duidelijk in de topografie tot uiting; één der voornaamste is de Val Varrone, die van Premana tot Pagnona vrij nauwkeurig de grens gneiss-chiari—glimmerschisten volgt. Verder loopt een beek op de grens van de overschuiving gneiss-chiari—Servino vanaf Alpe Brodino tot aan den grooten weg Margno—Codocino. Ook het Zuidwest—Noordoost verloopende stuk van de Pioverna en het daarop aansluitende ravijn ten Zuiden van Presallo (Zuidhelling Muggio) heeft zijn richting aan bovengenoemde oorzaak te wijten.

De hoofdwaterscheiding tusschen Varrone en Pioverna kan in twee gedeelten worden onderverdeeld, n.l. een W-vormige op den Monte di Muggio met een opvallende symmetrie en een Zuidoost—Noordwest loopende grens op den Cimone di Margno, die in het vlakke dal ten Noorden van Somadino bijna dwars uitloopt op eerstgenoemde waterscheiding.

Deze onderbreking komt in nog veel duidelijker mate te voorschijn in het verloop van de kamlijn aan de Noordzijde van de Grigna en houdt ongetwijfeld verband met den tektonischen bouw. Evenwijdig aan de Valsassina loopt deze van den Pizzo di Parlasco, hoewel hier al wat grillig, tot Zuidelijk van Portone, om dan plotseling over een bedrag van ± 800 meter Zuidwaarts te verspringen naar den Monte Agueglio (S. Defendente) en zich verder Noordwestelijk voort te zetten over den Monte Albiga.

Het Muggio-Margnogebed is door vroegere geologen steeds oppervlakkig, zoo niet onjuist, gekarteerd. HAUER's Uebersichtskarte der

Lombardei van 1858 is wel één der oudste. Tamelijk juist staat hierop de hoofdgrens metamorfe gesteenten—sedimenten. Noordoostelijk van Taceno wordt echter Carboon aangegeven, dat door géén der latere onderzoekers hier ooit werd gevonden. Aan de Noordzijde van Valsassina teekende hij reeds een strook graniet, doch geen onderscheid werd gemaakt tusschen Servino en Verrucano, evenmin als er getracht werd de kristallijne gesteenten onder te verdeelen.

CURIONI's Carta Geologica delle Prov. Lombarde (1877) is op kleiner schaal en gedetailleerder, doch wat betreft de omgeving van Val Marcia foutief. De metamorfe gesteenten worden samengevat tot Carbonifero (Quarziti micacee), terwijl op den Margno volgens hem kwikzilvererts moet worden gevonden, hetgeen ik niet heb kunnen bevestigen. Graniet werd op een kleine plek in Val Rossiga aangegeven. Een uitgebreide indeeling van de metamorfe gesteenten gaf in 1890 TARAMELLI op zijn Carta Geologica della Lombardia, waarbij de grenzen echter in het door mij bewerkte gebied niet met de werkelijkheid blijken overeen te stemmen. Ook de kaartering der sedimenten is onjuist wat betreft het groote gebied Verrucano ten Noorden van Narro en het ontbreken van Permische-Onder-Triadische afzettingen in Val Marcia.

De kaart van BENECKE over het Grignagebergte, verschenen in 1885 op schaal 1:75.000, bestrijkt in het Noorden Val Muggiasca en Valsassina. Ook hier werd een groot complex Perm bij Narro aangegeven, hetgeen niet juist is, terwijl het verband met den Verrucano op de Zuidzijde van het dal niet werd herkend.

TRÜMPY's kaart over hetzelfde gebied, in 1930 gepubliceerd op schaal 1:50.000, geeft geen nieuwe gezichtspunten, vooral daar Servino en Perm zijn samengevat.

De in 1903 verschenen kaart van PORRO, 1:100.000, van de Bergamasker Alpen, die gebleken is van groote waarde te zijn, zet zich slechts ten deele voort in het door mij bewerkte gebied en eindigt ongeveer bij het plaatsje Indovero. Van het Oostelijk deel kan worden gezegd, dat de grenzen tusschen de verschillende formaties over het algemeen juist zijn. Afwijkingen betreffen dan ook slechts details als b.v. het schubstelsel uit Val Marcia, de aanwezigheid van Servino op den Margno en enkele wijzigingen in het verloop van de grens Servino—Verrucano, terwijl ook de ligging van de gneiss-chiari beter werd afgebakend en meerdere opschuivingen zijn aangegeven, waarvan er enkele echter wegens hun geringe dikte op mijn geologische kaart overdreven moesten worden voorgesteld (o.a. bij Presallo, Indovero en NW van Codesino).

Op de talrijke overzichtskaarten, die op een te groote schaal zijn geteekend, om van waarde te zijn voor dit ingewikkelde gebied, waar zelfs de kaartering op schaal 1:25.000 nog moeilijkheden opleverde, zal niet verder worden ingegaan.

Dit hoofdstuk wil ik niet beëindigen, alvorens mijn welgemeenden dank gericht te hebben tot Professor ESCHER voor zijn hulp en zeer gewaardeerde opmerkingen in verband met mijn arbeid aan de dissertatie, colloquia, excursies, enz.

Zeer op prijs gesteld heb ik verder den aangenamen omgang met lector en assistenten van het Geologisch Museum en leden en oud-leden

van het dispuut *Gedis-Movesta*. Veel uit de plaatsgevonden gedachtenwisselingen is mij van groot nut gebleken.

Tenslotte een speciaal woord van dank aan hen, die mij direct of indirect bij het tot stand komen van dit proefschrift hebben terzijde gestaan en allen, die invloed hebben uitgeoefend op mijn opleiding aan de Leidsche Universiteit.

II. STRATIGRAFIE EN PETROGRAFIE

1. Het kristallijne grondgebergte.

1a. De metamorfe gesteenten.

Het kristallijne grondgebergte neemt meer dan $\frac{2}{3}$ deel van het Muggio-Margnogebed in beslag en is in hoofdzaak uit twee groote gesteentengroepen opgebouwd: de z.g. gneiss-chiari en alle niet hiertoe behorende formaties, zooals glimmerschisten en gneisen, kwartsieten, amfibolieten, enz. Zij zijn in het veld over het algemeen gemakkelijk te onderscheiden van de eerstgenoemde groep, daar zij door hun biotiet-, chloriet- of hoornblendegehalte donkerder of door hun glimmerrijkdom schisteuser zijn, terwijl meestal ook de korrelgrootte fijner is dan die der chiari-gneisen. Deze laatste kenmerken zich microscopisch door het vrijwel of geheel ontbreken van mafische bestanddeelen en door hun relict-hypidiomorfe structuur. Zij bezitten volgens TRÜMPY (zie litt. 61 blz. 398) meer het karakter van ortho- dan van paragneisen. Hierbij kan ik mij volkomen aansluiten.

Zijn nu alle niet-chiari-gneisen paragesteenten? Grootendeels wel, doch de hier en daar plaatsgevonden hebbende injecties waren oorzaak van geheele of gedeeltelijke omzetting der paragesteenten in de contact-zone, waardoor hun karakteristieke habitus verloren ging. In den tekst zullen onder orthogesteenten slechts chiari-gneisen worden bedoeld en zullen alle andere typen paragesteenten worden genoemd.

Beschouwen wij de onderverdeling van het kristallijn der vroegere onderzoekers, dan zien wij, dat over het algemeen de groep der gneiss-chiari een aparte plaats inneemt, doch dat er ten opzichte van de andere gesteenten groote meningsverschillen bestaan. Dit valt niet te verwonderen, gezien de enorme variatie over vaak zeer korten afstand van textuur, structuur en mineralogische eigenschappen der paragesteenten. Ik hem daarom gemeend op de geologische kaart slechts enkele duidelijk in het terrein herkenbare formaties aan te moeten geven.

De tusschen haakjes geplaatste getallen bij de petrografische beschrijving duiden op het nummer van het handstuk uit mijn collectie. De juiste plaats van herkomst staat aangegeven op een werkkaart, welke aanwezig is op het Museum van Geologie en Mineralogie te Leiden.

De gneiss-chiari doen zich in het veld voor als gemakkelijk herkenbare over grooten afstand weinig in uiterlijk varieerende formaties in tegenstelling met de paragesteenten. Deze blijken voor het meerendeel te behooren tot de glimmer- of chloriet-kwarts-veldspaat-schisten en gneisen ¹⁾.

¹⁾ De namen schisten en gneisen slaan op de textuur der gesteenten. Er wordt dus afgeweken van de classificatie van GRUBENMANN-NIGGLI.

Hier en daar verspreid komen hoornblendebanken voor (zie kaart) en worden nog tal van minder opvallende soorten kristallijn aangetroffen, zooals kwartsieten, mylonieten, enz. Tevens brengt het optreden van weinig voorkomende mineralen als epidoot, pyroxeen, granaat, distheen, stauroliet, enz., gesteentetypen tewegg van slechts zeer plaatselijke beteekenis.

De bepaling der dieptezone der metamorfe gesteenten volgens GRUBENMANN in een epi-, meso- of katagebied stuitte op moeilijkheden, wegens de sterk gestoorde ligging der gesteenten. Men kan immers òf den nadruk leggen op de wijze van ontstaan zonder hierbij later optredende hervormingsprocessen in rekening te brengen, òf men zou het gesteente kunnen classificeeren naar de laatst ondergane metamorfose. De Prae-Permische kristallijne formaties ondergingen voor het meerendeel tijdens de Hercynische en Alpine orogenese groote verplaatsingen en kwamen zodoende onder geheel afwijkende metamorfoseerende invloeden, dan waar- onder zij oorspronkelijk gevormd waren. Geraakten bijvoorbeeld mesogneisen door opschuivingen tot dicht aan de oppervlakte, dan was het mogelijk dat hun karakteristieke eigenschappen verloren gingen; door b.v. kata- klastische deformatie, additieve processen, regressieve metamorfose, enz.

Het meest zeker is de oorsprong der gneiss-chiari, welke gezocht moet worden in een min of meer porfierisch uitgekristalliseerd leukokraat granitisch tot granodioritisch magma.

Veel moeilijker echter zijn de paragesteenten thuis te brengen. Zij ontstonden waarschijnlijk uit heterogene sedimentaire afzettingen, waar- van de oorsprong wegens de grondige omkristallisatie nagenoeg niet meer is vast te stellen.

Typeerend voor het kristallijn is de volkomen afwezigheid van zoo- genaamde „anti-stress” mineralen uit de katazone. Dit kan aan twee oorzaken liggen. Of de gesteenten ondergingen tijdens de laatste metamor- fosen zulke veranderingen, dat alle oorspronkelijke bestanddeelen verloren gingen, òf het ontsloten kristallijn uit mijn gebied bevat slechts formaties, die uit de meso- of epizonen afkomstig zijn. In hoofdzaak schijnt dit laatste het geval te zijn.

WENNEKERS (zie litt. 62 blz. 273) constateerde een groot aantal variëteiten onder de chiari-gneisen. Door mij werd slechts een gering aantal belangrijk van de norm afwijkende typen gevonden en het waren voornamelijk de verweerde en door druk veranderde gesteenten, welke een enkele maal tot moeilijkheden aanleiding gaven bij de bepaling van de grens met de paragesteenten.

A. GNEISS-CHIARI.

De talrijke handstukken, die hiervan verzameld zijn, vertoonen over het algemeen slechts een weinig verweerd uiterlijk. De gesteenten zijn wit tot lichtgrijs, zelden groen of rose en worden door erosie met een grijze of bruinachtige korst bedekt. De korrelgrootte is, hoewel onderling uiteenlopend, in doorsnede middelmatig, d.w.z. 1—5 mm (zie Geol. Nomenclator, blz. 230, litt. 31). Porfieroblasten tot meer dan 1 cm grootte naast microscopisch kleine componenten komen meermalen voor.

De textuur is gneisachtig tot granuleus (volgens nomenclatuur van HOLMES), tevens van groote gelijkmatigheid. In het veld doen de chiari-gneisen zich voor als dikbankige, vaak uitgestrekte, weinig gelaagde formaties met dunne erosiekorst.

Een microscopisch preparaat gemaakt van een handstuk afkomstig uit een ontsluiting ongeveer 500 m ten Westen van Vendrogno (16), toont een onregelmatige granoblastische structuur, waarvan de hoofdbestanddeelen orthoklaas, plagioklaas en kwarts eenige millimeters grootte bereiken. Het overheerschende veldspaat bestaat uit ongeveer gelijke hoeveelheden orthoklaas en plagioklaas, die vaak perthitisch vergroeid zijn. Een zeeffstructuur in de veldspaten veroorzaakt door muscovietschubjes en kwarts is in gneiss-chiari zeer algemeen, evenals het optreden van een weinig mikroklien. Uit dit laatste heeft KLOMPÉ (zie litt. 27, blz. 250) gemeend te moeten opmaken, dat het gesteente uit de katazone afkomstig is. Het volkomen ontbreken van andere voor deze diepte kenmerkende mineralen doet echter twijfel hieraan gerechtvaardigd zijn.

Unduleuze kwartsen en kataklastische structuur wijzen verder op den sterken druk, waaraan het gesteente is blootgesteld geworden. Op mineraalgrenzen en barstjes vindt men secundaire afzettingen van kwarts en erts. Dit laatste, dat voornamelijk uit limoniet bestaat (als omzettingsproduct van pyriet), is het eenige donkere bestanddeel, dat in het gesteente voorkomt. Ik beschouw dit echter niet als te zijn ontstaan uit biotiet, zooals WENNEKERS zich dat voorstelt (zie litt. 62, blz. 272), doch meen, mede in verband met het frissche uiterlijk en de normale samenstelling van de orthogneisen, dat het erts primair is gevormd.

Als nevenbestanddeel komt muscoviet in nesten voor, terwijl accessorisch optreden kleurlooze zirkoon en apatiet.

Van veel zuurder samenstelling is het gneiss-chiari-kwartsiet, dat ik aan den grooten weg Bellano—Taceno ten Noorden van Prato Solano (33) vond. De groote tektonische krachten die in deze streek gewerkt hebben, komen ook in het microscopische preparaat tot uiting en wel als mortelstructuur en getordeerde mineralen. De samenstellende componenten komen nagenoeg overeen met de vorige beschrijving. Porfierblasten van veldspaten en kwarts brengen plaatselijk lenticulaire structuur teweeg, waarbij het aanwezige muscoviet in gegolfde strooken verdeeld ligt.

Aan het muildierpad van Taceno naar Parlasco werden gneisformaties aangetroffen, die opvallen door hun paarsroode kleur (32). Microscopisch onderzoek leverde als eenig donker bestanddeel fijnverdeeld hematiet op. Waarschijnlijk heeft impregnatie van het gesteente plaats gevonden vanuit den nabijgelegen Verrucano.

Overigens blijkt het handstuk abnormaal veel muscoviet te bevatten. De kwartshoeveelheid is, zooals trouwens in de meeste gevallen, grooter dan het veldspaatgehalte. Pleochroïtische hoven om zirkoon in muscoviet komen hier en daar voor. Ook werd de voor gneiss-chiari vrij zeldzame granaat aangetroffen.

Door COHEN (zie BENECKE litt. 2, blz. 198) werden twee handstukken beschreven, welke door BENECKE eveneens geslagen waren uit de strook chiari-gneisen tusschen Bellano—Taceno. Zij werden genoemd: „feldspat-führende Muskovitschiefer” of „glimmerschieferartige Muskovit-gneiss”.

De petrografische beschrijving komt in hoofdzaak met mijn bevindingen overeen.

Tot muscovietrijke gneiss-chiari behoort tevens het goed ontsloten gesteente aan den oorsprong van de Valle delle Noci (144). De structuur is porfieroklastisch; de samenstelling slechts weinig zuur. (Verhouding veldspaat: kwarts = 1:1).

Niet ver ten Oosten van deze vindplaats treft men chiari-oogengneisen aan, met veldspaatporfieroblasten tot 5 cm grootte, welke zich bevinden in een lange strookvormige formatie evenwijdig aan de hoornblenderotsen SE van den Monte di Muggio. Noordelijker nabij Alpe Intelco worden zij door biotiet een weinig donkerder gekleurd (75). De hoofdbestanddeelen zijn kataklastisch gebroken veldspaat en kwarts, hier en daar met mortelstructuur. De veldspaten zijn: plagioklaas, mikroklien, orthoklaas en perthiet. Verder komen voor muscoviet, apatiet en sillimaniet. Dit laatste mineraal bevindt zich vooral in kwarts- en veldspaatporfieroblasten en dooft hiermede tegelijk onder gekruiste nicols uit. Het is waarschijnlijk, dat dit handstuk een contactmetamorf veranderd paragesteente vertegenwoordigt.

Weer een andere soort orthogneis trof ik in de Varesina nabij Indovero (50). Het gesteente blijkt hier voornamelijk te zijn opgebouwd uit kataklastisch gedeformeerde orthoklaas en kwarts. Van eerstgenoemd mineraal zijn enkele individuen zeevormig doorgroeid door plagioklaas en kwarts. Verder treden nog op, behalve veldspaat en kwarts, muscoviet, mikroklien, calciet op barsten, pyriet, hematiet, apatiet, zirkoon, epidoot en myrmekiet.

WENNEKERS wijst er in zijn dissertatie met nadruk op, dat de gneiss-chiari niet als een op zich zelf staande groep kunnen worden beschouwd in verband met overgangen naar kwartsieten aan den eenen en fylletglimmerschisten aan den anderen kant. In mijn gebied treden deze overgangsgesteenten slechts weinig op, zoodat de grens der formatie, mede door tektonische oorzaken, in het veld heel nauwkeurig te volgen is.

Eenige handstukken uit het kristallijn ten Zuiden van de Pioverna worden ook door TRÜMPY beschreven. Hij zegt er onder anderen van (zie litt. 61, blz. 398): „Von Taceno an gegen Introbio hin werden die Gneise basischer. An Stelle des Muskovits tritt Biotit, der dem Gestein dunkleres Aussehen verleiht. Der Gneis ist auch hier stark schiefbrig entwickelt, wobei Lagen von rotbraunen Biotit mit solchen von weissem Feldspat und Quarz wechseln.“

Hij begaat hier echter de onjuistheid de gneiss-chiari, die in het Westen onder de sedimenten liggen, te vergelijken met het kristallijn, dat tusschen Prato San Pietro en Introbio aan den dag treedt. Dit laatste maakt namelijk deel uit van de groote eruptief-kristallijn culminatie Margno—Foppabona—Ornica, etc. Het gesteente hieruit is van geheel andere samenstelling en door een tektonische lijn van de Noordelijke en Westelijke orthogneisformaties gescheiden. Reeds in 1890 kaarteerde TARAMELLI dit op de juiste wijze; hij noemde daarbij de gesteenten Westelijk van Taceno „scisti di Casanna“ en Oostelijk van het dorp „mica-scisti, clorite-scisti, talco-scisti, rocece anfibolice scistosce e gneiss“. Het is echter wel vreemd, dat deze geoloog, die terecht een onderscheid maakte tusschen beide typen,

de gneiss-chiari, die overal tusschen Bellano en Taceno zoo schitterend ontsloten zijn, „scisti di Casanna” noemt. Zij behooren namelijk alle tot de zoogenaamde „Apenniniti” of Stella’s gneiss-chiari.

Tenslotte zou ik nog willen wijzen op de afwijkende en karakteristieke habitus van onder sterken druk gestaan hebbende orthogesteenten (18 en 58). Deze lichtgroene formatie blijkt grootendeels haar gelaagdheid te hebben verloren en brokkelt onregelmatig onder den hamer. Vaak treden wrijfvlakken in groot aantal op. (B.v. in de Varesina \pm 500 m ten Noorden van Taceno). Onder den polarisatiemicroscop blijken zoowel kwartsen als veldspaten sterk gebroken, getordeerd en unduleus te zijn. Veelal is het geheel door fijne draden sericiet, erts of chloriet doorweven. Verder wordt gewoonlijk nog een weinig muscoviet, apatiet, zirkoon en epidoot aangetroffen. De korrelgrootte is sterk heteroblastisch door de optredende mortelstructuur.

B. PARAGESTEENTEN.

1. Kwarts-veldspaat-glimmergneisen en schisten.

Deze groep neemt het grootste deel in van het kristallijne grondgebied uit het geëkaarteerde gebied en onderscheidt zich mineralogisch van gneiss-chiari door het aanwezig zijn van mineralen of hun omzettingproducten, die in gneiss-chiari niet of slechts zeer zelden worden aangetroffen, bijvoorbeeld biotiet, amfibool, pyroxeen, granaat, calciet, enz. De textuur van het meerendeel der paragesteenten kenmerkt zich door groote schisteusheid, veroorzaakt door op geringen afstand parallel gerangschikte glimmer- of chlorietschubjes. Gneis textuur komt tot uiting bij de hier en daar voorkomende hoornblendegesteenten (zie kaart), glimmergneisen en kwartsieten. De kleur der kwarts-veldspaat-glimmergesteenten is afhankelijk van de donkere bestanddeelen en varieert tusschen licht- tot donkergroen, grijs en bruin. Van het glimmer is het biotiet vaak gebleekt of omgezet in chloriet, rutiel als sageniet of erts; onder den microscop is de kleur groenachtig, bruin of roodbruin (lepidomelaan). Veldspaat kan in een hoeveelheid voorkomen, welke het gehalte aan kwarts benadert.

Een voorbeeld hiervan levert het twee-glimmer-kwarts-veldspaatgneis, dat gevonden wordt achter het meest Oostelijk gelegen kerkje van Dervio (16). Over het algemeen kan een domineeren van orthoklaas boven plagioklaas worden geconstateerd. Treden porfierblasten op, dan komen hierin vaak insluitsels van veldspaat, kwarts of glimmer voor. Verdere bestanddeelen zijn zirkoon, mengkristallen van zoisiet en epidoot, apatiet en erts (pyriet, magnetiet of hematiet); zeldzamer komen toermalijn en titaniet voor.

Op de Westhelling van den Monte di Muggio werden op twee plaatsen granaathoudende gesteenten aangetroffen, namelijk nabij Ponte di Oro Alto, waar een kwartsrijke, lepidomelaanhoudende formatie ontsloten is (9) en bij het spoorwegviaduct ten Zuiden van Derivo. Het hiergelegen microscopisch zeer fraaie gesteente (Niggli’s phylliet) is lenticulair

schisteus en van structuur fibroblastisch, terwijl als porfieroblasten kwartsveldspaataggregaten, granaat en biotiet of pennien optreden (2b). De tusschengelegen mineralen zijn hoofdzakelijk glimmer en chloriet. Accessorisch komen voor toermalijn, magnetiet, zirkoon en epidoot, waarvan beide laatste pleochroïtische hoven vormen in biotiet en chloriet. De plaatselijk optredende kataklastische deformatie der mineralen wijst op een verblijf in de epizone, waarbij ook de granaten ten deele werden omgezet. Zuilvormige ertsporfieroblasten liggen verder in groot aantal door het preparaat verspreid. Enkele halfdoorschijnende prismatische titanieten, met een uitdoovingshoek van $\pm 35^\circ$, vertoonen insluitsels van onder gekruiste nicols sterk oplichtende zirkoonkristallen.

Aan den grooten weg Bellano—Dervio treft men bij km-paal 28 een dicht, lichtblauwgrijs gesteente aan, dat gneisachtig tot richtingloos van textuur en kataklastisch van structuur is, met hier en daar agglomeraten van grootere kristallen (6b en 151). Voornamelijk bestaat het uit kwarts, doch er komen hiernaast, behalve vrijwel geheel in sericiet omgezette veldspaat, ook veel polysynthetische calcium- of magnesiumcarbonaat tweelingen voor. Donkere bestanddeelen, uitgezonderd pyriet, ontbreken. Dit erts- en sericiethoudende kwartsveldspaatgesteente, dat door den aanleg van een nieuwe „galleria” prachtig ontsloten is, moet oorspronkelijk een carbonaatrijk sediment geweest zijn, dat later door hooge temperatuur en druk geheel omgekristalliseerd is.

Een ander eenigszins afwijkend type vond ik ten Zuiden van het dorp Inesio (Zuidhelling Muggio) in de hier gelegen kloof, waarin zich grijsgroene, met kwarts geïnjecteerde, tusschen chiari-gneisen geklemde paragesteenten bevinden. Microscopisch onderzoek wijst uit, dat het hoofdbestanddeel kwarts is met daarnaast een weinig troebel of gesericitiseerd veldspaat met lichtblauwgroen pleochroïtisch chloriet en muscoviet. Verder zijn in geringe hoeveelheid aanwezig calciëet, apatiet, idiomorf rutiel, zirkoon (met pleochroïtische hoven in chloriet) en erts. In de chlorieten worden met groote vergrooting een aantal zirkoonfragmenten aangetroffen. Vele kwartsen vertoonen onder gekruiste nicols een merkwaardig gerimpeld uiterlijk, als gevolg van parallele unduleusiteit (162 en 197).

Zeer vaak worden in de kwartsveldspaat-glimmergneisen en schisten gebieden aangetroffen, die opvallen door het enorme aantal kwartslenzen. De meeste van deze evenwijdig aan de gelaagdheid geïnjecteerde, zure, hydrothermale afzettingen van soms eenige meters lengte zijn door latere tektonische werking geplooid of verbroken. Talrijke voorbeelden hiervan treft men langs den hoofdweg Bellano—Dervio, waar tevens mooi ontsloten sterk schisteuse breukzonen voorkomen.

De kwartsrijke paragesteenten uit de vensters van Val Marcia en Val Rossiga, die dus deel uitmaken van de groote eruptief-kristallijn culminatie, welke zich Oostwaarts over de Foppabona naar Ornica en verder voortzet, dragen duidelijk de sporen van de nabij plaatsgevonden hebbende intrusies. Niet zoozeer treden contactmineralen op, dan wel hebben hydrothermaal-pneumatolitische invloeden het oorspronkelijke gesteente gemetamorfoseerd. Kenmerkend zijn ook de optredende poikilitische vergroeiingen en zeefstructuren. Het veldspaat is grotendeels in sericiet en kaolien veranderd. Het groene of bruine biotiet is of gebleekt, of in

chloriet en erts, omgezet. Het erts kan dan zijn magnetiet, hematiet, rutiel of pyriet met omzettingen in limoniet. Accessorisch vindt men nog zirkoon, epidoot, apatiet en een weinig toermalijn in druppelvorm. Het zirkoon toont vaak mooi begrensde kristalvormen, waaronder het prisma gecombineerd met de ditragonale bipyramide het meest algemeen voorkomt. (Val Marcia: 91a, 90b; Val Biagio: 133c; Val Rossiga: 181b, 118, 136a, 177).

2. K w a r t s i e t e n .

Deze gesteenten vindt men op tal van plaatsen ingeschakeld tusschen glimmerschisten en gneisen; zij onderscheiden zich daar voornamelijk van door hun meer blastopsammitische habitus. Een scherpe grens valt overigens tusschen beide groepen niet te trekken. Twee slijpplaatjes (5 en 20a) vervaardigd van typische vertegenwoordigers der groep, afkomstig van den Monte di Muggio, blijken vrijwel geheel uit isometrische, tandvormig in elkaar grijpende kwartsen te bestaan ($K = 0.3-0.5$ mm)¹⁾.

Als donkere bestanddeelen treden op biotiet, dat ten deele in chloriet, waaronder pennien, is omgezet en erts, n.l. magnetiet, pyriet en limoniet. Verdere componenten zijn een weinig veldspaat, muscoviet, zirkoon, apatiet en toermalijn. Ook granaat kan in niet onbelangrijke hoeveelheid voorkomen. De kleur der kwartsieten is lichtgroen tot grijs; de textuur dicht en weinig schisteus. Grano- tot nematoblastisch, soms kataklastisch is de structuur.

Tusschen San Grato en den top van den Monte di Muggio vond ik een grofkorrelig granaat- en lepidomelaanhoudend veldspaatkwartsiet, waarvan één der granaten op merkwaardige wijze doorzeefd bleek te zijn door kwarts, zirkoon, glimmer en erts. Accessorisch treedt in het gesteente tevens een weinig rutiel op (14a en 15b).

3. H o o r n b l e n d e g e s t e e n t e n .

Deze interessante formaties, die in het bewerkte gebied niet zeldzaam zijn (zie kaart), worden van de naburige gesteenten of scherp (tektonisch?) gescheiden of zij gaan door afname van hoornblende en toename van kwarts, veldspaat en glimmer langzaam hierin over. Het hoofdbestanddeel van een handstuk, geslagen nabij km-paal 29 aan den grooten weg Bellano—Dervio (3), bestaat uit mooie, pleochroïtische, gewone groene hoornblendes, waarvan de meest gelijk georiënteerde individuen met een gemiddelde korrelengte van 1 à 2 mm een nematoblastische, plaatse-lijk lenticulaire structuur te voorschijn roepen. Macroscopisch is het gesteente zeer dicht en donker grijsgroen van kleur. Vaak bezit het op tal van plaatsen fijne dwarsbreukjes, welke met calciet of epidoot zijn opgevuld. Verdere bestanddeelen zijn titaniet in de z.g. „insecten-eieren”-vorm, apatiet, zirkoon, kwarts, een weinig veldspaat en biotiet.

De handstukken, (75a en 102) afkomstig uit het Noordelijke gedeelte van het langgestrekte amfiboolmassief op de Zuidoostzijde van den Muggio, blijken rijker te zijn aan kwarts en veldspaat, terwijl ook mineralen uit de epidoot-zoïetgroep een veel belangrijker plaats innemen. Verder

¹⁾ K = afkorting korrelgrootte.

worden nog aangetroffen titaniet, apatiet, zirkoon, rutiel en ilmeniet met leukoxeen-rand. Afgezien van sericiet uit verweerd veldspaat, ontbreekt echter glimmer.

Een bijzondere plaats nemen de hoornblendegesteenten uit bovengenoemd massief in aan den oorsprong van de Valle delle Noci. Zij bevatten namelijk naast de eerder beschreven mineralen ook nog pyroxeen. Dit voor deze streken zeldzame mineraal is onder den microscoop vrijwel kleurloos en bereikt vaak doorsneden tot 2 mm. Het treedt dan als porfieroblast op en bevat niet zelden insluitsels van kwarts, hoornblende of apatiet (145).

De amfiboolgesteenten uit het venster van Val Rossiga kenmerken zich onder meer door hun micropoikilitische structuur. Vooral de hoornblendes vallen hierin op door hun onregelmatige kristalomgrenzing, terwijl zij bovendien in kleur verschillen van de niet tot de culminatie behorende amfibolen ($n_{\alpha} - n_{\gamma} =$ lichtbruin tot groenbruin). Ook is vaak de buitenrand der mineralen donkerder gekleurd dan het centrum.

De andere hoofdbestanddeelen zijn veldspaat (overheerschend plagio-klaas), kwarts en augiet, terwijl ook titaniet, erts en pleochroïtisch chloriet in ruime mate aanwezig zijn. Het erts is voornamelijk magnetiet, daarnaast worden hematiet en pyriet aangetroffen. Biotiet komt in zijn oorspronkelijken vorm niet meer voor; het mineraal is hier volkomen omgezet in chloriet en erts (134a en 150).

De bovenbeschreven hoornblendegesteenten uit het Rossigavenster komen vrijwel geheel overeen met de door BENECKE verzamelde en door COHEN onderzochte „Hornblende-schiefer” van Boscalli en Val Troggia, welke eveneens behooren tot de eruptief-kristallijn culminatie van Margno—Foppabona—Ornica.

1b. *De stollingsgesteenten.*

A. STROOMGEBIED VAN DE MARCIA.

De bovenloop van dezen bergstroom heeft op tal van plaatsen de in het kristallijn geïntroduceerde stollingsgesteenten blootgelegd. Van de beide kaarvormige dalen van Alpe Chiarelli en Stalle di Val Marcia is vooral de laatste bijzonder rijk aan ontsluitingen. Door het water werden hieruit groote blokken eruptiva door de geheele bedding van de Marcia tot aan de Val Varrone toe meegevoerd. Het Oostelijk deel van het geologische venster aan den oorsprong der Marcia is op mijn kaart oningevuld, daar dit gebied onder bewerking was van collega CROMMELIN.

a. *Apliet.*

Het handstuk 107b, afkomstig uit een gang nabij de uitmonding van de Val Piancone, bleek onder den microscoop grootendeels te bestaan uit isometrische, tandvormig in elkaar grijpende kwartsen van ongeveer 1 mm doorsnede, welke bij groote vergrooting ontelbaar veel gas- en vloeistofinsluitsels bevatten. Veldspaat en biotiet, beide sterk omgezet, komen slechts in geringe hoeveelheid voor, terwijl donkere bestanddeelen zoo goed als ontbreken.

b. *Graniet.*

Dit voor het gebied zeldzame gesteente wordt op gangen aange- troffen in de Marcia nabij den mond van Val Chiarelli (63a en 107a) en ten Zuidoosten van Stalle di Val Marcia. Het bevat slechts weinig donkere bestanddeelen (voornamelijk biotiet en erts) en is opgebouwd uit plagioklaas, orthoklaas, kwarts en perthiet, met doorsneden tot 10 mm. Behalve de secundaire mineralen sericiet, limoniet en chloriet treden in kleine hoeveelheden calciet, apatiet, zirkoon en rutiel op.

c. *Granodioriet.*

Dit meest lichtgekleurde gesteente is zeer algemeen. De korrel- grootte varieert ongeveer van 0.5—2 mm, hoewel tot 2 cm groote individuen plaatselijk in belangrijk aantal optreden. Vaak ziet men in het gesteente zwak afgeronde donkere insluitsels van maximaal eenige dm doorsnede. Deze wijzen op het randfacies karakter van de intrusie, waarbij fragmenten van het nevengesteente geheel of ten deele werden geassimileerd. De gelaagdheid, welke onder den micros- coop en macroscopisch in enkele insluitsels werd geconstateerd, geven steun aan de veronderstelling, dat wij hier te maken hebben met enclaves afkomstig van het kristallijne grondgebte. De donkere kleur is toe te schrijven aan het hoogere biotietgehalte. Een slijpplaatje, gemaakt van een handstuk geslagen Zuidwestelijk van Stalle Monte Chiarelli (93), toont onder den microscoop een zoo goed als niet ver- weerd, hypidiomorf, biotiet-granodioritisch gesteente. De componenten hiervan zijn idiomorfe, soms zonaire plagioklaas, kwarts en titaan- houdende biotiet met in beperkter mate orthoklaas. Verder treden op veervormige muscovietaggregaten, apatiet, zirkoon, epidoot, ilmeniet- en titaniet. De grootere veldspaten sluiten niet zelden individuen van plagioklaas en biotiet in. Zeer talrijk zijn de pleochroïtische hoven om zirkoon in biotiet. Reliktstructuur toont een insluitsel, voornamelijk bestaande uit lepidomelaan in een kryptokristallijn heterogeen aggre- gaat van sericiet, kwarts en kaolien met duidelijke parallele ligging der mineralen.

Een eveneens tot deze groep te rekenen gesteente werd 200 m ten Zuiden van de Val Sassodiroto in de Val Marcia aangetroffen (90a). Het is echter een dichter en fijnkorreliger formatie ($K = 0.07—0.50$ mm) van vrij donkere kleur. Microscopisch onderscheidt het ge- steente zich van het bovenbeschrevene door meer biotiet en een uit- gesproken porfierische en micropoikilitische structuur, waarin slechts zelden een idiomorfe begrenzing der kristallen te zien is. Bovendien zijn tal van mineralen secundair veranderd. Een lepidomelaanrijk insluitsel valt ook in dit preparaat te bestudeeren.

Tenslotte wil ik nog noemen het bijzonder mooie biotiet-granodioriet, dat Zuidwestelijk van Stalle di Val Marcia werd aangetroffen (108).

Het is een holokristallijn, eenigszins porfierisch gesteente met feno- kristen tot 1 cm grootte, welke rijk zijn aan insluitsels, waaronder sterk pleochroïtische toermalijn.

d. Kwartsdioriet.

Door afname van orthoklaas en kwarts vindt er een overgang plaats van granodioriet in kwartsdioriet. Dit laatste is een licht- tot donkergrijs gesteente met een fijn tot middelmatige korrelgrootte. Het neemt met dat der vorige serie de voornaamste plaats in onder de intrusiva van het stroomgebied van de Marcia.

Het gesteente, dat ik aantrof bij de samenkomst van Val Stalle di Val Marcia en Val Marcia (98b), blijkt microscopisch voornamelijk te bestaan uit gemiddeld één mm groote, mooi idiomorfe plagioklaas met daarnaast wat biotiet en allotriomorfe kwarts. De vaak zonaire veldspaten zijn geheel omgezet in een onder gekruiste nicols niet uitdoovend aggregaat van sericiet, kaolien, kwarts en calcië. Ook het biotiet is sterk verweerd onder vorming van rutiel, erts en pennien. Verder komen in kleine hoeveelheden voor orthoklaas, zirkoon en apatiet. Merkwaardig is het geheel ontbreken van primair muscoviet.

Een biotiet-hoornblende-kwartsdioriet werd niet ver van bovengenoemd gesteente in de bedding van de Marcia gevonden (89). Het onderscheid met het vorige type wordt hoofdzakelijk gevormd door het optreden van groene hoornblende, welke ook hier en daar als insluitel voorkomt in biotiet, tegelijk met epidoot, zirkoon, apatiet en erts.

d. Dioriet.

Kwartsarme vrijwel geheel uit plagioklaas en glimmer opgebouwde gesteenten, zoals die ten Zuiden van Stalle di Val Marcia voorkomen (109a), zijn vrij zeldzaam. De kleur is donker door het hoge biotietgehalte; de korrelgrootte bedraagt gemiddeld 0.8 mm. De voor deze streek normale neven en accessorische bestanddeelen zijn aanwezig. Overgang naar de vorige groep toont handstuk 109b, dat van dezelfde buurt afkomstig is.

e. Porfieriet.

Een microkristallijn gesteente van effusief karakter wordt op enkele plaatsen aangetroffen.

Het vrij donkergekleurde kwarts-biotietporfieriet (88), voorkomende aan het voetpad 350 m ten Zuiden van Val Chiarelli, toont als microscopisch preparaat een heterogeen weefsel van verweerde veldspaatlatjes, in chloriet omgezet biotiet, pyriet, ilmeniet en kwarts. De grootte der individuen bedraagt maximaal $\frac{1}{2}$ mm; eerstelingen komen slechts spaarzaam voor.

Van ongeveer dezelfde samenstelling is het gesteente nabij den mond van de beek, welke langs Stalle di Val Marcia stroomt (98c). Hierin treden echter enkele kluwens van veldspaatfenokristen op.

Felsitisch is de grondmassa van No. 92, afkomstig uit de bovenloop van de Marcia. Het gesteente is hoofdzakelijk opgebouwd uit kwarts, veldspaat en sericiet, terwijl biotiet en erts er vrijwel geheel in ontbreken. Reeds in het handstuk vallen de tot 5 mm groote fenokristen op. Zij zijn gelegen in een afanatische grondmassa en bestaan uit gecorrodeerde kwartsen, veldspaat en biotiet. Dit laatste mineraal is daarbij meestal gebleekt en in calcië en erts omgezet. Het

matig hooge kwartsgehalte wijst op een overgang naar de zuurdere kwartsporfieren.

Glas is in genoemde gesteenten niet of slechts zeer weinig aanwezig.

B. STROOMGEBIED VAN DEN BIAGIO.

Dit erosievenster, gelegen op de Zuidhelling van den Cimone di Margno, wordt ook wel naar het dorpje Bindo, Val Bindo genoemd, terwijl de bovenloop van de door het dal stroomende beek den algemeenen naam van Val Grande draagt. Behalve een weinig kristallijn en enkele barietaders, welke op de geologische kaart niet zijn aangegeven, komen in het dal tal van stollingsgesteenten voor van sterk uiteenlopenden aard. Nabij Bindo vindt men bijvoorbeeld roodbruine porfierische formaties, die stroomopwaarts overgaan in lichtgrijze, groene of rose granitische tot dioritische gesteenten. Insluitsels trof ik zelden aan. Wel werden op meerdere plaatsen dichte, donkergrijze formaties gevonden, waarvan het verschil met de omliggende gesteenten voornamelijk gelegen is in een geringere korrelgrootte en een wat grooteren rijkdom aan erts en biotiet.

a. *Apliet.*

Aan den oorsprong van de Val Grande werden aplietgangen aangetroffen, die zich zoowel in de kristallijne schisten, als in de donkergekleurde stollingsgesteenten bleken voort te zetten (133). Hoofdzakelijk bestaan de aplieten uit een fijnkorrelig ($K = 0.1-2$ mm) aggregaat van xenomorfe kwarts en orthoklaas. De zeer spaarzaam voorkomende donkere bestanddeelen worden vertegenwoordigd door biotiet en erts. De tot $\frac{3}{4}$ cm groote eerstelingen vertoonen vrijwel steeds een aangevreten en doorzeefde habitus. Zeer fijnkorrelige kwartskristalletjes op de gangflanken bewijzen, dat wij hier te maken hebben met een later plaats gevonden hebbende injectie.

b. *Graniet.*

Roodachtig van kleur zijn de weinige granieten, welke onder anderen niet ver ten Noorden van het muilnierpad, dat van een hoogte van 700 m in de Val Biagio afdaalt, voorkomen. Individuen tot 5 mm lengte van kwarts, rose orthoklaas en plagioklaas in een grondmassa van 0.2—1 mm doorsnede der componenten geven het geheel een eenigszins porfierisch uiterlijk (170). PORRO (litt. 38) geeft een uitvoerige beschrijving van ongeveer hetzelfde gesteente, dat hij granietporfier noemt in verband met de tot 1 cm groote veldspaten, die hij aantrof. Tevens vond hij een orthiet-kristal van 1 mm lengte, hetgeen als een zeer zeldzame vondst te beschouwen is.

c. *Granodioriet.*

Overgangen van granitische gesteenten naar meer basische zijn talrijk en vinden geleidelijk plaats. Minder zuur dan graniet is de formatie, waaruit handstuk 123 afkomstig is, ongeveer halverwege het dal. Van de weinige donkere bestanddeelen hierin is het biotiet gebleekt en in erts omgezet. Accessorisch komt onder anderen titaniet voor. De

korrelgrootte varieert van $\frac{1}{2}$ —3 mm, ofschoon grootere individuen tot 2 cm doorsnede plaatselijk in groot aantal kunnen optreden.

d. Kwartsdioriet.

Dit hypidiomorfe in korrelgrootte van $\frac{1}{2}$ —5 mm varieerend gesteente werd in de Val Grande aangetroffen. Het microscopische beeld toont een combinatie van plagioklaas met wat minder orthoklaas, perthiet en een weinig kwarts (132b). Het glimmer is hoofdzakelijk door biotiet vertegenwoordigd, welk echter meestal is gebleekt of omgezet. Accessorisch komen voor: zirkoon, apatiet en erts. Dit laatste is niet zelden titaanhoudend. Het biotiet bevat vele insluitsels van kwarts, calciet, erts, sageniet en zirkoon.

Mooie, lichtgroenachtige, grofkorrelige kwartsdiorieten vond ik tegelijk met eenige barietaders ongeveer 250 m ten Noorden van Bindo (126). In het hypidiomorfe gesteente, dat vrijwel niet verweerd is, komen veldspaten voor tot 2 cm doorsnede. Ten Zuiden van genoemde plaats werden ook nog fijnkorrelige typen aangetroffen van iets donkerder kleur, waarop niet nader zal worden ingegaan.

e. Kwartsporfier en kwartsporfieriet.

Nabij Bindo trof ik op eenige plaatsen een roodbruin, plaatselijk eenigszins gedrukt gesteente aan, waarin zich talrijke heldere tot 4 mm groote kwartsfenokristen in een fijne, ten deele verweerde grondmassa bevinden. De formatie vertegenwoordigt het uitvloeïngsgesteente van een zuur magna.

f. Pseudo-tachyliet.

Het muilnierpad, dat vanaf 700 m hoogte afdaalt in Val Biagio, volgt op de Oostzijde van het dal over eenigen afstand de grens grondgebergte—Verrucano. Op deze plek kan men hier en daar plaatvormige, roode en groene, slechts eenige centimeters dikke gesteenten vinden, welke op het eerste gezicht aan jaspis of chalcedoon doen denken. Microscopisch blijken zij echter te zijn opgebouwd uit roodbruin glas en felsiefier (122). Dit laatste bestaat uit een kryptokristallijne massa van glas, kwarts en sericiet, waarin de aanwezigheid van totaal omgezette veldspaten nog valt te herkennen, terwijl tevens zwak afgeronde, heldere, weinig unduleuze kwartsen of kwartsaggregaten tot een grootte van 1 mm vrij veel worden aangetroffen. Scherp steken in wit licht de onregelmatig begrenste en gekleurde glaslichamen tegen de omgeving af. Zij vertoonen onder den microscoop talrijke breukjes, waarbij zich op de flanken kwarts in microscopisch kleine individuen heeft afgezet. De kleurstof van het glas is waarschijnlijk afkomstig van ijzer.

De snelle afkoeling van een zich in vloeibaren toestand bevindend gesteente was de oorzaak van het ontstaan van dit pseudo-tachyliet, welke tijdens of kort na de alpine orogenese moet hebben plaatsgehad, daar de afzetting juist op het overschuivingsvlak Perm—grondgebergte wordt aangetroffen. In de vensters zelf van de oude eruptief-kristallijn culminatie van den Margno werden door mij nergens soortgelijke hyalo-kristallijne gesteenten gevonden.

Slechts weinig overeenkomst vertoont het bovenbeschreven pseudotachyliet, waarvan het voorkomen zich beperkt tot slechts enkele vindplaatsen, met de door vroegere schrijvers vaak genoemde z.g. basale tuffoid.

C. STROOMGEBIED VAN DE ROSSIGA.

Dit wijde, peervormige erosievenster is gelegen op de Noordflank van de Valsassina nabij het dorp Cortenova. Het groote verval der beken en de dichte begroeiing hebben een volledige kaartering niet mogelijk gemaakt; de groote variatie in gesteenten echter, welke reeds langs de voetpaden aan den dag treden, maakt een bezoek alleszins waard. Volgt men het voetpad, dat van den grooten weg naar Alpe Morso Basso leidt, dan komt men eerst in een op arkose gelijkend, grofkorrelig, rose tot groenachtig gesteente. Wij bevinden ons hier op het bovenvlak der eruptief-kristallijn culminatie van de Valsassina en zien rechts van ons de steil oprijzende Verrucanomuren, waarbij het duidelijk ontsloten overschuiingsvlak uitwijst, dat alle contactverschijnselen ontbreken en men hier te maken heeft met een anormale ligging van Perm op ondergrond. Het pad vervolgens vindt men hier en daar dichte, rose, fijnkorrelige, tegen de omgeving goed afstekende bankjes, welke bij microscopisch onderzoek uit apliet blijken te bestaan. Later komt men via wat gedrukt kristallijn in de meest Oostelijk gelegen beek van het stroomstelsel. Volgt men deze Noordwaarts, dan komt men nu eens in grijze kwartsdioritische gesteenten, dan weer in granietaplitische of metamorfe formaties. Onder de laatste komen tamelijk veel amfiboolgesteenten voor. Een scherpe overgang van kwartsdioriet in hoornblendegneis bevindt zich vlak ten Noorden van Alpe Morso Basso. Hoogerop, niet ver van Alpe Morso Alto, passeert men een bank lichtgekleurd fijnkorrelig granietaplitisch gesteente, dat door druk plaatselijk gelaagd is en waarin zich een barietader bevindt. Het pad, dat tenslotte Oostwaarts afbuigend de beek kruist, passeert hier amfibolitische gesteenten, welke dooraderd blijken te zijn door smalle leukokraat-porfierische gangen. Niet ver stroomopwaarts toont de aanwezigheid van een oude mijngang, dat hier vroeger ontginning van bariet heeft plaatsgevonden.

Een andere aan te bevelen tocht is die, welke door den benedenloop van de Rossiga stroomopwaarts gaat. Een periode van droogte moet hieraan echter voorafgaan. Ongeveer honderd meter voor de samenvloeiing van Rossiga met den meest Westelijken tak (Valle del Pialo) ziet men in lichtgekleurde, grofkorrelige zuur-dioritische tot granitische gesteenten tot 20 cm groote insluitsels optreden van donkergrijze, fijnkorrelige biotiet- of hoornblende-kwartsdiorieten (143, 115, 167).

Op sommige plaatsen is het grensvlak met het omliggende gesteente dusdanig verweerd, dat de meest mooi afgeronde insluitsels zich zonder veel moeite kunnen laten uitprepareeren.

Een weinig Noordelijker komt men tenslotte in een hoogst belangwekkende zone. Hier immers ontsluit de Rossiga over korten afstand een intrusiebreecie, waarvan de donkere min of meer vuistgrootte insluitsels bestaan uit de reeds eerder genoemde donkergrijze kwarts-

diorieten in een matrix van middelkorrelige, lichtgroene tot rose zuurdere gesteenten. Het hierdoor ontstane gevlekte uiterlijk bracht mij er toe de formatie den naam van „pantervel-graniet” te geven. Het ontstond doordat het reeds eerder gevormde donkergekleurde dioriet door het opdringende zure magna in stukken werd gebroken, die ten deele opgeslokt, ten deele door lichtgekleurd stollingsgesteente werden verkit, hetgeen natuurlijk in het bijzonder aan den buitensten rand der intrusie plaats vond.

Hoewel eruptiva in groot aantal in het Rossigavenster worden aangetroffen, nemen de overwegend donker getinte metamorfe gesteenten het meerendeel der ontsloten formaties in beslag. De soms fluïdale of gedrukte stollingsgesteenten kunnen daarbij vaak moeilijk van de gneisen en schisten worden onderscheiden.

Alvorens over te gaan tot een afzonderlijke bespreking der formaties, wensch ik eerst even nader in te gaan op de zich voordoende contactverschijnselen. Aan het pad, dat van Alpe Morso Basso Westwaarts verloopt, is na eenige honderden meters een blank lichtbruin kwartsitisch gesteente ontsloten, dat macroscopisch reeds een grooten rijkdom aan pyriet vertoont (117a). Onder den microscoop blijkt het verder te zijn samengesteld uit veel kwarts met daarnaast orthoklaas (waaronder veel perthiet). In zeer geringe hoeveelheid komen muscoviet, plagioklaas, zirkoon en toermalijn voor. De korrelgrootte bedraagt ongeveer $\frac{1}{2}$ —1 mm. De ontstaanswijze moet worden gezocht in de metamorfose van een kwartsiet onder invloed van een nabij plaatsgevonden hebbende intrusie.

Fijnkorreliger, doch van dezelfde samenstelling, is het gesteente dat een 300 m Oostelijker wordt aangetroffen (135). Hierin liggen echter bovendien in tal van mineralen sillimanietnaaldjes opgesloten, welke meestal tegelijk met de omgeving uitdooven.

De grenzen tusschen intrusie en nevingesteente verlopen vrijwel zonder uitzondering scherp. Uit een slijpplaatje, afkomstig van den rand van een insluitel uit het vroeger genoemde pantervel-graniet, blijkt, dat de fijnkorrelige mineralen van het biotietdioriet slechts op plaatsen, waar zich kwartsen op het contact bevinden, ten deele in het graniet gedrongen zijn.

Ongeveer analoog is de toestand bij handstuk 143; alleen hebben zich hier enkele groote mineralen uit het zure gesteente losgemaakt en bevinden zich geïsoleerd in het zeer fijnkorrelige biotiet-kwartsdioriet.

Macroscopisch heel scherp verloopt de contactlijn tusschen kwarts-hoornblendedioriet en biotiet-hoornblendegneis in preparaat 178 afkomstig van formaties uit de buurt van Alpe Morso Basso (178). Met een vergrooting van $40\times$ is echter reeds duidelijk te zien, dat de componenten der afzonderlijke gesteenten elkaar over kleinen afstand binnendringen. Karakteristieke contactmineralen werden niet aangetoond.

a. Apliet.

Aan het voetpad op de Oostzijde van den benedenloop van de Rossiga kan men dichte rozeroode aplietbankjes vinden, waarin reeds

met het bloote oog eerstelingen onderscheiden kunnen worden, die bij microscopisch onderzoek uit xenomorf kwarts of verweerd, doorzeefd veldspaat blijken te bestaan. De zure fijnkorrelige ($K = \pm 0.2$ mm) grondmassa heeft een allotriomorfe structuur en bezit als eenig donker bestanddeel wat titaanhoudend erts en limoniet. Opvallend zijn de bijna niet unduleuze kwartsen met kleine ronde veldspaat- en vloeistof-insluitels.

Tweehonderd meter ten Noorden van het voetpad naar Alpe Morso Basso vindt men aan de Westzijde van den meest Oostelijken tak der Rossiga lichtgrijze tot geelbruin verweerde gesteenten, welke tot graniet-aplieten gerekend dienen te worden (176). Zij bestaan in hoofdzaak uit kwarts en orthoklaas, waaronder veel perthiet. Verder komt een weinig plagioklaas voor; accessorisch treden op muscoviet, erts, chloriet en apatiet. Ofschoon enkele individuen tot 2 mm groot worden, bedraagt de gemiddelde doorsnede der mineralen niet meer dan 0.5 mm. De textuur is op enkele plaatsen door druk eenigszins gneisachtig geworden (176c).

b. Graniet.

Lichtgekleurde, grofkorrelige vertegenwoordigers van dit zure stollingsgesteente worden op tal van plaatsen aangetroffen (143, 115a). De veldspaten bereiken vaak lengten tot 1 cm en zijn over het algemeen weinig verweerd. Als eenig donker bestanddeel treedt naast wat erts biotiet op.

c. Granodioriet.

Voorbeelden van dit gesteentetype geven de handstukken 111a en 112, respectievelijk afkomstig uit de beek op korten afstand ten Zuiden van Alpe Morso Basso en ten Zuidoosten van Alpe Morso Alto. De eerstgenoemde formatie is vuilgroen van kleur; de structuur is porfierisch met fenokristen tot 5 mm grootte in een grondmassa, waarvan de korrelgrootte van 0.2—0.6 mm varieert. Dit is ook het geval met het tweede type, zoodat beide eventueel als granodioriet-porfierieten kunnen worden beschouwd. Behalve vaak omgezet biotiet komen accessorisch voor muscoviet, zirkoon en erts. Het laatste vindt men vooral in groote hoeveelheid in handstuk No. 112, waarvan de bruinkleuring aan limoniet is toe te schrijven.

d. Kwartsdioriet.

Groengrijze, dichte, fijn- tot middelkorrelige kwartsdiorieten trof ik onder anderen aan in de Val Rossiga ten Zuiden van Alpe Morso Basso (111). Ook van dit gesteente is de hypidiomorfe structuur min of meer porfierisch, met enkele fenokristen zelfs tot 1 cm lengte. Naast plagioklaas als hoofdbestanddeel zijn ook nog kwarts en orthoklaas aanwezig. Biotiet treedt veel op, doch is vaak gebleekt of in pennien en erts omgezet. Zirkoon met pleochroïtisch hof in biotiet is niet zeldzaam. Een vrij zuur kwartsdioriet-porfieritisch gesteente, afkomstig uit den meest Westelijken arm der Rossiga, bleek niet alleen rijk te zijn aan tal van accessorische en secundaire mineralen, maar ook mooie waaivormige

muscovietaggregaten te bezitten (149). Tot een andere variëteit behoort het kwarts- en biotietrijke plagioklaasgesteente, dat afkomstig is uit den bovenloop van den meest Oostelijken tak der Rossiga (181a). De kleur er van is donkergrijs, de structuur hypidiomorf en de korrelgrootte gemiddeld slechts 0.2 mm, hoewel grootere individuen ook hier niet ontbreken.

Kwarts-hoornblendediorieten komen minder algemeen voor. Een voorbeeld hiervan toont No. 178, afkomstig uit de nabijheid van Alpe Morso Basso. De kleur van de formatie is lichtgrijs, de korrelgrootte varieert van $\frac{1}{2}$ —3 mm. De mooie idiomorfe en sterk pleochroïtische hoornblenden bezitten slechts een kleinen uitdoovingshoek. Behalve apatiet, zirkoon en epidoot treedt veel magnetiet op en wel speciaal als insluitel in hoornblende.

e. Dioriet.

Vrijwel kwartsvrije, hypidiomorfe tot panallotriomorfe, donkergrijze biotiediorieten werden nabij de eerste splitsing in den benedenloop van de Rossiga aangetroffen (115a met $K = \pm 0.2$ mm). Niet ver van Alpe Morso Basso in de beekbedding van den meest Oostelijken arm van het stroomstelsel komt een grofkorreliger, groengrijs, porfieritisch hoornblendedioriet voor. Onder den microscoop blijken de mineralen vrijwel volkomen kleurloos te zijn. De hoofdbestanddeelen zijn gesericitiseerd en kaoliniseerd plagioklaas en ijzerarme hoornblenden met grooten uitdoovingshoek. In gering aantal treden op orthoklaas, kwarts, biotiet en apatiet. Secundair ontstaan zijn chloriet, talk en serpentijnaggregaten.

f. Hoornblendekersantiet.

Een donkergrijze, zeer fijnkorrelige ($K = \pm 0.1$ mm) vertegenwoordiger van deze groep, werd gevonden in den benedenloop van de Rossiga (167). De tot één mm groote fenokristen zijn verweerde veldspaten en kwartsen, welke zeefvormig door kleinere mineralen zijn doorgroeid. De grondmassa heeft een merkwaardige glomeroporfierische structuur, ontstaan door kluwens van kleurlooze hoornblenden in een matrix van kwarts, veldspaat en biotiet. Accessorisch vindt men erts en apatiet. Van een groot aantal aantal plagioklazen is alleen de kern gesericitiseerd.

g. Porfieriet.

Bij de samenvloeiing van de Rossiga met den meest Oostelijken tak vond ik een groengrijs porfieriet van plagioklaas- en magnetietrijke samenstelling (116). De structuur is trachitisch en fijn met hier en daar grootendeels in sericiet omgezette veldspaatfenokristen tot $1\frac{1}{2}$ mm lengte. Kwarts komt in geringe hoeveelheid voor. Biotiet en hoornblende ontbreken; evenmin werd glas aangetroffen.

Aan het slot van dit hoofdstuk lijkt het mij gewenscht eenige beschouwingen hieraan vast te knopen.

Ten eerste blijkt uit het voorgaande, dat de in het Oosten over

zulke groote uitgestrektheden voorkomende basale tuffoiden, tuffen en tuffieten in het door mij geкартеerde gebied ten eenenmale ontbreken. De enkel in de eruptief-kristallijn culminatie van Margno en d'Olino aanwezige stollingsgesteenten behooren grootendeels tot de abyssische en hypo-abyssische typen. In tegenstelling met de enorme kwartsporfierafzettingen, die meer Oostwaarts gevonden worden, komen effusiva in het door mij bewerkte gebied slechts over zeer geringe uitgestrektheid voor. Verder blijkt uit de aanwezigheid van oude metamorfe gesteenten in de vensters, dat wij ons hier in het randgebied der intrusie bevinden.

Het dichte, fijnkorrelige, donkergrijze biotiet- of hoornblendedioriet vormde zich waarschijnlijk het eerst. Het vertoont teekenen van snelle afkoeling van een vrij basisch magma. Van veel meer beteekenis was echter de volgende intrusieperiode, waarbij de eerstgevormde formatie weer geheel of ten deele werd geassimileerd door een zuurder kwartstot granodioritisch, grofkorreliger en lichter gekleurd magma, hetwelk een veel grootere verspreiding had. In de Val Marcia werden bovendien stukken van het kristallijne grondgebergte opgenomen, terwijl in de Val Rossiga de „pantervel” intrusiebreccie ontstond. Differentiaties waren de oorzaak van de vorming van graniet, apliet en porfieriet.

Het laatst werden hydrothermaal-pneumatolisch erts, bariet en kwarts afgezet.

Over den ouderdom van de eruptiva, welke vaak opvallend frisch van uiterlijk zijn, valt weinig met zekerheid te zeggen. De afgeronde vorm der culminatie en het ontbreken van contactverschijnselen met de slechts over gering bedrag hierover verschoven Verrucano pleiten voor een Prae-Permisch ontstaan. De magmadifferentiatie en de vele na elkaar plaatsgevonden hebbende grillige intrusies hebben echter het stratigrafische beeld buitengewoon verward. Wel wat al te eenvoudig heeft BENECKE zich één en ander voorgesteld (zie litt. 2, blz. 203): „Da bei Devecchi die Conglomerate auf dem Granit aufliegen, so ist wohl anzunehmen, dass der Amphibolbiotitgranit zuerst heraustrat und eine ausgedehnte Decke auf dem Gneiss bildete. Dann erfolgten die Eruptionen der Biotitgranite.”

De eruptiefgesteenten van de Valsassina werden door vele onderzoekers beschreven. GÜMBEL (litt. 18) en BENECKE (COHEN) noemden hen glimmer- of biotietgranieten. PORRO (litt. 38 en 39) gaf hen den naam van graniti con e senza anfibolo, granito porfiroide en diorite quarzifera micacea. TRÜMPY (litt. 61) is van meening, dat het hoofd-type vrijwel kwartsvrij is en daarom beter dioriet moet worden genoemd.

Het uiteenloopen der benamingen is te wijten aan de groote variatie in samenstelling der intrusiva. In het door mij bewerkte gebied behoort intusschen het grootste deel tot de kwarts- en granodiorieten. In mindere mate komen basische en zure differentiaties hiervan voor.

Bij de determinatie der stollingsgesteenten werd het onderzoek met de polarisatiemicroscop aangevuld met de toepassing van de z.g. „Intergrations-tisch” van LETZ. Door deze methode, welke afkomstig is van ROSIWAL en onder anderen uitgewerkt werd door SHAND (S. J. SHAND, *Eruptive rocks*, London 1927) en JOHANNSEN (litt. 25), is het mogelijk de volumeverhouding der samenstellende componenten betrekkelijk

nauwkeurig te berekenen. Indien hun soortelijke gewichten bekend zijn, kunnen dan op eenvoudige wijze de gewichtsprocenten bepaald worden, welke op hun beurt weer het uitgangspunt kunnen zijn voor het verkrijgen van tal van andere gegevens. Deze zijn echter slechts bij benadering juist, daar, afgezien nog van de onvolkomenheid der meting, alleen de hoofdbestanddeelen van het gesteente worden geobserveerd en de accessorische mineralen niet in rekening gebracht worden. Het plagioklaas blijft in de meeste van de door mij onderzochte gesteenten te behooren tot de andesiengroep. In zure typen stijgt het albietgehalte tot 70 %. Daar de juistheid der kwantiteitsbepaling sterk afhankelijk is van het aantal doorgemeten mineralen, werd bij voorkeur gebruik gemaakt van fijnkorrelige gesteenten. Hiervan werden dan eerst de gemiddelde doorsneden der afzonderlijke bestanddeelen bepaald, waarna de meting zoolang werd voortgezet, totdat de minst voorkomende component tenminste $100 \times$ was geregistreerd, hetgeen zeker als een minimum te beschouwen is, wil men ook voor dit mineraal eenigszins betrouwbare uitkomsten verkrijgen.

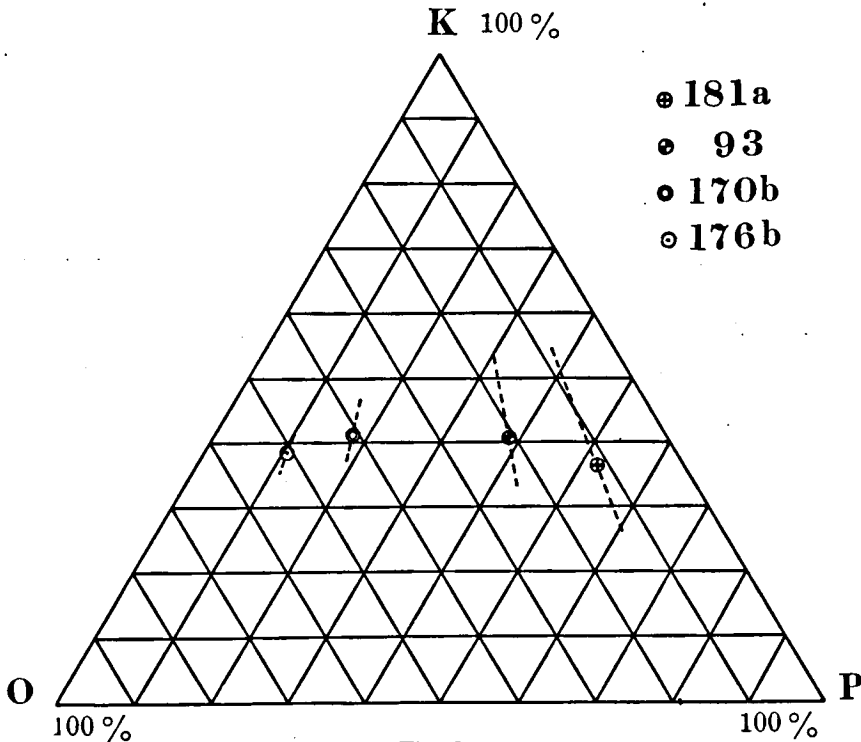


Fig. 2.

Driehoeksprojectie volgens JOHANNSEN (litt. 25)
voor de classificatie van stollingsgesteenten.
K = kwarts; O = orthoklaas; P = plagioklaas.

Enkele resultaten zijn vastgelegd in een driehoeksprojectie en tabel. Er werd bij de berekeningen gebruik gemaakt van de ge-

gevens, welke IDDRINGS (Igneous Rocks 1920, blz. 447) verstrekt over de soortelijke gewichten der bestanddeelen van granodioriet uit de Yosemite-vallei (U. S. A.); namelijk kwarts sg 2.64; orthoklaas sg 2.57; plagioklaas sg 2.68 en biotiet sg 3.

In bovenstaande figuur 2 geven de plaatsen der kleine cirkeltjes de gewichtsprocenten van kwarts, orthoklaas en plagioklaas aan; N.B. echter niet ten opzichte van de totale samenstelling van het gesteente, doch alleen voor de som van deze drie leukokrate bestanddeelen. (Dus $K + O + P = 100$). Op de verhouding van deze componenten en de samenstelling van het plagioklaas berust de classificatie van stollingsgesteenten volgens JOHANNSEN (litt. 25). In een apart door hem ontworpen diagram (correspondeerend met figuur II, doch hier niet afgedrukt), blijken de punten uit bovenstaande driehoeksprojectie alle te liggen in de zone der kwartsdioritsche (rechts) tot granitische magma's (links). Verder is in figuur II door een stippellijn het percentage donkere bestanddeelen (glimmer, erts en chloriet) van de door mij onderzochte gesteenten aangegeven. (Zie voor de constructie der lijn: JOHANNSEN, A.: On the representation of igneous rocks in triangular diagrams. Journ. Geol. 30, 1922; ook litt. 25, blz. 151). Wij zien uit de lengte der lijnen en de ligging der punten hoe een sterke afneming van de donkere bestanddeelen naar links gepaard gaat met een groote vermindering van plagioklaas. Daar intusschen het kwartsgehalte slechts weinig stijgt, treedt een aanzienlijk percentage orthoklaas op.

TABEL 1.

	181a	90a	93	170b	176b
SiO ₂	64.27	67.86	70.76	74.33	75.26
Al ₂ O ₃	16.54	14.63	14.18	12.80	12.67
K ₂ O	3.96	4.96	4.42	7.14	8.68
Na ₂ O	2.63	1.94	2.09	1.12	0.70
CaO	2.97	2.20	2.37	1.27	0.60
(Mn Fe Mg)O	8.59	7.40	5.51	2.96	1.49

181a Kwartsdioriet (Val Rossiga).

90a Biotiet-granodioriet (Val Marcia).

93 Granodioriet (Val Marcia).

170b Graniet (Val Biagio).

176b Granietapliet (Val Rossiga).

De geleidelijke toename van SiO₂ en K₂O en de afname der andere oxyden van links naar rechts in tabel 1 wijzen op de betrouwbaarheid der toegepaste meetmethode. De berekeningen waren gebaseerd op de volgende gegevens: orthoklaas 64.7 % SiO₂; 18.4 % Al₂O₃ en 16.9 % K₂O. Albiet 68.7 % SiO₂; 19.5 % Al₂O₃ en 11.8 % Na₂O. Anorthiet 43.2 % SiO₂; 36.7 % Al₂O₃ en 20.1 % CaO. (Naar JOHANNSEN).

De samenstelling van biotiet uit granodioriet is volgens IDDIGS 37.8 % SiO_2 ; 18.8 % Al_2O_3 ; 9.3 % K_2O en 30.4 % (Mn, Mg, Fe) O. (Niet in rekening zijn gebracht eenige zeldzaam voorkomende verbindingen en H_2O).

Vergelijken wij de waarden uit tabel 1 met die welke door NIGGLI (NIGGLI, P.: Tabellen zur Petrographie und zum Gesteinsbestimmen. Zürich 1929) en TYRRELL (TYRRELL, G. W.: The principles of petrology. London 1930) genoemd worden voor kwartsdioritische tot graniet-aplitische gesteenten, dan vallen hierbij de volgende punten op:

1. De waarde voor SiO_2 is in het algemeen in de door mij onderzochte gesteenten aan den hoogen kant.
2. Het percentage Al_2O_3 stemt daarentegen goed overeen.
3. Het kaliumgehalte is hooger, namelijk $1\frac{1}{2}$ tot 2 maal meer dan normaal. Het verschil wordt naarmate het gesteente zuurder is grooter.
4. Dit laatste is eveneens het geval met de hoeveelheid Na_2O , doch hierbij worden de waarden tot 4 maal kleiner.
5. De kwantiteit CaO blijft steeds onder het gemiddelde; zij vermindert in de weinig zure typen tot op de helft.
6. Het percentage (Mn, Mg, Fe) O komt slechts weinig beneden het normale gehalte.

Samenvattend komt men dus tot de conclusie, dat wij in dit gebied te maken hebben met stollingsgesteenten afkomstig uit een afwijkend kalium- en siliciumrijk magma, dat zich echter vooral kenmerkt door het lage natriumgehalte.

2. Het Perm.

Tot de oudste sedimenten, die in de Bergamasker Alpen gevonden worden, behooren de zogenaamde aporfyrische (Carboon)conglomeraten en de Collio(Onder-Perm)afzettingen, welke in het door mij bewerkte gebied echter niet worden aangetroffen. Het was GÜMBEL (zie litt. 17), die nabij het dorp Manno in het Luganogebied de eerstgenoemde formatie het eerst aantrof en het een grijswit gesteente noemde, voornamelijk uit kwarts- en grondgebergterolsteenen bestaande, zonder porfier. Later werd ook in de Bergamasker Alpen, zooals de kaart van PORRO aangeeft, dit conglomeraat hier en daar aangetoond en in verband met de bij Manno gevonden plantenresten eveneens tot het Carboon gerekend.

Het was reeds vroegere onderzoekers opgevallen, dat de Colliolagen aan den Lago di Como en verder naar het Westen ontbreken. In het geheele Muggio-Margnogebed worden zij nog nergens aangetroffen, doch treden pas eenige kilometers Oostelijker op in het gebied, dat door CROMMELIN bewerkt is.

Over de vaststelling van den ouderdom van het Verrucanoconglomeraat is in de dissertaties der Leidsche geologen reeds uitvoerig geschreven; deze kan daarom evenals een petrografische beschrijving van dit gesteente achterwege gelaten worden.

Het zou mijns inziens juist zijn aan JONG's definitie van Verrucano uit de Bergamasker Alpen (litt. 26, blz. 77): „Ein rotes Konglomerat von Geröllen von vorherrschend Effusivgesteinen mit zahlreichen Geröllen von weiszem Quarz" toe te voegen, dat de grootte der porfierrolsteen hieruit zelden de 20 cm overschrijdt. In de meeste gevallen ziet men, dat vuistgrootte de gemiddelde waarde is en de aanvulling der bovenstaande lithologische beschrijving is speciaal bedoeld, om verwarring met conglomeraten uit de Collioserie te vermijden. Behalve dat bij laatstgenoemde gesteenten de componenten grover waren, leken zij mij ook hoekiger van uiterlijk, terwijl grondmassa en kleur eveneens afwijkend zijn.

Hoewel zoo nu en dan groene Verrucano optreedt (zie COSLIN, WENNEKERS e. a.), blijkt dit toch zeer plaatselijk te zijn. Door het mede voorkomen van het typische roodbruine Boven-Perm is de groene variëteit vrij gemakkelijk te onderscheiden van de Collioconglomeraten. Een toename in grootte van Verrucanorolsteen in Oostelijke richting, zooals TRÜMPY constateerde, vindt naar mijn meening niet plaats. Waarschijnlijk verkreeg hij deze onjuiste voorstelling door de bestudeering van een te weinig uitgebreid gebied, gepaard aan enkele toevallige vondsten.

De tusschen den Verrucano gelegen steriele, roodbruine, vaak gelaagde zandsteen, de z.g. Sernifieten, die geheel overeenstemmen met beschrijvingen uit vorige Leidsche dissertaties, bleken in het beschreven gebied eveneens algemeen voor te komen.

Op enkele plaatsen werden in het Perm eigenaardige licht- tot geelgekleurde langwerpige concreties evenwijdig aan de gelaagdheid aangetroffen; o.a. aan den oorsprong van de meest Oostelijke vertakking van de Rossiga (Zuidhelling Margno).

De grootste dikte bereikt het Perm in het Oosten van het gebied, waar het, aangesneden door den bovenloop van Rossiga en Marcia, imposante muren vormt. De formatie wordt hier meer dan 150 m dik en toont op vele plaatsen prachtige profielen met vrijwel horizontale gelaagdheid. Een geleidelijke afname in dikte vindt plaats in Westelijke richting, zoodat ten Zuiden van Bellano de Verrucano niet meer dan enkele tientallen meters dik is.

Eigenaardig is, dat onder bepaalde omstandigheden de roode kleurstof uit den Verrucano het nevengeesteente kan doordringen. Een voorbeeld hiervan vindt men ten Westen van Tartavalle, waar de overigens zeer lichte chiari-gneisen op vele plaatsen een bruinroode tint hebben aangenomen (zie hoofdstuk petrografie).

3. Het Werfenien.

Deze afzetting, door TRÜMPY (zie litt. 61) met de onderliggende samen-gevat tot Permo-Werfenien, is door de meeste geologen gescheiden gekear-teerd als Buntsandstein of Servino. Fossielen, die in het algemeen weinig of niet in deze formatie voorkomen, werden in mijn gebied niet aangetroffen. Enkele bekende vindplaatsen in de nabijheid van mijn gebied zijn gelegen in Val Biandino en aan het pad, dat van Parlaseo naar Prati d'Agueglio leidt. In het eerstgenoemde dal worden gevonden *Myophoria Costata* Zenk. sp. en *Naticella costata* Müntz. sp., terwijl Crinoiden en planten-

resten als *Voltzia heterophylla* Brgn. en *Aethophyllum* sp. Schimp. nabij Parlaseo voorkomen.

De snelle faciesveranderingen, die zoowel horizontaal als verticaal in het gebied optreden, maken het teekenen van een algemeen geldend detailprofiel onmogelijk. Nergens is bovendien, met uitzondering van het gedeelte tusschen Bellano en Varenna, een goed aaneensluitende doorsnede te bestudeeren. Later zal, in verband met vroeger gepubliceerde profielen, hierop worden teruggekomen. Daar Verrucano langzaam in Servino blijkt over te gaan, is het van het grootste belang voor de kaartteering van beide formaties, een bepaalde grens definitief vast te stellen. Het meest rationeel is, het Perm dáár te laten eindigen, waar het zijn karakteristieke lithologische en uiterlijke eigenschappen (zie vorig hoofdstuk) verliest, hetgeen mij ook uit de litteratuur de meest algemeen gevolgde gewoonte bleek te zijn¹⁾. De Servino begint dan bij de conglomeraten en zanden, die lichter van kleur worden en een overgang vertoonen naar een marine facies. Meteen vindt hierbij een sterke afname van grootte en aantal der porfierrolsteen en plaats. Uit den aard der zaak is op de overgangszone een scherpe scheiding ondoenlijk, doch daarboven volgen reeds spoedig rose tot lichtgekleurde zandsteen en afgewisseld met smalle conglomeraatbankjes, waarin hoe langer hoe meer kwartsrolsteentjes optreden, welke in aantal en doorsnede afnemen, naarmate men in jongere niveau's komt.

Eén en ander is prachtig te bestudeeren in een profiel een paar honderd meter Oostelijk en stroomopwaarts van het punt waar het muil-dierpad, evenwijdig aan en 100 m boven den grooten weg Bellano—Varenna gelegen, het beekje kruist, dat hier de grens kristallijn—sediment volgt. Op de gneiss-chiari ligt hier, scherp door wrijfspiegels afgescheiden, 30 m Verrucano, die op de bovenbeschreven wijze over een afstand van even zooveel meters overgaat in Servino, welke een helling bezit van 40—60 graden SW en een gemiddelde strekking van N 310° E.

Indien men nu de „mulattiera” in Zuidelijke richting volgt, blijft men ongeveer 250 m steeds in afwisselende lagen Servinozandsteen en mergels van de karakteristieke bonte kleuren. Hier en daar liggen enkele kalk-dolomietbankjes ingeschakeld. Op deze zachte Midden-Werfenienafzettingen sluiten nu harde, dichte, grijsgekleurde tot twee meter dikke conglomeraatbanken aan, die nergens in de meer Oostelijk gelegen gebieden als zoodanig in Boven-Servino worden aangetroffen. De rolsteen, die tot 10 cm groot kunnen worden, bestaan voornamelijk uit kwarts met hier en daar groote toermalijnen, terwijl ook porfier, hoewel zeer zeldzaam, voorkomt. De zone der conglomeraten, die ongeveer 20 m dik is, wordt gevolgd door 5 m mergelige, tot kwartsitische roode en grijze gesteenten, waar tusschenin een „Rauchwacke” (litt. 35, blz. 685—688) optreedt. Tenslotte vindt er een langzame overgang plaats in Onder-Anisien door het steeds meer optreden van grijze kalkbanken. Merkwaardig zijn de roodbruine conglomeratische zandsteen in het Boven-Werfenien, die te vinden zijn ongeveer 225 m Noordelijk van den funicolare naar

¹⁾ N.B. PORRO rekent Servino zonder fossielen nog tot het Perm.

Regoledo. Zij doen veel denken aan fijn conglomeratische Verrucano en zijn waarschijnlijk identiek aan de veelbesproken San Martino conglomeraten, die ten Zuiden van Lugano voorkomen.

ESCHER VON DER LINTH (litt. 14) was de eerste, die reeds in 1853 een gedetailleerd profiel publiceerde, dat echter tegenwoordig door de dichte vegetatie niet meer zoo uitgebreid is op te nemen. Hij maakte terecht onderscheid tusschen Verrucano en Servino, waarbij hij de dikte der laatstgenoemde afzettingen schatte op ongeveer 300 m. Ook was hij degene, die door zijn vondsten van determineerbare plantenresten uit het Werfenien den juisten ouderdom van deze formatie kon vaststellen. De juistheid van zijn waarnemingen kon grootendeels door mij worden bevestigd, ofschoon zijn dikteopgaven minder goed overeenstemmen. Dit kan echter liggen aan een verschil in opgenomen traject, waaraan ook de afwijking met het detailprofiel van GÜMBEL (zie litt. 17) te wijten is.

Deze laatste volgde namelijk den hoofdweg Bellano—Varenna en constateerde onder het Werfenien, dat hij op ongeveer 375 m dikte schatte, eerst 15 m Permeconglomeraat en tenslotte 10 m: „Grauliche Sandsteine und grossbrockige Conglomerate ohne Porphyngeröll den Mannoschichten ähnlich und dieselbe wahrscheinlich vertretend.” (zie litt. 17, blz. 553).

Met groote zekerheid heb ik echter kunnen vaststellen, dat deze Carbonconglomeraten nergens aanwezig zijn in mijn gebied.

BENECKE (litt. 2) volgde eveneens het door GÜMBEL opgenomen wegprofiel Bellano—Varenna. Zijn opgave van een Verrucanodikte van 25—30 m komt volkomen met mijn bevindingen overeen. Het Werfenien werd door hem onderverdeeld in: *a.* Onder-Servino, hoofdzakelijk uit zandsteen en conglomeraten bestaande en *b.* Boven-Servino, opgebouwd uit dungelaagde zandsteenbankjes, mergels en „Rauchwacken”.

PHILIPPI (litt. 35) was het al opgevallen, dat de aan het Comomeer voorkomende Buntsandsteen een veel meer uitgesproken zandige habitus bezit, dan Oostelijker het geval is, hetgeen ongetwijfeld juist is.

TRÜMPY geeft voor de dikte van het Permo-Werfenien ongeveer 300 m op en kaarteert Verrucano niet afzonderlijk van Servino. Bij Bellano noemt hij de formatie een niet dik en weinig grof conglomeraat, waarvan de doorsnede der rolsteen zelden grooter is dan 5 cm. Dit moge voor de ontsluiting aan den grooten weg het geval zijn, doch bepaalt zich dan volstrekt hierbij. Het blijkbaar vroeger goed te bestudeeren profiel is intusschen in de laatste jaren door plaatsgevonden wegverbeteringen ten deele verdwenen. Het overige deel heeft bovendien door verweering veel aan belangrijkheid ingeboet.

TRÜMPY's indeeling van het Werfenien komt hoofdzakelijk op het teekenen van vier zonen neer: 1°. 150 m glimmerzandsteen; 2°. 100 m kwartzsandsteen afgewisseld met dolomietbankjes; 3°. 50 m Servinozandsteen eveneens afgewisseld met dolomietlagen en tenslotte 20 m mergels en zandsteen als overgang tot het Anisien. Het zijn echter vooral de door hem onder het Werfenien aangeduide gesteenten, die de aandacht trekken. Hij teekent n.l. in het profiel Bellano—Varenna ongeveer 170 m arkosezandsteen en conglomeraten, die gelegen zijn tusschen Werfenien en grondgebergte.

Zoowel GÜMBEL, BENECKE als ik vonden niet meer dan 30 m Perm, terwijl de daarop aansluitende overgangsconglomeraten en zanden bezwaarlijk arkosen genoemd kunnen worden. Een klein verschil in kaartgeving betreffende de grens Werfenien—Anisien bestaat er verder tusschen BENECKE en TRÜMPY eenerzijds en mij, daar eerstgenoemden deze ongeveer teekenden bij den funicolare Regoledo en volgens mijn meening het Anisien reeds 200 m Noordelijker begint.

Tenslotte zou ik willen wijzen op de opvallende, helderwitte verweeringskleur van de Onder-Servinozandsteen (b.v. op de S-helling van de Cima d'Olino), die in het veld minstens even sterk in het oog vallen als de bruingele „Rauchwacke" uit de Boven-Werfenienafzettingen.

De lichtgekleurde slechts weinig gelaagde Servinozandsteen blijken onder den microscoop hoofdzakelijk te bestaan uit zwak afgeronde kwartskorrels. Veldspaten komen vrijwel niet voor en zijn dan meestal ten deele in kaolien en sericiet omgezet. Muscoviet is steeds aanwezig. De structuur van de beide handstukken, afkomstig van de Valle Varesina en de Cima d'Olino (48b en 97), is overwegend kataklastisch-blastosammitisch. Als eenig donker bestanddeel treedt pyriet op.

Verspreid liggende, macroscopisch zichtbare limonietsterretjes zijn als omzettingsproducten van dit erts te beschouwen. De gemiddelde korrelgrootte bedraagt 0.4 mm; slechts enkele individuen bereiken een doorsnede van meer dan één millimeter. Het slijppreparaat van het gesteente uit het Varesinadal vertoont een eigenaardige parallelle unduleusiteit der kwartsen (48b). Bovendien bevat dit mineraal een onnoemelijk aantal gas- en vloeistofinsluitels. Als accessorische mineralen treden op zirkoon, apatiet, erts, toermalijn en soms zoïset. Dit laatste vond ik in den Onder-Servino van de Cima d'Olino (97).

In eenige van den Noordrand der Grigna afkomstige veldspatrijke kwartsieten werden behalve plagioklaas en orthoklaas ook mikroklien en micro-perthiet gevonden (27a en 31a). Hier en daar trof ik een verweerd biotiet. Nergens komt echter Servinozandsteen voor, welk biotiet in groote hoeveelheid bevat. Volgens de beschrijving van TRÜMPY (litt. 61, blz. 410), zou wel een dergelijk gesteente in de buurt van Baiedo ontsloten moeten zijn.

Slijpplaatjes van Servinomergels uit Val Bazzica en Val del Portone vertoonen het beeld van verspreid liggende kwarts-, veldspaat- en muscovietmineralen, in een grondmassa van calciet of dolomiet of beide (128a en 30a). Soms vindt men om kwarts of veldspaat kranen van carbonaatkristallen. Pyriet, hematiet en een weinig verweerd biotiet vormen de donkere bestanddeelen. De gemiddelde korrelgrootte is gering, n.l. slechts 0.1—0.2 mm; wel komen verspreid grootere kristallen voor.

Grijs tot donkergrijs zijn de Servinodolomieten, die Oostelijk van Portone aan den grooten weg ontsloten zijn; zij zijn hard en dicht. Behalve fijne conglomeraatbankjes treden in het gesteente zeer vele kleine calcietadertjes en nesten op, waarin de kristallen tot eenige millimeters groot worden (57). Kwartsarme dolomiet, zooals in Val Portone wordt aangetroffen, heeft een microkristallijne textuur, waarin de donkere bestanddeelen alleen door fijn verdeeld magnetiet worden vertegenwoordigd. De korreldoorsnede bedraagt niet meer dan 0.02 mm (30b).

Uitvoerig wordt de „Rauchwacke”-horizon uit het Werfenien door PHILIPPI behandeld (litt. 35, blz. 685—688). Uit de microscopische beschrijving, die hij aan LEPsius (Das Westliche Süd-Tirol, p. 51, Berlin, 1878) ontleent, blijkt de groote overeenkomst van deze Grigna-afzetting met den „Zellendolomit” uit Tirol.

Mineralen uit de hoornblendegroep, welke COSLIN (litt. 7, blz. 276) in Servinozandsteen en mergels van zijn gebied aantrof, schijnen zeer zeldzaam te zijn en werden ook door mij nergens gevonden.

4. Het kwartair.

A. DILUVIUM.

Tot de afzettingen, dateerend uit dit tijdvak, moeten de op de Zuidzijde van Val Muggiasca bewaard gebleven steen- en grintformaties worden gerekend. Goed ontsloten vindt men hen tusschen Parlasco en Portone. Aan den grooten weg bij laatstgenoemde plaats worden zij gebruikt voor wegverharding. Het zijn verkitte, grijze, eenigszins gelaagde afzettingen, die zwak naar het Noord-Noordwesten hellen en bestaan uit steenfragmenten, uit deze streken afkomstig, voornamelijk kalken, eruptiva en stukken grondgebergte. Zwerfsteen trof ik niet aan, wel talrijke gekraste Grignakalkfragmenten, waarvan een mooi exemplaar zich bevindt in mijn collectie op het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie te Leiden. De afzettingen liggen ongeveer 100 m boven het tegenwoordige bed van de Pioverna en moeten vóór de vorming van de Muggiascakloof zijn gedeponeerd. De niet onbelangrijke, gelaagde, steen-, grint- en zandafzettingen, die zich ten Zuiden van Taceno bevinden en die welke in het stroomgebied van de Maladiga liggen zijn eveneens Diluviaal van oorsprong. Plaatselijk bereiken ze dikten van ruim 100 m. Het hoofdbestanddeel wordt gevormd door stukken gneiss-chiari. Verder, doch in veel mindere mate, komen voor (granaat-)glimmerschisten en Verrucanorolsteen, terwijl kalken ontbreken. Geen der in het gebied gevonden Pleistocene afzettingen gaven den indruk ware morenen te zijn; integendeel, de vaak opvallend duidelijke gelaagdheid toont aan, dat het gletscherpuin in de meeste gevallen door water getransporteerd is geworden.

Erratische blokken vindt men op tal van plaatsen; zoo ligt een bijna 2 m³ groot Verrucanoblok in de Valle dei Molini nabij Ponte di Oro Alto (W-helling Muggio), 150 m boven het meerniveau. Twee andere blokken, ongeveer van dezelfde grootte, worden in de Valle delle Noci, niet ver ten Zuiden van den grooten weg Indovero—Codesino op \pm 800 m hoogte aangetroffen. Zij zijn grofconglomeratisch en hooren waarschijnlijk in de Collioserie thuis. Stroomafwaarts vindt men in deze rivier nog tal van erratica. Bij al de bovengenoemde vondsten bedenke men wel, dat deze zwerfkeien, wegens hun ligging in bergstroompjes, oorspronkelijk veel hoger afgezet werden. Verder is er nog een zeer groot Verrucanoblok gelegen 100 m Noordwest van de stallen van Prato Ortighera (N-helling Muggio) en wel op 1200 m hoogte. Ten slotte ligt er ten Noorden van Alpe Morso Basso op 890 m (S-helling Margno) een rotsblok van \pm 20 m³ met de volgende habitus:

in een groenachtigverweerde, eenigszins fluïdale massa liggen tot 40 cm groote grijsgroene insluitels, waarin duidelijke fenokristen optreden. Vermoedelijk hebben wij hier te maken met een uit deze streken onbekend conglomeraat van porfier (uit de Collio?). Tegelijk treft men op deze plek een biotiet-oogengneis met veldspaatporfieroblasten van 2 cm erratisch aan.

Prae- of interglaciale breccie's, zooals door PHILIPPI en TRÜMPY ten Noorden van Balisio werden gevonden, komen in mijn gebied niet voor.

VERGLETSCHERINGEN.

Gedurende de ijstijden, toen de sneeuwrens ongeveer een 1200 m lager lag dan tegenwoordig, werden tal van dalen en ook de Noord-Italiaansche meerbekkens door gletschers gevuld. PENCK's opvatting, dat het Comomeer en de daarbij gelegen door drempels afgesloten dalen, alleen door gletschererosie ontstaan zijn, wordt vrijwel algemeen als juist erkend. Een tektonische oorzaak moet echter volgens enkelen het naar het Noorden dieper worden van het meer en het naar het Noorden hellen der moreeneterrassen hebben. PENCK (34) verklaarde het eerste door de z.g. „Uebertiefung", terwijl TRÜMPY PHILIPPI's waarnemingen omtrent de Noordwaartsche helling van Diluviale terrassen in de Grigna onjuist acht. Zeer zeker dienen andere soortgelijke vondsten nog eens ter dege onder de loupe genomen te worden. Persoonlijk heb ik in een ontsluiting bij Portone (halverwege Bellano-Taceno) intusschen kunnen vaststellen, dat de gelaagdheid van het glaciale puin onder een hoek van 20° NNW helt, hetgeen eventueel verklaard zou kunnen worden als gevolg van recente tektonische bewegingen; echter van niet meer dan plaatselijk karakter.

De kolossale Addagletscher had in het Noorden van het tegenwoordig Comomeer de zeer groote dikte van ± 2000 m; deze nam Zuidwaarts af met een helling van ongeveer 40°. Bij Bellano splitste zich een deel af naar de Valsassina, om zich via Ballabio bij Lecco weer te vereenigen met den Lecco-arm van den Comogletscher, die zich bij Bellagio in tweeën gedeeld had. Ook werd nog een tak naar het Luganobekken afgegeven door het dal Menaggio-Orlezza.

Met groote waarschijnlijkheid kan worden aangenomen, dat het door mij onderzochte gebied in die periode vrijwel geheel door ijs en sneeuw bedekt was, terwijl de dalen van Varrone en Pioverna, alsmede de depressie tusschen Muggio en Margno den rol van gletscherdal vervulden.

Hoe had de beweging van het ijs tijdens het Pleistoceen plaats?

Vast staat, dat de Varronegletscher zich van Oost naar West bewoog en ongeveer het tegenwoordige dal der rivier volgde. Zijgletschers waren die der Fraina en Marcia. Waarschijnlijk stroomde het ijs voor een deel in de richting van Dervio, ten deele boog het af naar het Zuiden en vereenigde zich hier met den Valsassinagletscher, die de Val Muggiasca in Oostelijke richting volgde en bij Taceno geweldig in diepte en breedte toenam. De bodem er van bevond zich hier op ongeveer 300 m en opvallend zijn daarom de hooge drempels van 865 m

bij Ponte Chiuso en van 750 m tusschen Ballabio en Balisio. Nabij Introbio vereenigde zich met den Valsassinagletscher nog één afkomstig uit de Val Biandino.

Een nader onderzoek is zeker gewenscht in verband met vondsten van verkitte kalk-dolomietbreccies, die als bewijs worden aangevoerd voor een warm interglaciaal tijdperk. Wat de afsluiting van het Comomeer betreft, deze schijnt niet, zooals b.v. bij den Lago di Garda het geval is, te hebben plaatsgevonden door eindmoreenen, doch hoofdzakelijk door een hooge drempel van vast gesteente veroorzaakt te worden.

Bij het terugtrekken van het ijs, werd de Valsassinagletscher spoedig in zijn diep bekken geïsoleerd van den Comogletscher. Het is niet onmogelijk, dat indien het ijs van laatstgenoemden gletscher snel daalde en er een afsluiting plaats vond door moreenen bij Ballabio, Balisio en Pasturo, de afwatering uit den Valsassinatrog toen van Zuidoost naar Noordwest ging verlopen. Hieruit ontwikkelde zich dan later epigenetisch de kloof van de Pioverna. Uit dezen tijd zouden dan ook de fluvio-glaciale afzettingen van Portone moeten dateren.

Ofschoon door enkele onderzoekers op de randen van de Valsassina resten van oeverterrassen werden aangetroffen, die aanleiding gaven tot de onderstelling, dat deze vallei geruimen tijd glaciaal dalmeer is geweest, wensch ik niettemin de aandacht te vestigen op de door DAVIS en BRAUN (zie litt. 11, blz. 226) geopperde mogelijkheid: „Es ist indessen sehr wahrscheinlich, dasz in vielen Fällen, die Verbiegung des Thales so langsam war, dasz es nicht zur Seenbildung kam, dasz sich vielmehr die Ausfüllung der Senke und das Einschneiden der Schlucht im selben Maszstab mit der Verbiegung vollzog, der Fluss sich als Fluss erhielt und zu keinem See ausgestaut wurde.”

B. ALLUVIUM.

In het eerste hoofdstuk werd reeds één en ander vermeld over post-glaciale puinkegels in verband met de morfologie van het landschap. Het zijn eenigszins gelaagde afzettingen van weinig afgerolde steenen, die ten deele verkit zijn en voornamelijk bestaan uit grof materiaal van uit het stroomgebied der bijbehorende beekstelsels, daar de fijnere componenten door het groote verval der stortbeken naar de stamrivieren worden afgevoerd. De laatste vormen bij hun uitmonding in het meer delta's, die dus zoowel uit fijn slijk als uit rolsteenen zijn opgebouwd. Duidelijk is te zien hoe het na zwaren regenval door modder bruin gekleurde water eenige honderden meters in het blauwgroene meerwater wordt voortgestuwd. De oppervlakte der delta's is vrijwel horizontaal en daalt over een bedrag van hoogstens eenige meters zwak naar het Westen, waaruit de conclusie is te trekken, mede door het ontbreken van oeverterrassen, dat de waterspiegel sinds het Pleistoceen maar weinig in niveauihoogte gedaald is. In tegenstelling met delta's aan de zee kust, vindt men hier maar steeds één afvoergeul. Dit komt, omdat stroomingen en golfslag, waardoor materiaaltransport aan den mond der rivieren zou plaatsvinden en aanleiding zou kunnen geven tot verlegging van het bed, hier ontbreken.

De opvulling van de Valsassina heb ik Alluvium genoemd, doch men houde in het oog, dat slechts een gedeelte hiervan post-glaciaal uit erosie ontstaan is, de rest behoort tot oude moreenen, die door het water getransporteerd en ten deele afgerold zijn. Deze groote massa rolsteenen kon niet allemaal afgevoerd worden en zoo sneed de Pioverna zich hierin een plaatselijk vrij diep bed, terwijl de afzetting verkitte tot een betrekkelijk hechte formatie van uiteenlopende gesteenten. BENECKE teekent op beide randen van het dal nog een zoom van glaciale afzettingen. Het is niet onmogelijk, dat inderdaad nog zuivere resten daarvan aanwezig zijn, doch in het door mij bewerkte gedeelte kon ik hieromtrent niets met zekerheid aantonen.

Recente hellingbreccie werd op de Zuidwestelijke helling van de Valsassina tusschen Cortenova en Parlasco aangetroffen en op de kaart ingeteekend. Het is een formatie van groote hoekige dolomiet- en kalkbrokstukken met zand en gruis verkit tot een lichtgekleurd, hard gesteente, dat op sommige plaatsen een dikte van eenige meters bereikt. Het vormt voor een deel de bouwstof van de puinkegels, waarbij het vaak caverneuze, lichtgekleurde uiterlijk met de soms meer dan één meter groote steenfragmenten duidelijk in het oog valt. Bergstortingen hebben in groote getale plaatsgevonden op de Valsassinazijde van den Cimone di Margno. Niet alleen treft men kolossale Verucanoblokken in de beekinsnijdingen aan, maar ook is een groot gedeelte van den bergwand ten Westen van Val Rossiga er mee bezaaid. Op de Noordhelling van den Monte di Muggio vindt men Westelijk van Valle Larga eveneens een uitgestrekt puinblokkenveld, echter van kristallijne gesteenten. Verder hebben zich op tal van plaatsen tegen de berghellingen puinkegels gevormd, ontstaan door verweering van de naakte rots; voor het meerendeel zijn ze echter van ondergeschikte beteekenis.

Aanhangsel: Nuttige delfstoffen.

Ertsen (189).

Deze worden niet meer geëxploiteerd in verband met de te kleine hoeveelheden, die loonende ontginning onmogelijk maken. Sideriet van hydrothermalen^o oorsprong wordt tegelijk met bariet en kwarts gevonden achter de kerk San Martino tusschen Narro en Indovero. Het erts, dat omzettingen vertoont in hematiet en limoniet, is afgezet op breuken in Onder-Servinoconglomeraten. Uit de hier aanwezige kleine galerij blijkt, dat vroeger ontginning heeft plaats gehad. Verder werd op eenige plaatsen in gneiss-chiari ijzerglimmer (hematiet) aangetroffen, o. a. vlak ten Noorden van de brug over de Varesina nabij Indovero, waar kleine adertjes de orthogesteenten doorboren en hier waarschijnlijk een pneumatolitische ontstaanswijze hebben. Onder gepolariseerd licht vertoont het macroscopisch blauwviolet mineraal, het beeld van zeer kleine bloedrood doorschijnende schubjes, die niet of slechts zeer zwak pleochroïtisch zijn. Met opvallend licht is de kleur staalblauw tot rood, terwijl onder gekruiste nicols maar een zwakke oplichting plaats vindt, die door de eigen kleur overheerscht wordt.

Galeniet komt voor in het Rossigadal ten NE van Alpe Morso Basso, waar het te zamen met kwarts hydrothermaal op een breuk is afgezet. Gezien de nu verlaten mijngang werd vroeger het erts geëxploiteerd, waarschijnlijk doordat het hier en daar zilverhoudend bleek te zijn.

Tenslotte noemt CURIONI nog het voorkomen van kwikerts op den Cimone di Margno: „Queste rocce al „Grasso” sul fianco nord del monte Cimone, contengono vene e cristalli isolati di zolfo di mercurio e lungo la strada per Casargo, alla Capella di Santa Caterina, divengono alquanto feldspatiche.”

Het gelukte mij echter niet deze vindplaats nog te ontdekken.

Bariet.

Een Post-Alpine hydrothermale zwaarspaatafzetting op breuken in Onder-Servinoconglomeraat wordt gevonden achter de kerk San Martino tusschen Narro en Indovero. Het gesteente komt hier met kwarts en ijzererts tezamen voor in kleine voor exploitatie onvoldoende hoeveelheden. Andere vindplaatsen zijn gelegen in het Zuidelijk deel van Val Biagio (125a) en in het venster van Val Rossiga, tusschen Alpe Morso Alto en Basso en aan den oorsprong van den meest Oostelijken tak der Rossiga. Nergens wordt het echter meer ontgonnen. Een uitgesproken richting der barietafzettingen kon niet worden aangetoond, evenmin kon de vaststelling van den ouderdom er van geschieden.

Kwarts-veldspaatgesteente van Cava di Feldspato.

Op de Noordhelling van den Monte di Muggio bevinden zich twee ontginningen van een lichtblauwdoorschijnend, ongelaagd gesteente, dat voornamelijk uit veldspaat en kwarts in wisselende verhouding is opgebouwd en op breuken is afgezet. De breedte der meest Oostelijke en belangrijkste ader bedraagt ongeveer 20 m, de strekking is 310° Oost, terwijl de helling vrijwel loodrecht verloopt. De kern der afzetting, die niet meer dan een vijftal meters dik is en naar het Noorden en Zuiden uitwigt, bestaat uit zuiver hydrothermaal afgezette mineralen.

De kristallijne gesteenten aan weerszijden der gangspleet zijn door de injectie duidelijk contactmetamorf veranderd. Zij ondergingen voornamelijk een silicificatie, waarbij tegelijk de donkere bestanddeelen werden opgelost en afgevoerd. Talrijke verschijnselen, welke wijzen op sterken druk, doen veronderstellen, dat de vorming der afzetting de eindphase der Alpine orogenese is voorafgegaan. De nu volgende petrografische beschrijving betreft een drietal handstukken geslagen vanuit het nevengeesteente naar het midden der gangvulling toe.

Het meest periphere gesteente is macroscopisch dicht, zwak schisteus en grijs van kleur. De oorspronkelijke biotietschisten van het grondgebte blijken onder den microscoop (68a) kataklastisch veranderd te zijn in een fijn vezelig aggregaat van kwarts, sericiet en veldspaat, terwijl de biotiet werd omgezet in chloriet en fijn verdeeld erts.

Als pneumatolitische contactmineralen treden op toermalijn ($c = n\alpha =$ lichtgeel; $n\gamma =$ bruingroen) en rutiel in naalden tot $\frac{1}{2}$ mm.

Door het preparaat loopt een kwartsadertje, waarvan op de flanken prachtige chlorietsferolieten gelegen zijn. De kwartsen zijn ongeveer 1 mm in doorsnede en vertoonen alle willekeurig verloopende rijen van zeer kleine vloeistofinsluitels, waarin vaak gasbelletjes in Brownsche beweging voorkomen.

Het volgende handstuk (68b) is lichter van kleur en glanzend op de breuk. Microscopisch blijken de zeldzame donkere bestanddeelen te bestaan uit pyriet, magnetiet, rutiel en toermalijn. Overigens bestaat het gesteente grotendeels uit orthoklaas, plagioklaas, en een weinig kwarts. Het hoogere veldspaatgehalte en de rijkdom aan sericiet, welk het gesteente poikiloblastisch doorzeeft, moeten in direct verband staan met de hydrothermaal-pneumatolitische ontstaanswijze der gangafzetting.

Tenslotte vertoont een slijpplaatje, gemaakt van een fragment van het midden der spleetvulling, een vrijwel leukokraat gesteente met nog slechts een spoor van erts en sericiet (No. 68c).

Onder gekruiste nicols blijkt een typische mortelstructuur te bestaan, waarbij veldspaten als porfieroklasten optreden en kwarts den rol vervult van fijn verbrijzeld vulmateriaal. Accessorisch vindt men het nooit ontbrekende apatiet en zirkoon.

De exploitatie van het gesteente van Cava di Feldspato vindt plaats ten behoeve der glas- en aardewerkindustrie.

Servino.

De rood- tot groengekleurde lei-achtige afzettingen uit het Onder-Trias zijn soms bruikbaar als dakbedekking en worden niet ver ten Oosten van den grooten weg bij Margno voor dit doel ontgonnen.

CURIONI (zie litt. 9), die ten onrechte de sedimentaire bedekking van den Margno tot het Perm rekende, deed HAUER (zie litt. blz. 456) tot een foutieve conclusie komen: „Weiter westlich von Passo S. Marco scheint der Schiefer der Steinkohlenformation grösstentheils zu fehlen, nur bei Margno im Valsassina, wo nach CURIONI Dachschiefer gebrochen wird, dürfte sich wieder ein Partie desselben zwischen den Verrucano und die Krystallinischen Gesteine einschieben.”

PORRO's kaart 1:100.000, die voor zijn tijd het meest perfect is te noemen, gaf ook op bovenstaand punt de juiste verbetering.

Minerale bronnen.

De bekendheid van de Valsassina is voor een niet gering deel te danken aan het geneeskrachtige bronwater van Tartavalle, dat gebruikt wordt tegen maag- en darmstoornissen en ziekten der urinewegen. Een chemische analyse, welke mij ter beschikking werd gesteld en die opgemaakt werd in 1922 door Dott. ENRICO GALLI directeur van het laboratorium Chimico Municipale di Milano, laat ik hierbij volgen.

Sostanze sciolte in un litro d'acqua espresse in Joni.

Residuo fisso a 100°		gr.	2.575
„ „ a 150°		„	2.388
Jone carbonico totale	CO ₃	„	0.2620
„ „ libero e semicomb.	CO ₃	„	0.1417
„ „ combinato	CO ₃	„	0.1203
„ cloridrico	Cl	„	0.1102
„ fluoridrico	Fl	„	traccie
„ solforico	SO ₄	„	1.5160
„ nitrico	NO ₃	„	traccie
„ ammonico	NH ₄	„	0
„ silice	SiO ₂	„	0.0136
„ alluminio	Al	„	0.0011
„ ferro	Fe	„	0.0040
„ manganese	Mn	„	traccie
„ calcio	Ca	„	0.5214
„ magnesia	Mg	„	0.0991
„ litio	Li	„	0.0013
„ sodio	Na	„	0.0125
„ potassio	K	„	0.0098
„ bario	Ba	„	traccie
„ stronzio	Sr	„	„
„ bromo	Br	„	0
„ jodio	J	„	0
„ arsenico	As	„	0.00025
Azoto		cc.	6.—
Ossigeno		„	8.—
Sostanze organiche (O consumato)		gr.	0.00036

Het bronwater heeft een temperatuur van ongeveer 12.5° C. en is dus niet afkomstig uit groote diepte. De rijkdom aan minerale bestanddeelen moet geweten worden aan de oplosbaarheid der verbindingen uit de Triadische sedimenten, die het Noordelijk deel der Grigna hebben opgebouwd.

III. HISTORISCH-GEOLOGISCH OVERZICHT.

De kristallijne gesteenten, waaruit voor een deel de ondergrond der Bergamasker Alpen is opgebouwd evenals de zone ten Noorden van de Orobische lijn, dateeren uit Prae-Permischen tijd. Dit bewijzen de stukken gneiss-chiari en schisten, die zich in Verrucano en Collioconglomeraten bevinden. Over den ouderdom van het grondgebergte zijn de meeningen zeer uiteenlopend, hetgeen niet te verwonderen valt, daar zoowel het gemis aan fossielen als talrijke breuken, plooiën en opschuivingen de stratigrafische indeeling tot een zeer lastig vraagstuk maken. Na een langen, onbestemden tijd van bodembewegingen en vulkanisme trad er voor deze streken een periode van rust in gedurende het Onder- en Midden-Cambrium met de transgressie van de z.g. West-Mediterrane zee. Hierna vond er voor korten tijd een regressie plaats, waarna reeds in het begin van het Siluur het land wederom onder het zeeoppervlak kwam. Vermoedelijk bleef ook tijdens de Caledonische orogenese, waaraan ongetwijfeld bodembewegingen en vulkanische werkzaamheid gepaard gingen, het gebied grootendeels onder water. Een stijging tijdens het Boven-Carboon was het gevolg van de Hercynische plooiingsphase. Afkomstig uit of kort na dit tijdvak zijn waarschijnlijk de aporfierische conglomeraten, die in het Oosten op enkele plaatsen worden aangetroffen en de grove Onder-Collioconglomeraten en breccie's uit het Onder-Perm.

Marien afgezet werden de dikke Colliolagen in het Oostelijk deel der Bergamasker Alpen, waarbij uitgestrekte porfier- en tufhorizonten wijzen op heftige erupties. In de richting van het tegenwoordige Comomeer namen zoowel zeediepte als vulkanisch materiaal snel af in dit tijdvak.

De kristallijne ondergrond van den Verrucano in het Westen en van het Onder-Perm in het Oosten kunnen wij ons denken te zijn òf de geheel gemetamorfoscereerde Palaeozoische sedimenten zelf òf nog oudere gesteenten. In het door mij bewerkte gebied zijn de gneiss-chiari en de paragesteenten te rekenen tot een periode ouder dan die der eruptiva uit de vensters van Val Marcia, Rossiga en Biagio. De laatste intrudeerden vóór de vorming van het Verrucanorolsteconglomeraat en werden bij het oprijzen van het land door erosie ten deele blootgelegd. Te zelfder tijd ongeveer vonden porfiereextrusies van een typische roodbruine kleur plaats, die het voornaamste materiaal leverden voor de Boven-Permische conglomeraten (Verrucano), die een terrestrischen oorsprong schijnen te hebben.

In Europa heerschte toen een aride klimaat, waarbij fossilisaties in deze streken tot de groote uitzonderingen behoorden.

Het afgeronde uiterlijk der porfiereconglomeraten, dat op een lang-

durig transport door water wijst, staat misschien ook in verband met de langzame daling, die in het begin van het Mesozoicum is ingezet. Uit den aard der Permische-Onder-Triadische sedimenten ten Zuiden van Bellano valt op te maken, dat de vulkanische activiteit allengs afgenomen is en de zee dieper werd. Of de Boven-Servinoconglomeraten toe te schrijven zijn aan een tijdelijke regressie of wel, dat ze moeten worden beschouwd als plaatselijk ingespoeld, is niet met zekerheid te zeggen. Daar het geosyclinale bekken tijdens het Trias Westwaarts veel minder daalde, kan men zich voorstellen, dat hier, door het wegvallen der Midden-Servinomergels, de conglomeraten van Verrucano, Onder- en Boven-Servino vrijwel samen vallen en een scheiding hiertusschen daarom lastig is door te voeren. De gestadige bodemdaling zette zich tijdens de eerste helft van het Trias voort, waarna oscillaties en perioden van stilstand optraden.

Tenslotte ving in het Boven-Krijt de beginphase aan van de Alpine plooiing, waarvan het paroxysme in het Tertiair optrad en zwak naverkte in het Kwartair. Hierbij werd het gebied hoog opgeheven, waarbij de sedimenten onder vorming van plooiën, breuken, op- en afschuivingen zich aanpasten aan den sterk deformeeren den ondergrond en de tangentiaal werkende drukkrachten, terwijl direct na de marine regressie de erosie haar ononderbroken en belangrijken invloed deed gelden. De tuffen in de Raiblerlagen getuigen van erupties gedurende het Trias; doch pas in het laatst van het Mesozoicum en het Tertiair vonden de groote intrusies plaats van den Monte Disgrazia, het Adamello-massief e. a., waaruit kan worden afgeleid, dat in deze streken tijdens de Alpine orogenese de vulkanische activiteit haar hoogtepunt bereikte. Tot de laatste uitingen hiervan behooren de hydrothermaal-pneumatolitische afzettingen, welke men tegenwoordig op tal van plaatsen in de Noord-Italiaansche Alpen aantreft. De voortschrijdende glyptogenese gedurende het Kwartair en speciaal de glaciale erosie in het begin er van, gepaard met nog zwakke tektonische nawerkingen, gaven tenslotte aan het landschap het tegenwoordige uiterlijk.

IV. GEOLOGIE EN TEKTONIEK.

A. BESCHOUWING VAN HET GEBIED AAN DE HAND VAN KAART EN PROFIELEN.

Reeds een vluchtige blik op de geologische kaart toont, dat wij groote verschillen verwachten mogen in den bouw van den Monte di Muggio en den Cimone di Margno. De eerstgenoemde berg bestaat vrijwel geheel uit min of meer steil opgerichte glimmerschisten, die tusschen Inesio en Bellano vrij vlak een breede zone chiari-gneisen overschuiven, welke laatste onder het sedimentpakket van het Grignagebergte wegduiken.

De Cimone di Margno daarentegen bestaat grootendeels uit een eruptief-kristallijn culminatie, die aan den Zuidkant door Verrucano, aan de Noordzijde echter door een gneiss-chiari-overschuiving en sterk gestoorde Permische-Onder-Triadische afzettingen is bedekt. De tusschen beide toppen gelegen zone kenmerkt zich door een serie overschuivingen in het kristallijn, waarbij vaak strooken sediment werden ingeklemd. Dit zijn de drie voornaamste zonen, waarin het door mij bewerkte gebied zich laat onderverdeelen. Er zal nu worden overgegaan tot een nadere beschouwing van de kaart en de profielen, steeds van het Noorden naar het Zuiden gaande.

Ten Zuiden van Premana is op *profiel 1* tusschen de glimmerschisten nog een overschoven strookje orthogneis geteekend. Deze dagzoomt namelijk een paar honderd meter Westelijker en snijdt hier den grooten weg. Niet meer dan eenige tientallen meters dik is de gneiss-chiari laag, die hier op volgt. Het gestippelde luchtprofiel geeft aan, dat deze bank moet behoord hebben tot de zich in het Oosten bevindende groote overschuiving van gneis op sediment. Onder anderen bij Oasa zijn, evenals bij de electriche centrale in de Varronebedding, tusschen chiari-gneisen sterk vermalen Permstrooken ingeklemd. Men zou geneigd zijn deze te rekenen tot een door gneiss-chiari vrijwel geheel verschoven Verrucano-Servino schubstelsel, waarbij laatstgenoemd sediment door de overschuiving geheel aan het oog zou zijn onttrokken. Toch is deze veronderstelling in dit geval onwaarschijnlijk. Er werden namelijk door overschuivingen in het kristallijne grondgebergte kleine gedeelten van het zich direct daarop bevindende Perm ingesloten, hetgeen door tal van waarnemingen op andere plaatsen kon worden bevestigd. De steilstaande Servinomergels nabij den mond van de Marcia wijzen op een onregelmatigheid in den ondergrond, die onder anderen veroorzaakt kan zijn door een daar aanwezig, geheel door Servino overschoven, bankje Verrucano. De groote afstand, waarover in Zuidelijke richting steeds deze mergels worden aangetroffen, doet een tektonische verdubbeling vermoeden. Het bleek echter ondoenlijk het bewijs hiervoor

in het terrein aan te toonen. Oostelijk en Westelijk van de Marcia bij Alpe Foppa di Ronco en Alpe Porcile di Sopra treffen wij onder het gneiss-chiaridek enkele Permresten aan. Deze kunnen worden opgevat als te zijn afgebroken van een, op de plaats van de Val Varrone en onder den Servino, achtergebleven Verrucanopakket; ook kunnen zij door de groote wrijving tusschen Perm en kristallijn meegesleurd zijn uit het oorsprongsgebied der gneiss-chiari-overschuiving. De sterke druk uit Noordelijke richting was oorzaak van een aantal opschuivingen in het kristallijn ten Noorden van de culminatie van den Cimone di Margno. Het gevolg was, dat de op den Noordelijken vleugel der culminatie liggende sedimenten in de knel kwamen, waarbij speciaal in het stugge Verrucanodek min of meer onregelmatig verloopende breuken ontstonden. De stukken werden later door de zich in het Noorden ontwikkelende gneiss-chiari-overschuiving in elkaar geschoven, waarbij de Servino ten deele de rol van glijmiddel vervulde. Dat hierdoor vrijwel steeds het stratigrafische verband verloren raakte is zonder meer duidelijk. Daarom werden overal op de grenzen van Verrucano en Servino overschuivingsvlakken geteekend. In de praktijk zullen de verschuivingen natuurlijk alleen langs plastische zonen in den Servino plaats hebben en nooit in de harde Onder-Servinoconglomeraten van het Permische-Onder-Triadische systeem. De boven profiel 1 op dezelfde hoogtebasis, doch ± 1400 m Oostelijker, geteekende doorsnede geeft een goed beeld van de voortzetting der groote gneiss-chiari-overschuiving. Zeer op prijs gesteld heb ik de medewerking van collega CROMMELIN, die mij toestond van zijn gegevens hieromtrent gebruik te maken. Ook ingeteekend is het, eveneens in zijn terrein gelegen, rotswandje van horizontaal gelaagde Permische conglomeraten nabij Alpe Sasso dirotto, waartoe de gneiss-chiari-overschuiving dicht nadert. Het gestippelde luchtprofiel duidt aan, hoe vroeger de ondergrens van het gneis in het Noordelijk deel en die van den Verrucano aan den Zuidkant van het venster van de Marcia gelegen moet hebben.

Uit een nauwkeurig onderzoek van het venster ten Zuiden van Premana blijkt, dat zich hier vroeger twee drukkrachten hebben doen gelden; één uit het Noordwesten en één uit Noordoostelijke richting. Op tal van plaatsen vindt men verder aan den rand gewalste Perm-bankjes tusschen het kristallijn. Een niet onbelangrijke vergruizingszone van gneisen is ontsloten in het Varronedal tusschen de electriche centrale en den grooten weg. Merkwaardigerwijze is de helling hierin zwak Zuidwest in tegenstelling met de omliggende gesteenten, die meer Noordwest en Westelijk hellen. De reden er van is de volgende:

Oostelijk van het venster ten Zuiden van Premana en Oostelijk van de Val Marcia strekt zich de reeds genoemde groote gneiss-chiari-overschuiving uit, welke ontstaan is onder invloed van Noordoostelijk aangrijpende drukkrachten. De oorsprongszone van dit kristallijn wigt Westwaarts uit en verloopt hier als een smalle bank langs de Noordelijke helling van het Premanavenster. Dit uiteinde, de tegenwoordige brecciezone, werd later uit Westelijke richting overschoven door de Margnogneisen, die alle uit meer Noordwestelijke richting werden opgestuwd. De zwakke Zuidwaartsche helling ontstond door den in die

richting toenemenden verticalen druk van het overschoven dek der Margnogneisen.

Het dal van de Marcia is tektonisch en geologisch bijzonder interessant, doch is helaas niet overal even gemakkelijk toegankelijk en goed ontsloten. Met behulp van figuur 3 zal het echter niet moeilijk zijn het, onder verschillende drukrichtingen en krachten ontstane, onregelmatige schub- en opschuivingsstelsel na te gaan. De eerste Verrucanobank, stroomopwaartsgaande, vertoont een gemiddelde helling van ongeveer 45° Noord-Noordoost. De Noordwaarts daarop aansluitende Servino op den Westelijken oever toont echter sterk onder een druk uit Noordwestelijke richting gestaan te hebben. Dat ook de Verrucanobank een duidelijken invloed ondergaan heeft van deze kracht is heel mooi te zien aan het verloop van den dagzoom langs de beek. Eenige honderdtallen meters Zuidelijker ziet men op den Oostelijken oever een tweede zeer dikke Permbank ontsloten met een helling en strekking ongeveer gelijk aan de eerste. Op den Westelijken oever blijkt zij echter vrij spoedig tektonisch uit te wiggen, terwijl steile Zuidwest hellende Servinolagen in de bedding van de Marcia wijzen op plaatseelijke complicaties.

Tenslotte ligt er tegen den Noordelijken vleugel van de kristallijn-eruptief culminatie een dik pakket Permische conglomeraten, die in meer dan één richting clivage vertoonen.

Verschuivingen, vermoedelijk langs horizonten van Sernifiet, hebben aanleiding gegeven tot een naar boven toe wijder wordende afsplitsing van zowol op den Oostelijken als op den Westelijken kant voorkomende Verrucanobankjes. Van de op profiel 1 geheel rechts geteekende Permische-Onder-Triadische formaties is het stratigrafische verband vrijwel geheel intact gebleven. Verschuivingen vonden alleen plaats aan de basis van den Verrucano over een betrekkelijk effen vloer.

In de diepe Varonekloof ligt de grens gneiss-chiari—glimmerschist en zooals *profiel 2* laat zien verloopt het contact tusschen beide formaties vrij steil en blijkbaar onregelmatig, daar ondanks de talrijke bochten de rivier over een afstand van 2 km steeds de grens volgt. Dagzoomt nu hier tusschen Premana en Pagnona de oorsprongzone van de Margno-overschuiving, of ligt zij op de Oostelijke helling van den Muggio, waar wij eveneens chiari-gneisen vinden, doch van afwijkende strekking? In het laatste geval bedraagt deze $\pm 230^{\circ}$; in het eerste geval ongeveer 260° als gemiddelde waarde. Dit geringe verschil, als gevolg van het feit, dat de druk uit verschillende richtingen heeft ingewerkt, maakt het niet onaannemelijk, dat de geheele zone tusschen Premana—Pagnona en Pagnona—Codesino als één geheel beschouwd moet worden. De oorzaak van het verschil in strekking moet worden gezocht in den ongelijken tegendruk, die de eruptief-kristallijn culminatie van den Margno leverde.

De, aan de basis der groote gneiss-chiari overschuiving geteekende, opschuivingen kunnen worden opgevat als ontstaan in de chiari-gneisen zelf, of wel ze mogen worden voorgesteld als verschuivingen ontstaan in het kristallijn van de Margnoculminatie, als gevolg van de groote, op deze plaats uitgeoefende, uit het Noorden werkende krachten.

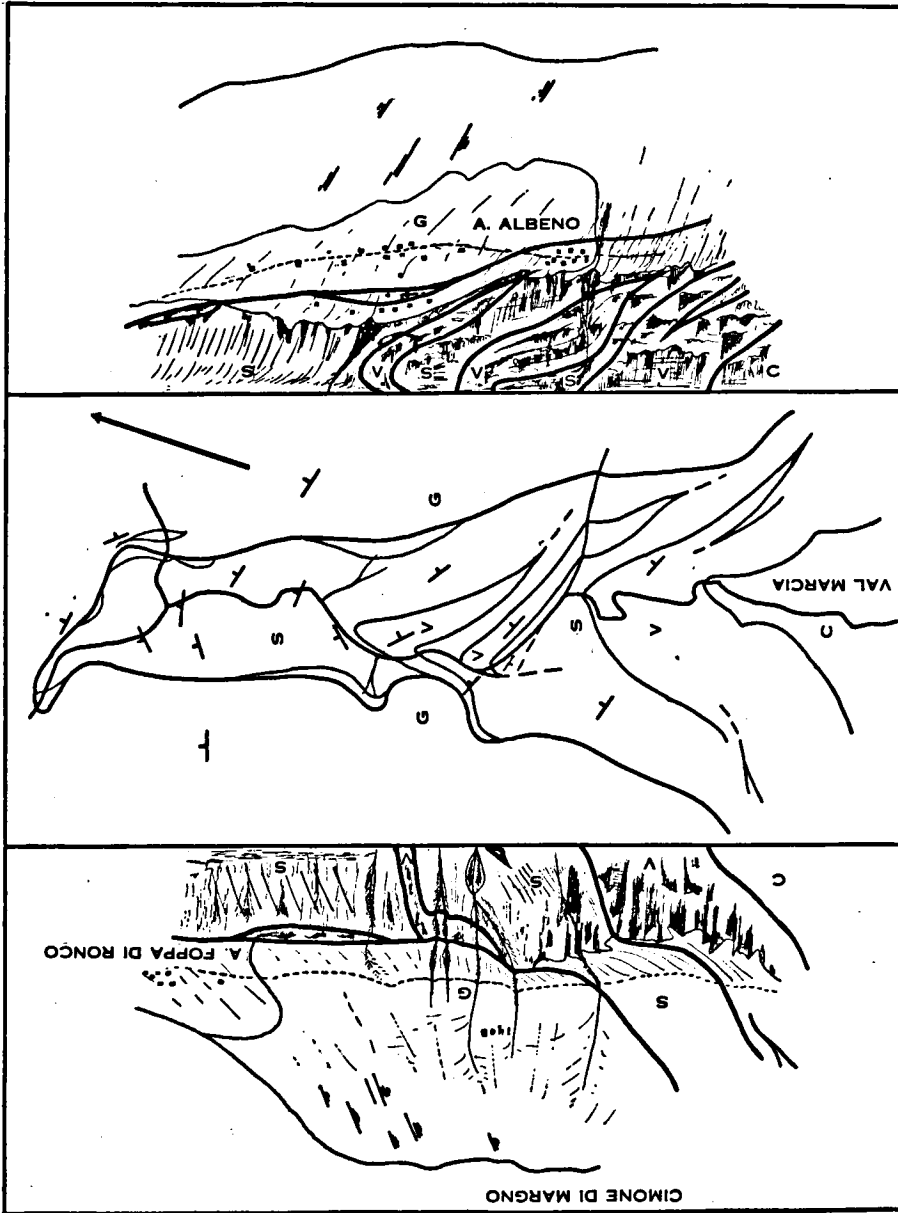


Fig. 3.

Schubsysteem in de Val Marcia.

s == Servino.

g == gneiss-chiari.

v == Verrucano.

c == eruptief-kristallijn culminatie.

Verder is deze invloed ook waar te nemen in het kristallijn van den bovenloop der Marcia, dat op tal van plaatsen breuken vertoont. De, onder het gneiss-chiaridek oorspronkelijk liggende en ten deele als glijmiddel dienende, Permische-Onder-Triadische sedimenten werden uitgewalst en voor de rest verschubd.

Aan het zich ten Zuiden van de Alpe Chiarelli bevindende topje is bijzonder mooi te zien, hoe de uit het Noorden opgedrongen Perm-bank tegen de hier vrijwel horizontaal liggende Verrucanorest is opgeschoven. Deze behoorde oorspronkelijk tot het bijna geïsoleerde Permmassief ten Zuidoosten van Stalle di Val Marcia, dat weer één geheel vormt met de Verrucanomuren beneden Alpe Dolcigo, Alpe Ombrega en Alpe Sasso diretto (zie ook profiel 1 en A). Laatstgenoemde afzettingen zijn alle door autochthonen Servino bedekt, die echter in het Westelijke deel van het venster geheel afwezig is. Door de topografisch lagere ligging van dit deel verdwenen door erosie, uitgezonderd de bovengenoemde resten, alle andere sedimenten. De geheel rechts in het profiel op de culminatie liggende Verrucano vatte men vooral niet op als behoorend tot de, in het Zuidelijk gedeelte van profiel 1 geteekende, Permische-Onder-Triadische afzettingen. Zij zijn namelijk door een breuk van elkaar gescheiden.

In *profiel 3* zijn de groote uitgestrektheid en dikte van het gneiss-chiaridek, dat in deze richting vrijwel zijn maximum bereikt, opvallend. De sedimenten zijn voor een deel tusschen de overschuiving en de culminatie uitgeknepen. De rechts op het profiel voorkomende Permische-Onder-Triadische afzettingen vormen één geheel met de afzettingen, welke aan den Zuidwand van de Valsassina aan den dag treden (zie profiel B). Het zijn in normaal contact liggende formaties, welke samen een verschuiving hebben ondergaan, hetgeen blijkt uit verder onderzoek van het contactvlak aan de basis van den Verrucano. Bovendien loopt vrijwel zonder uitzondering de stratigrafische gelaagdheid der conglomeraten evenwijdig aan het overschuivingsvlak. In de gneisen, die de Noordzijde van den Margno bedekken, kan een vrij steile, bankige gelaagdheid geconstateerd worden, waarvan de helling Noord tot Noordwest is en de strekking ongeveer evenwijdig aan de oorsprongzone der overschuiving verloopt.

Profiel 4 begint met een afwisselende serie gesteenten, waarbij opgemerkt dient te worden, dat noch de Zuidelijk van de hoornblendebank gelegen glimmerschisten, noch de hiergelegen uitgestrekte chiari-gneisen bijzondere verschillen in mineralogische samenstelling vertoonen ten opzichte van de meer Noordelijk voorkomende gesteenten. Mij ontbreken de bewijzen om de veronderstelling van een ongestoorde en oorspronkelijke ligging der formaties te rechtvaardigen. Daar de streek aan aanmerkelijke drukkrachten en torsie onderhevig is geweest, leek mij het teekenen van verschuivingsvlakken op de grenzen van de onderling in plasticiteit zoo verschillende gesteenten plausibel, hoewel plaatselijk een ongestoord verband mogelijk is. De in de gneiss-chiari geteekende, veronderstelde breuken dienen te worden opgevat als de voortzettingen van het ten Noorden van Codesino ontsloten opschuivings-systeem. Een belangrijke breuk, gekenmerkt door een 20 m breede

myloniet- en brecciezone, is te zien in de Valle di Corda \pm 400 m Oostelijk van den grooten weg. Onder de gneiss-chiari-overschuivingen zijn nog eenige sedimentschubben geteekend, die Zuidelijker door een breuk worden afgesneden. De Servinomergels zijn vrij steil opgeschoven tegen het Permdek op de culminatie. Door den Biagio is de Verrucano voor een klein deel, door het stroomgebied van de Val Rossina echter over groote uitgestrektheid, verwijderd. Het ontsloten eruptief of kristallijn vertoont hier op tal van plaatsen breuken, die zich echter nergens tot in het Perm voortzetten. Wel vertoont dit laatste aan den Noordrand van het Rossigavenster (Val Terremoto) een merkwaardige, door loodrechte clivage ontstane, ongeveer Oost—West gerichte, plaatvormige verdeling. De op de kaart geteekende strook ortho- en hoornblendegneis op de Zuidoostelijke helling van den Muggio is in het terrein reeds van verre duidelijk te zien. Terwijl de helling constant Noordwest gericht blijft, is het des te opvallender, dat de glimmerschisten in de richting van den kam van den Muggio over een bepaalden afstand Zuid tot Zuidoost hellen. Dat dit toegeschreven moet worden aan een tektonische storing ligt voor de hand. Het is mij echter niet mogelijk geweest het verloop er van op de kaart nauwkeurig aan te geven. Nog verder Noordwaarts wordt de strekking ongeveer Oost—West, terwijl de helling in het algemeen steil naar het Noorden gericht is.

De grens Servino—Verrucano op de culminatie verloopt steil, hoewel meer Noordwaarts de Servino weer vlakker ligt. Bovendien zien wij dat in deze richting de Onder-Servinozandsteen plaats maakt voor mergels uit een hooger horizon. De onder dezen Servino verscholen liggende Verrucano werd gebroken geteekend in verband met de steilstaande Servinolagen, die complicaties in den bouw van den ondergrond doen vermoeden.

Profiel 5 geeft eenigszins schematisch het beeld weer van de ingewikkelde reeks verschuivingen, welke op de Zuidoostelijke helling van den Monte di Muggio aan den dag treden. Zij verlopen nagenoeg evenwijdig aan elkaar met een strekking Noordoost—Zuidwest en vormden zich onder invloed van de resultanten der uit het Noorden komende krachten en den tegendruk van de Margnoculminatie tot Noordwaarts gerichte, varieerend hellende, vlakke tot gebogen verschuivingen.

Vlak ten Noorden van de culminatie werd in den ondergrond nog een gedeelte geteekend van de zich naar het Oosten zoo sterk uitbreidende gneiss-chiari-overschuiving.

Zuidwaarts van de Orobische lijn wordt nu over grooten afstand Servino gevonden. Waarschijnlijk hebben hierin verdubbelingen plaats gehad. Mooie voorbeelden van micro-opschuivingen van Permo-Triadische sedimenten en kristallijn geven de ontsluitingen Noordwestelijk van Codesino in een drietal hiergelegen beekinsnijdingen. (Op de geologische kaart is de dikte der ingeklemde formaties overdreven aangegeven moeten worden). Noordoostwaarts eindigen de strooken sediment in chiari-gneisen. Hier zien wij als laatste rest sterk vermalen en met gneiss-chiari „innig vergroeiden” Verrucano. In den bovenloop van de Valle delle Noci vindt men talrijke steile Noord—Zuid en onge-

veer Noordoost—Zuidwest verloopende breuken in het kristallijn. Op een hoogte van 1100 m kan men verder opvallende, zeer dikke en donkergekleurde hoornblendeformaties aantreffen, die Noordwaarts gevolgd worden door glimmerrijke gneiss-chiari (zie hoofdstuk: Petrografie). Iets verder Oostelijk komt men aan een kleine kloof, ongeveer Zuidoost van Alpe Chiaretto, waarvan het ontstaan aan een klein, vrijwel verticaal breukje is toe te schrijven. De Permische afzettingen op den Zuidvleugel van de Margnoculminatie vormen ten Zuiden van Val Biagio niet meer één samenhangend geheel, doch zijn plaatselijk door erosie veranderd in velden van puinblokken.

Profiel 6 vertoont ten Noorden van de voortzetting der Margnoculminatie soortgelijke gecompliceerde overschuivingen als die van het vorige profiel. De culminatie zelf eindigt niet alleen in Noordelijke richting, maar duikt eveneens sterk Westwaarts, hetgeen op profiel A goed te zien is. Verder snijdt profiel 6 het breede Piovernadal onder een hoek van 30° , hetgeen de verhouding tusschen breedte en diepte onjuist weergeeft. Beter komt dit op profiel B tot zijn recht. Uit de constructie van den oorspronkelijken erosietrog blijkt, dat de Verrucano over een bepaalden afstand geheel moet zijn weggevoerd en het onderliggende kristallijn of eruptief is aangesneden.

Een interessante, hoewel door de talrijke watervallen en stroomversnellingen niet gemakkelijke tocht is te ondernemen vanaf de Pioverna door het dal van de Varesina naar het oorsprongsgebied van deze bergbeek. Eerst vindt men ten Zuidwesten van Taceno de overschuiving van gneiss-chiari op Boven-Servino—Onder-Anisien. Deze laatste zijn donkergrijze, harde, verbrokkelde en met calcietadertjes doorzeefde formaties, die Noordwaarts voorbij de kerk overgaan in bruingele, caverneuze, sterk secundair geplooid, vaak gemylonitiseerde mergels, die steil gelaagd zijn en overeenkomen met die, welke in de nabijgelegen Val Maladiga ten Noorden van Taceno ontsloten zijn. Iets meer stroomopwaarts onder den eersten grooten waterval is prachtig de overschuiving gneis—Servino te zien. De orthogesteenten zijn hier ijzer- en epidoothoudend en rijk aan wrijfspiegels, terwijl het overschuivingsvlak begrensd wordt door een eenige decimeters dikke kleilaag van Servino en fijngemalen kristallijn. Niet ver ten Noorden van het muidierpad op 700 m, komt men in glimmerschisten, ofschoon Westelijk van het dal nog chiari-gneisen liggen. Deze glimmerschisten, die eenige groote breuken vertoonen, zetten zich over ongeveer 200 m voort, om dan bij den tweeden waterval te eindigen tegen een Servinobank.

Deze bereikt een dikte van ongeveer 50 m (helling 50° NW), waarop nu Verrucano aansluit met vrijwel dezelfde helling en strekking. Dan volgen na elkaar schisten en gneiss-chiari (samen 150 m), die tenslotte aan Servinomergels grenzen, welke zich over 75 m uitstrekken en die hier en daar een repetitiegelaagdheid vertoonen. Noordwaarts treedt nu weer gneiss-chiari op met op de grens een dun strookje Perm. Men is nu genaderd tot het punt waar de weg Indovero—Narro de Varesina kruist. Deze omgeving kenmerkt zich weer door een complex van onregelmatige verschuivingen in het kristallijn, hetgeen blijkt uit de grillige begrenzing en afwisseling van chiari-gneisen en schisten.

In kristallijn geklemd verloopt in de richting Zuidwest—Noordoost ten Noorden van Indovero een bankje Permische-Onder-Triadische sedimenten, dat naar het Westen bij Indovero spoedig uitwigt. Naar het Oosten zet het zich min of meer onregelmatig voort, om tenslotte ten Noorden van Codesino te eindigen. Het kerkje aan het muilnierpad over de Valle delle Noci ligt op een gedeelte, waar de sedimentstrook sterk door breuken gestoord is. Dit is ook de oorzaak van het ontbreken van het Perm en het sterk in dikte reduceeren van den Servino in de bedding van de Noci, in vergelijking tot de Westelijk ervan gelegen afzettingen.

Het verloop der grenzen Zuidelijk en Zuidoostelijk van Indovero werd in verband met de slechte ontsluitingen gereconstrueerd uit parallelisatie van profielen, opgenomen in beekinsnijdingen. Op de geologische kaart is verder duidelijk te zien, hoe de vele in de Varesina ontsloten schubben in Westelijke richting snel uitwigen, hetgeen ongetwijfeld zijn oorzaak vindt in plaatsgevonden hebbende tektonische bewegingen.

Het Noordelijke deel van *profiel 7* begint met een serie opschuivingen in het kristallijn, waarvan vooral de helling der glimmerschisten sterk wisselend is. Zuidwaarts volgt een overschuiving van deze gesteenten over Permische-Onder-Triadische sedimenten, welke de voortzetting vormen van die uit de Val dei Molini (zie ook volgend profiel). Vanaf dit punt treffen wij naar het Zuiden toe, ondanks talrijke opschuivingen in het kristallijn, nergens meer paragesteenten aan. Slechts chiari-gneisen met insluitsels van Verrucano en Servino komen voor.

De constructie van de overschuivingsvlakken der formaties, welke blijkens profiel 7 niet aan de oppervlakte komen, deed ik op grond van de ten Oosten of ten Westen aan den dag tredende lagen. Een bezoek aan de omgeving van het dorpje Presallo aan de Noordzijde van de Val Muggiasca toont hoe op deze plaats een aantal vrij goed ontsloten Permische-Onder-Triadische sedimentpakketten in elkaar zijn geschoven, terwijl bovendien eenige strooken gneiss-chiari het geheel ingewikkeld maken. Naar het Oosten blijken alleen twee tusschen het kristallijn ingeklemde Verrucanobanken zich voort te zetten; de Servino is hier of uitgewalst, of blijft in den ondergrond verscholen. Nog verder Oostelijk tot aan het dal van de Varesina is het verloop wegens bedekking door weiden niet meer te vervolgen. Loopt men van Taceno den grooten weg af in Westelijke richting, dan ziet men, dat een paar honderd meters voorbij de brug over de Pioverna de chiari-gneisen hoe langer hoe meer verbroken zijn, terwijl enkele Noord—Zuid breuken door breccie- en mylonietzonen worden aangegeven.

Spoedig hierna komt men aan een tusschen gneis gelegen Perm-bank, die zich, na den weg en het Piovernadal gepasseerd te zijn, in de richting Noordoost voortzet om dan plotseling door een breuk te worden afgesneden. De hiergelegen, ongeveer Noord—Zuid loopende topografische depressie staat waarschijnlijk daarmee in verband. Op merkwaardige waaivormige wijze verbreedt de Verrucanostrook zich vanaf den grooten weg naar het Zuiden, waarbij het schijnt, dat Noord-oost—Zuidwest verloopende opschuivingen in de formatie zelf aanleiding geweest zijn tot de vorming van een klein, ontoegankelijk, eenigs-

zins ellipsvormig gebied van kammen en kloven. Het gedeelte Zuidelijk en Zuidwestelijk van Tartavalle is tektonisch ongetwijfeld belangwekkend, doch door de dichte begroeiing en moeilijke oriëntatie zeer lastig te onderzoeken. Voor hen, die zich niettemin voor dit gebied interesseeren, kan bijgevoegd schetsje van nut zijn; doch men bedenke, dat hierin de dagzoomen slechts benaderd konden worden aangegeven (zie fig. 4).

In den benedenloop van de beek (Vle Bazzica) ten Oosten van Tartavalle vindt men een ontsluiting met mooie wrijfspiegels van Verrucano (W) op Servino (E). Het is de grens tusschen de Oostelijke, weinig gestoorde sedimentserie en de reeks chiari-gneisen en Permische-Onder-Triadische afzettingen aan de andere zijde, die hier over grooten afstand in Zuidelijke richting is doorgedrongen, waarschijnlijk als gevolg van een depressie in den ondergrond. Meer stroomopwaarts niet ver beneden het muilwierpad op 620 m blijkt een Permest ingesloten te zijn in Servino. Het brokstuk kan of deel uitgemaakt hebben van den in den ondergrond gelegen Verrucano, of nog behooren tot de bovenbeschreven overschuiving Perm—Servino aan den mond van de Bazzica.

Profiel 8 vangt aan met een vrijwel horizontale overschuiving van glimmerschisten op gneiss-chiari, hetgeen bij het dorp Inesio mooi is waar te nemen. Een tweede veel steilere overschuiving, nu echter van gneiss-chiari op eerstgenoemde gesteenten, is ontsloten in de Val dei Molini vlak ten Zuiden van bovengenoemd plaatsje. De sterk door kwarts geïnjecteerde schisten blijken hier aan grooten druk onderhevig geweest te zijn, wat ook aan het overschuivingsvlak duidelijk is te zien. Als een smalle strook van maximaal 30 m dikte zetten de schisten zich nog over eenigen afstand in de richting Zuidwest voort, om tenslotte ten Zuidoosten van het gehucht Comasira uit te wiggen. Aan het begin van de diepe kloof, die de benedenloop van de Molini gevormd heeft, ziet men een ten deele met breukvorming gepaard gaande, onregelmatige, eenigszins wigvormige opschuiving van een steil oprijzend gneiss-chiarimassief over Verrucano en Servino. Eerstgenoemd sediment blijkt hierbij op de Westzijde ten deele door gneiss-chiari overschoven te zijn. Verder valt er te constateeren, dat de overschuiving (plaatselijk?) niet gepaard gaat met een wrijvingsbreccie; op het contact vindt men namelijk een harde zone van in elkaar gedrongen Permconglomeraat en gneis. Opmerkelijk is verder, dat, ondanks het gesteente sterk gewalst moet zijn, de porfierrolsteenen, hoewel gebroken, toch grootendeels intact gebleven zijn.

Voor het storingsgebied ten Zuiden van Presallo, waar tusschen de verschillende gesteenten verschuivingsvlakken geteekend werden, gelden dezelfde overwegingen, als vroeger onder profiel 1 reeds genoemd werden. Men vatte deze lijnen dus niet op, als zouden inderdaad overal hierlangs dislocaties plaatsgevonden hebben.

Consequente doorvoering van het aanvaarde principe leek mij echter gewenschter, dan beperking er van door vaak onzekere veldwaarnemingen.

Een kleine horizontale transversaalverschuiving in Verrucano vond



Fig. 4.

Gezicht vanuit Taceno op Tartavalle en de Noordhelling van de Grigna.
 G = gneiss-chiari; S = Servino; V = Verrucano.

ik op het punt, waar het Westelijk van Presallo gelegen beekje zich in het Piovernadal stort.

Bij een afdaling in dit laatste treft men een profiel aan, waarbij de strekking der afzettingen en overschuivingen ongeveer in dezelfde richting verloopt als dit deel der kloof. Deze strekking wordt gevolgd door een dal, dat gevormd is door een zijriviertje van de Pioverna.

De groote weg op de Zuidzijde van de Val Pioverna blijkt weer in kristallijn gelegen te zijn. Interessant is het te zien, hoe aan den grooten weg iets ten Westen van het profiel de gneiss-chiari ontsloten zijn als steile gegolfde plaatvormige pakketten met gladde wrijfvlakken, welke oppervlakken van tientallen vierkante meters beslaan.

Als gevolg van het verder Zuidwaarts dringen van het Oostelijke deel van het gneiss-chiarimassief ten Noorden van Prato Solano ontstond een kleine verticale verschuiving in den hiertegenover gelegen Verrucano. De geïsoleerde boogvormige Permbank ten Zuidoosten van bovengenoemde huizengroep blijkt in het Westelijk deel bij nauwkeurig onderzoek tektonisch nogal gecompliceerd. Dit laatste moet trouwens ook gezegd worden van het geheele gedeelte gelegen Zuidelijk en Zuidwestelijk van Tartavalle.

Het terugblijven en het steil opgerichte karakter van de meest Zuidelijke gneiss-chiari-opschuiving in profiel 8 wettigt de veronderstelling, dat een culminatie in den ondergrond hiervan de oorzaak moet zijn. De geheel rechts op het profiel geteekende, onder den Servino en op de culminatie liggende Verrucano is hypothetisch, evenals het overeenkomstige deel op het vorige en nog volgende profiel. Daar echter de Servino Zuidwaarts gevolgd wordt door normaal liggende Anisien en Ladinien, is, hoewel wij met een storingsgebied te maken hebben, de veronderstelling van een onder het Trias liggend Permconglomeraat plausibel.

Dank zij de goede ontsluitingen in het Piovernadal en aan den grooten weg, is het mogelijk om een inzicht te krijgen in de detailtektoniek van deze streek. Noemen wij van het Zuiden af de drie, in profiel 8 geteekende, opeenvolgende en aan den dag tredende gneiss-chiaripakketten *a*, *b* en *c* (zie profiel 8).

Het blijkt dan, dat *a* met de daaraan Zuidwaarts aansluitende Permbank in het Westelijkste deel plotseling onder een stompen hoek wordt afgesneden door Permische-Onder-Triadische sedimenten, welke één geheel vormen met die, welke gelegen zijn in de Val Pioverna tegen den Noordvleugel van *a*. Deze moesten daartoe een ombuiging ondergaan van bijna 90° ten opzichte van hun ligging in het dal. De krachten, die er de oorzaak van waren, moesten dus werken uit Westelijke of Zuidwestelijke richting. Hoe is dit echter te rijmen met de algemeene strekking der overschuivingen, die ontstond als gevolg van een sterken uit het Noorden of Noordwesten komenden druk?

De verklaring moet onder anderen gezocht worden in het feit, dat de bewegingen langs de vlakken zich niet alleen tot opschuivingen bepaalden, maar er bovendien verschuivingen met een horizontale component optraden. Daarbij trad nog een tweede complicatie op. Als gevolg namelijk van het wegduiken van *b* in Zuidwestelijke richting, iets voorbij

den linker dalwand der Pioverna, werd het gneis door Servinomergels uit de richting Noordwest overschoven.

Het resultaat van beide bovenbeschreven drukrichtingen was, dat de Onder- en Midden-Triadische afzettingen met wisselende strekking steil opgericht werden, soms met gegolfde laagvlakken, zooals te zien is nabij de eerste wegtunnel vanaf Taceno. Verder zijn eenige Noord—Zuid gerichte breuken ten Zuidoosten van den eersten tunnelingang, de opschuiving van een vrijwel geïsoleerd gelegen Perm-massief tegen Servino in de Val Pioverna aan den mond van de Calchera, evenals de omkrulling van Onder-Trias zichtbaar op den Noordelijken dalwand van de Pioverna, toe te schrijven aan dezen uit het Westen of Zuidwesten komende tegendruk.

Evenals het vorige, begint *profiel 9* met een vrij vlakke overschuiving van glimmerschisten over gneiss-chiari, waarbij eveneens de richting en grootte van de helling van eerstgenoemde gesteenten sterk wisselend is. Vlak bij het dorp Vendrogno loopt een breuk door de gneisformatie, waardoor over eenigen afstand in Zuidwestelijke richting de gneisen, die hier een anti-clinale vormen, naast schisten komen te liggen. Aan den weg Vendrogno—Inesio is het contact tusschen beide formaties niet te zien, doch in de nabijheid zijn met wrijflakken voorziene orthogesteenten van lichtgroene, brokkelige habitus ontsloten, die steeds aanwijzing is voor druk- en breukzones. Kiest men het pad over Comasira, dan vindt men dit typische gesteente eveneens. In Oostelijke richting voortgaande komt men spoedig aan de reeds eerder besproken en goed ontsloten wigvormige inklemming van sterk gedrukte schisten (ten Zuiden van Inesio).

Opmetingen in de Val Pioverna, aan den grooten weg en de beek-insnijdingen toonden de aanwezigheid van enkele opschuivingen in den Servino, die hier uitgebreid aan den dag treedt.

De strekking der mergels uit het dal van de Molini loopt vrijwel evenwijdig aan die uit de Piovernabedding in het gedeelte tusschen de gneiss-chiaripakketten *a* en *b* (zie beschrijving profiel 8). Terwijl hier echter steeds de helling 30°—70° NW bedraagt, is het des te opvallender, dat de aan den grooten weg ontsloten Servino bijna altijd Zuidwaarts helt (met variaties naar West en Oost). Onjuist zou het intusschen zijn hieruit te concludeeren, dat de aansluitende, normaal opeenvolgende sedimenten een ongestoorde ligging zouden hebben, hetgeen tot dusver steeds door vroegere onderzoekers werd aangenomen. Veeleer moet men, hetgeen trouwens uit de uiteenloopende uitkomsten der opmetingen bleek, het geheele gebied ten Zuiden van de lijn Portone—Tartavalle beschouwen als aanmerkelijk onder invloed gestaan te hebben van de oorzaak van den overschuivingsbundel op de Zuidoosthelling van den Monte di Muggio. (Dit breuksysteem ontstond als gevolg van een sterken druk uit de richting N en NW). Men lette bovendien eens op de gelijkgerichte, doch eenige honderden meters ten opzichte van elkaar verschoven, dagzoomen ten Zuiden van Cortenova en die ten Zuiden van Bellano. Een nauwkeurige kaartteering der kalken aan de Noordzijde der keten San Defendente—Pizzi di Parlasco (behoorend tot het Grignagebergte) zou de bevestiging kunnen geven van de vermoede voortzetting der breuken in Zuidelijke richting.

Men blijft, indien men den grooten weg na de eerste wegtunnel vanaf Taceno naar het Westen vervolgt, na de Onder-Servinoconglomeraten en zandsteenen gepasseerd te zijn voorloopig in steilstaande, bonte, betrekkelijk zachte, vaak geplooid en plaatselijk gemylonitiseerde Onder-Triasafzettingen, om dan een paar honderd meter voorbij de derde wegtunnel plotseling te komen in een geheel andere habitus van deze formatie. Dit is namelijk een grijs, bankig en hard, hier en daar met calcietaders doorzeefd en van fijne kwartsconglomeraatbankjes voorzien, zwak Zuidwaarts duikend gesteente, dat zich, ofschoon door kleine breuken gestoord, tot aan de Val del Portone voortzet, waarbij de helling steiler en meer Zuidoost wordt.

Het contact sediment—kristallijn is aan den grooten weg niet te zien, wel echter in de kloof van de Pioverna, waar de grens zeer steil blijkt te verlopen.

In de richting Noordoost neemt de helling af, zoodat hier gneiss-chiari op Verrucano en Servino komt te liggen. Aan den benedenloop van de Val del Portone toont echter de gestoorde ligging van het Onder-Trias, welke in de richting Zuidwest overgaat in Zuid en Zuidoost hellende afzettingen, dat waarschijnlijk het overschuivingsvlak van de gneiss-chiari een draaiing om een horizontale as volvoert, waarbij de overschuiving Zuidwestwaarts overgaat in een onderschuiving. De Westelijk van Portone ontsloten Permische-Onder-Triadische sedimenten laten geen twijfel bestaan omtrent hun ligging ten opzichte van de Noordelijk aansluitende orthogesteenten. Helaas is het bewijs van het bestaan van een dergelijke schroefverschuiving niet te leveren, daar juist dit gedeelte door fluvio-glaciaalpuin volkomen bedekt is. De mogelijkheid is daarom niet uitgesloten, dat de Zuidvleugel der gneiss-chiariculminatie aan de Oostzijde eenvoudig door een steile breuk scherp is afgesneden.

Vanaf Portone tot aan het Comomeer zetten de orthogesteenten zich ononderbroken als een zeer dikke formatie voort. Zuidwaarts duiken zij met een hoek van 50° — 80° onder elkaar normaal opvolgende sedimenten weg. Hier en daar is het contactvlak echter door Noord—Zuid breuken gestoord en wel zoodanig, dat daarbij steeds kleine Zuidwaartsche verplaatsingen zijn aan te wijzen van het Westelijke deel ten opzichte van het Oostelijke. Op de kaart zijn eenige van deze horizontale transversaalloopende verschuivingen aangegeven.

Uit een aantal onderling nogal uiteenlopende metingen van helling en strekking der gneiss-chiari valt te constateeren, dat zij, indien men het geheel beschouwt, een anticlinale vormen met een as evenwijdig aan de Val Muggiasca. Complicaties zijn veroorzaakt niet alleen door verschuivingen in verticalen zin, maar ook in de richting Noordoost—Zuidwest, terwijl bovendien Noordwestelijk van Portone in het Noordelijke dalprofiel een zwakke dwarsplooi ontsloten is, waarvan de as ongeveer Noord—Zuid gericht is.

De grens gneiss-chiari—glimmerschist, die men ten Oosten van Bellano passeert, heeft een onregelmatige helling. In het Piovernadal verloopt zij namelijk steil, om naar het Westen af te nemen tot ongeveer 35° SE, zooals ook tot uiting komt in de *profielen bij Bellano*. Aan den

grooten weg Bellano—Lecco is bij km-paal 25 Servino ontsloten, terwijl hoogerop zich ook Perm tusschen het gneis blijkt in te schakelen. Na een honderdtal meters weer orthogesteenten gehad te hebben, begint in het Zuiden de stratigrafisch intact gebleven serie afzettingen, waarvan het onderliggende Permconglomeraat met mooi ontsloten wrijfspiegels scherp is afgescheiden van den vloer van kristallijn.

De meening van TRÜMPY (litt. 61) en BENECKE (litt. 2), dat de Verrucano hier autochtoon op het grondgebergte ligt, kan ik niet deelen. Reeds uit de aanwezigheid van de ingeklemde sedimentrest bij km-paal 25 blijkt, dat in dit gebied belangrijke tangentieele drukkrachten gewerkt hebben. Ook een onderzoek in de beek, die vrij nauwkeurig de grens Perm—gneis volgt, bewijst duidelijk de onhoudbaarheid van het veronderstellen van een ongestoord contact. Verder is ongeveer honderd meter boven den grooten weg aan het hiergelegen muidierpad een typische, door de dislocatie aangeslepen Verrucanorolsteen ontsloten. (Strekking overschuivingsvlak N 293 E; helling 58° S).

Opvallend is, dat in het Zuidelijke deel van het NNE—SSW profiel bij Bellano de algemeene helling en richting der gelaagdheid der kristallijne gesteenten en die der Permische-Onder-Triadische afzettingen, niet alleen onderling, doch ook met de verschuivingsvlakken parallel verloopend.

In den „orrido” van Bellano (zie eerste hoofdstuk) kan men de vlakke overschuiving van glimmerschisten, waaruit het bovenste deel der kloof bestaat, op chiari-gneisen mooi bestudeeren.

Het uitgestrekte complex paragesteenten, waaruit het grootste gedeelte van den Monte di Muggio is opgebouwd, toont op vele plaatsen een sterk gestoorde ligging, waaruit valt op te maken, dat tal van breuken aanwezig moeten zijn. Het verloop er van precies aan te geven is wegens het uniforme karakter der gesteenten en de gesteldheid van den bodem echter buitengewoon lastig. Wel is het mij mogelijk gebleken het gebied bij benadering in vijf in helling en strekking verschillende stukken te verdeelen. Het grootste, hetwelk zich uitstrekt over de gneisen van den Cimone di Margno en de schisten op de Zuidoost-, Oost- en Noordoostzijde van den Monte di Muggio, is gekenmerkt door een helling naar het Noorden of Noordwesten. Een aparte smalle zone nemen de schisten op den kam van laatstgenoemden berg in, daar deze namelijk Zuidoost hellen. De gesteenten van het middelste en Noordwestelijke deel blijken over het algemeen een Oost—West gerichte strekking te bezitten, waarbij de helling nu eens Zuid, dan weer Noord gericht is; soms is zij waaivormig of over groote afstanden zeer steil verloopend. Een afzonderlijke plaats wordt weer ingenomen door een strook metamorfe gesteenten langs de kust tusschen de Val Grande en Bellano, waarbij de hellingsrichting onregelmatig Zuidoost is. Tenslotte blijken de schisten en gneisen ten Zuiden van den benedenloop der Pioverna alle in Zuidwestelijke richting te duiken.

Volgt men den grooten weg Bellano—Dervio, dan ziet men direct Noordelijk van eerstgenoemd stadje dikbankige, Zuidoost hellende chiari-gneisen in het wegprofiel ontsloten. Spoedig hierna komt men aan met kwarts geïnjecteerde schisten, waarvan de lenzen eenige deci-

meters lang kunnen worden. Het geheel is op tal van plaatsen door breuken gestoord, die hier en daar dikke wrijvingsbreccie's vormen. Het uiterlijk is sterk wisselend; namelijk nu eens fijn schisteus en glimmerrijk, dan weer dicht, licht van kleur en glimmerarm; de amfibolieten zijn donker van kleur en zeer hard. Kort nadat men km-paal 28 gepasseerd is, komt men in een breukgebied; hierna wordt de strekking meer Oost—West, terwijl de helling der lagen verticaal tot steil Noordwaarts wordt. Het aantal kwartsinjecties neemt bovendien in deze richting sterk toe, zoodat vooral ten Zuiden van de wegtunnels voor Dervio een groot aantal kwartsgangen aan den dag treedt. Oostelijk van Dervio ziet men op de steile, kale rotswanden door het verloop der kwartslenzen, die hier eenige meters lengte kunnen bedragen, een waaivormige omkeering der helling.

Het ENE—WSW verloopende *profiel A* begint in het Oosten met een doorsnede door de Val Marcia, waarbij de ingewikkelde ligging der sedimentschubben duidelijk in het oog springt. Het zoo goed als ontbreken van de voortzetting van het Permpakket op de Westzijde van het dal vindt zijn oorzaak in het feit, dat het hier tektonisch is afgesneden door een verschuiving, die ongeveer in de richting Noord—Zuid heeft plaatsgevonden, waarschijnlijk onder invloed van de opdringende gneiss-chiarimassa's op den Cimone di Margno. Hypothetisch is de ligging van de niet aan de oppervlakte komende Permschubben op den bodem van de kleine depressie van Crandola. De wijze, waarop de steilstelling der mergels heeft plaatsgevonden en hun anormale ligging tegen het Verrucanodek op den Zuidvleugel van den Margno (hetgeen goed te zien is aan den Oostelijken tak van den oorsprong van de Cornia), maakt een parallelisatie mogelijk van dit deel van het gebied met de ontsluitingen in het venster van den bovenloop van de Marcia. Echter hebben de op de Westhelling van den Margno gelegen Werfenienafzettingen door op- en overschuivingen het onderliggende Permconglomeraat volkomen aan het oog onttrokken.

Westwaarts van de kleine secondaire culminatie van Vegno krijgt men weer een depressie, die aangegeven wordt door de steilstaande Servinomergels in de Val Maladiga. Deze worden op hun beurt weer overschoven door chiari-gneisen, die tot de kristallijne massieven behoren, welke ver Zuidoostwaarts tot voorbij Tartavalle doordringen. Dit is mogelijk geweest, doordat zich een bres bevond in de Westelijke voortzetting der groote eruptief-kristallijn culminatie Margno—Foppabona—Ornica. De gneiss-chiarischollen zijn onder breukvorming en met tusschenklemming van sedimenten, die ten deele weer als glijmiddel dienst deden, door deze kleine depressie heengeperst.

Uit profiel 8 is gebleken, dat men ter hoogte van Prato Solano een culminatie in den ondergrond verwachten mag en wel naar aanleiding van de wijze, waarop het kristallijn door steil opgericht is. Dit is geheel links op profiel A weergegeven.

Profiel B geeft tenslotte een overzichtelijk beeld van de groote eruptief-kristallijn culminatie van den Cimone di Margno en den Monte d'Olino. Geheel rechts op de doorsnede liggen op een vrijwel vlakken vloer Verrucano en Servino in normale opeenvolging. Zij worden Ooste-

lijker echter sterk in hun ligging gestoord door de ver in Zuidelijke richting voortgedrongen gneiss-chiari-overschuiving (zie profiel 1). In het midden van het venster van den bovenloop der Marcia ziet men een Perm-massief, dat één geheel vormt met de afzettingen op den Zuid-oost- en Oostrand van het venster. De weinig verplaatste Perm- en Werfeniensedimenten op den kam Margno—d'Olino liggen ten opzichte van bovengenoemde rotspartij een belangrijk stuk hooger. Dit verschil, dat een paar honderd meters bedraagt, neemt naar het Oosten af en vindt zijn oorzaak in een breuk, waarvan het juiste verloop in het terrein echter niet gevonden werd.

Weinig valt er verder nog te zeggen over de ten deele afgeërodeerde bedekking van den Zuidwestvleugel der eruptief-kristallijn culminatie. Het is duidelijk, dat de Servinorest op den kam Margno—d'Olino moet worden opgevat als te behooren bij de Onder-Triadische sedimenten, die aan den linkeroever der Pioverna dagzoomen en hier hun oorspronkelijke ligging vrijwel bewaard hebben.

B. AARD EN VERSCHUIVINGEN DER SCHUBBEN.

Hoewel breuken zonder verschuiving op tal van plaatsen gevonden worden, zijn het toch die, waarbij verschuivingen over niet al te gering bedrag optreden, welke voor ons van het meeste belang zijn.

In het veld doen zij zich op verschillende wijzen voor. In de parageesteenten, zooals die bijvoorbeeld ontsloten zijn aan den weg Bellano—Dervio, kunnen zij optreden als geplooid, glimmerrijke, vaak van gebroken kwartslenzen voorziene zonen. Hiernaast komen echter ook scherp begrensde breuken voor, of wel men vindt gebieden van sterken druk, waar het geheele gesteente een donkergekleurde, brokkelige habitus heeft verkregen (Val Grande, Noordhelling Muggio).

De chiari-gneisen vertoonen in de drukzones over het algemeen het beeld van meters breede, sterk verbroken, soms verpoeierde, meest bruinrood verweerde formaties (onder anderen ten Oosten van Casargo en in den benedenloop van de Varesina). Het anders witgekleurde gesteente is nu groenachtig van kleur en de gelaagdheid onduidelijk geworden. Nabij de eerste wegtunnel aan den grooten weg van Taceno naar Bellano ziet men gneiss-chiari ontsloten met gladde, gebogen vlakken als gevolg van glijdklieving. Het grensvlak tusschen chiari-gneisen en schisten bestaat nu eens uit een wrijvingsbreccie van gruis en klei (nabij Inesio), dan weer treden slechts groote wrijfspiegels op. Deze laatste vorm komt het meest algemeen voor. Daarnaast bestaat de mogelijkheid, dat het contact tusschen gneiss-chiari en schisten normaal is, hetgeen collega TROMP herhaalde malen heeft geconstateerd.

Over de grens Verrucano—kristallijn is reeds eerder één en ander gezegd. Of men treft wrijfspiegels aan, zooals ten Zuiden van Bellano, of het contact is gevormd door een al dan niet verkitte, onregelmatig verbroken zone van beide formaties. Tallooze overgangen zijn natuurlijk mogelijk, zooals men bijvoorbeeld aan den rand der vensters van Rossiga en Biagio kan waarnemen.

Kristallijn of Verrucano geven over het algemeen met Servino scherpe scheidingsvlakken, zooals mooi te zien is Zuidoostelijk van

Codesino, waar gneiss-chiari op Onder-Trias is geschoven en ten Oosten van Tartavalle in de Val Bazzica, waar Perm op Servino ligt. Minder duidelijk zijn de overschuivingen van Verrucano op Onder-Triadische conglomeraten, terwijl ook het aantoonen van breuken in het Werfenien zelf zeer lastig is. Wat de gelaagdheid betreft, kan men in den regel zeggen, dat in de Servino-afzettingen druk- en afzettingsgelaagdheid samenvallen en evenwijdig verlopen aan de overschuivingsvlakken.

Reeds uit de beschrijving der profielen is gebleken, dat schubben eigenlijk alleen in de Val Marcia ontsloten zijn. De andere zijn grootendeels hypothetisch, terwijl de verschuivingsbundel op den Zuidoostkant van den Monte di Muggio beter als opschuivingsstelsel betiteld kan worden. Het bovengenoemde dal behoort intusschen met het mooi ontsloten venster van Salmurano en den bovenloop van den Biardino tot de zeldzame plaatsen in de Bergamasker Alpen, waar de schubben werkelijk in profiel te zien zijn. De conclusie, waartoe een persoonlijk ingesteld onderzoek leidde, was, dat aan de tot nu toe gevolgde opvattingen omtrent den bouw der schubben een kleine wijziging moet worden aangebracht. JONG en KLOMPÉ hebben in hun profielen een serie opschuivingen geteekend, zooals aangeduid in fig. 5 A. In de tektonische geologie wordt dit phenomeen echter niet genoemd een schubstelsel, doch een combinatie van meehellende trapbreuken. (Zie Geologische Nomenclator, blz. 87).

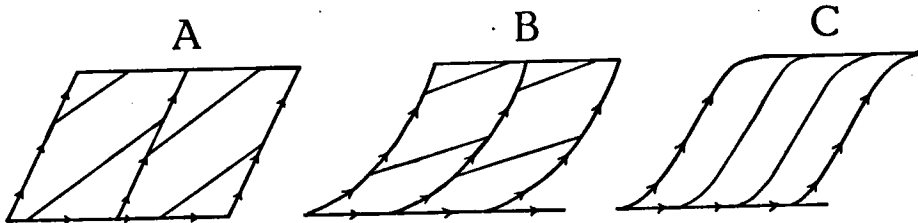


Fig. 5.

- A. Schubvorming volgens JONG (zie profielen litt. 26) en KLOMPÉ (litt. 27).
 B. Volgens WENNEKERS (litt. 62).
 C. Opvatting van den schrijver.
 De lijnen zonder pijlen geven de laagvlakken aan, die met pijlen de opschuivingsvlakken.

WENNEKERS teekende een systeem van vlak beginnende en later steil oplopende overschuivingen. Het bovenste gedeelte is te paralleliseeren met de opvatting van zijn voorgangers. Voor het onderste stuk heeft hij een ander en mijns inziens juister idee (fig. 5 B), welke nadert tot de door mij aanvaarde voorstelling (C).

Een dakpansgewijze, herhaalde ligging van gesteentepakketten, waarbij de overschuivingsvlakken ongeveer gelijk gericht zijn aan de stratigrafische gelaagdheid, heet schubstructuur.

Veldwaarnemingen bevestigden de overtuiging, dat wij in de Orobische Alpen inderdaad met een aan de definitie beantwoordend schubstelsel te maken hebben, hoewel in het terrein natuurlijk maar zelden

de schubben gelijken op die, welke in de teekening geidealiseerd zijn weergegeven, ofschoon zij alle er van zijn af te leiden.

Het komt bijvoorbeeld voor, dat de eene schub scheef ten opzichte van de andere ligt, of wel, dat de onderste vlakker ligt dan de bovenste, terwijl ook een bepaalde horizon geheel uitgeknepen of door een overschuiving aan het oog onttrokken kan zijn.

Eveneens komt het veel voor, dat de randen uitwiggen en breuken het geheel gecompliceerd maken.

In een volgend hoofdstuk zal nader worden ingegaan op het ontstaan en het mechanisme der schubstructuur.

V. TEKTONISCH OVERZICHT.

A. DE BOUW VAN DEN ONDERGROND DER BERGAMASKER ALPEN.

Alvorens dit probleem te behandelen, lijkt het mij gewenscht een korte beschouwing te geven over de inzichten der laatste jaren betreffende dit onderwerp. COSIÏN teekende in zijn tektonogram (zie litt. 7) in den ondergrond van zijn gebied twee culminaties, die van Mezzoldo en die van Caprile. Ten Zuiden hiervan blijkt plotseling de kristallijne vloer over een belangrijk bedrag te dalen (zie profielen 11 en 6, litt. 7). Porfier en sediment liggen met steile Zuidwaartsche helling tegen dezen drempel aan. Met collega Dozy was ik in de gelegenheid den Zuidrand van het venster van Mezzoldo aan een nauwkeurig onderzoek te onderwerpen, waarbij al dadelijk opviel, dat men hier te doen heeft met een tektonisch zeer ingewikkeld geheel. Inplaats van een anormaal Zuidwaarts gericht contact Collio—porfier vonden wij een tot de culminatie behoorend, Noordwaarts hellend microopschuivingsstelsel van porfier en Permische-Onder-Triadische sedimenten. Direct daarop aansluitend werd een Zuidwaarts gerichte, met Servino beginnende sedimentserie aangetroffen. De uit het Noorden werkende krachten hebben blijkbaar hier niet alleen invloed uitgeoefend op de laag Permische en Mesozoische afzettingen, doch eveneens hebben zij op den kristallijnen ondergrond ingewerkt. COSIÏN veronderstelt, dat opschuivingen in het kristallijn moeten worden toegeschreven aan den invloed van de overschuiving der bovenliggende gesteentepakketten, hetgeen echter weinig waarschijnlijk is te achten. Wel neemt men in het veld waar, dat vaak de helling der overschuivingsvlakken tusschen de schubben gelijk gericht is aan de opschuivingen in den vloer der metamorfe gesteenten, maar dit laatste mag echter niet worden opgevat als te zijn het gevolg van de schubbenbeweging, doch beide zijn het resultaat van dezelfde oorzaak, die vooral sterk inwerkte op de relatief veel volgamer sedimentbedekking.

JONG's gebied kenmerkt zich eveneens door de aanwezigheid van twee culminaties; de zoogenaamde vensters van Salmurano en Ornica. Laatstgenoemde culminatie behoort tot het eruptief-kristallijn massief, dat zich in Westelijke richting voortzet over den Monte Foppabona en de Cima d'Olino, om naar Taceno geleidelijk te dalen en tenslotte overschoven te worden door uit het Noorden komende metamorfe gesteenten.

CAOCLAMALI (zie litt. 5) teekent op zijn juist gepubliceerde tektonische kaart een groote anticlinale (A), die zich via de Cima d'Olino, den Cimone di Margno, Tartavalle en Varenna nog verder naar het Westen voortzet. Evenmin als TRÜMPY acht ik dit verloop echter waarschijnlijk. Ook vond ik voor de vermoede aanwezigheid van een door

CACCIAMALI geteekende, bij Indovero naar het Noorden afbuigende Orobische overschuiving geen enkele aanwijzing.

De opvatting van JONG over het Salmuranovenster leek mij bij nader onderzoek in hoofdzaak juist, in tegenstelling met de meening van PORRO (zie litt. 44), die zelfs de schubstructuur van Permische-Onder-Triadische sedimenten niet als zoodanig wenscht te herkennen, doch deze als een faciëswisseling opvat.

KLOMPÉ (zie litt. 27) heeft in enkele van zijn profielen een ondergrond aangegeven met een gelijkmatig dek van porfier en daarbij spronghoogten aangenomen van 300—600 m ten opzichte van het Noordelijk ervan gelegen kristallijn. Hierbij is het groote bedrag, gepaard aan de geringe dekking der overschuiving, opvallend. De wijziging, die WENNEKERS op dit punt in zijn teekeningen aanbracht, is mijns inziens een verbetering.

Van de door KLOMPÉ beschreven vensters Mezzoldo en Caprile, bezit laatstgenoemde niet dien sterken naar het Noorden afdalenden vleugel, als in profiel 5 van zijn dissertatie wordt aangegeven. In de mooi ontsloten Collioformaties van Val Mora is namelijk duidelijk een vrijwel ongestoorde, horizontale, zelfs zwak Zuidwaartsche helling aan te wijzen.

Men verkrijgt hierdoor den indruk, dat wij hier te maken hebben met een plateauvormige culminatie, die pas veel Noordelijker niet ver van de Orobische lijn wegduikt. Ook het Zuidwest—Noordoostelijke verloop der dagzoomen van de Permische-Onder-Triadische sedimenten tusschen den Monte Avaro en Casa San Marco wijst in deze richting.

Reeds vroeg was door de Italiaansche geologen het belang ingezien van een juist begrip omtrent den bouw van den ondergrond. Toch was het een groote verdienste van WENNEKERS, dat hij hier bijzonder den nadruk op heeft gelegd en aldus van het ontstaan van talrijke tektonische verschijnselen een redelijke verklaring wist te geven. Behalve de culminaties en depressies in het kristallijn, was het reeds eerder bekend, dat ook porfier den rol van buffer vervullen kan. WENNEKERS heeft er speciaal op gewezen, dat deze formatie zoowel als culminatie kan optreden, als aan de schubvorming kan meedoen. In den ondergrond van zijn duidelijk sprekende tektonogrammen (zie litt. 62 en 63) is echter het geheel achterwege laten van het porfierdek met den zoo belangrijken invloed op de tektoniek een groot gemis. Hij was hierdoor bovendien genoodzaakt de verschuivingscoulissen geheel tot aan het grondgebergte door te trekken, hetgeen in werkelijkheid lang niet altijd het geval zal zijn. Bij de constructie van het oppervlak van den ondergrond dient men dus terdege rekening te houden, afgezien nog van breuken, horsten, slenken en dergelijken, met de porfierculminaties of opschuivingen van stugge Onder-Permische afzettingen, daar beide een groote rol kunnen spelen in de tektoniek.

B. VERSCHUIVINGEN EN SCHUBBEN IN DE BERGAMASKER ALPEN.

Ontegenzeggelijk is aangetoond, dat bij de opschuivingen van gesteentepakketten bij voorkeur een bepaalde, daartoe geschikte horizon als glijmiddel fungeert. COSIJN veronderstelde verschuivingsvlakken tusschen grondgebergte—porfier, porfier—Perm en Perm—Trias. In

het laatste geval kende hij aan den Servino de rol toe van glijmiddel, waarover Mesozoïsche kalken onder invloed van een druk uit het Noorden afgeden en lepelvormige opschuivingen veroorzaakten. Vrijwel steeds werd door hem het opschuivingsvlak geteekend op de grens Servino en de daaronder liggende formatie. Anderen, bijvoorbeeld JONG en KLOMPÉ, hebben dit vlak aangenomen aan de bovenzijde van het Werfenien. In beide gevallen is echter steeds een ongestoorde ligging ten opzichte van Anisien of Perm noodzakelijk en juist dit acht ik onwaarschijnlijk, daar wij in zulke onder grooten druk in elkaar geschoven gebieden niet verwachten mogen, dat het normaal verband tusschen Servino en onder- of bovenliggende lagen bewaard kan blijven. Evenmin zal het onderlinge verband behouden blijven, want iedere mergelhorizon zal tusschen stugge zandsteenen eventueel als glijzone kunnen optreden. In mijn kaart en profielen werden overal, waar Servino als glijmiddel moet worden opgevat, op de beide grenzen overschuivingsvlakken geteekend. WENNEKERS heeft de formaties in zulke gevallen met een apart teeken aangeduid. De oorzaak van de schubvorming der Permische-Onder-Triadische sedimenten zou volgens COSIJN en JONG gezocht moeten worden in de afschuiving van het pakket Mesozoïsche kalken. KLOMPÉ schreef daarentegen de oorzaak toe aan een uit het Noorden komenden druk, die eerst opschuivingen veroorzaakte en tenslotte de schubben steil stelde. Interessant is de door KLOMPÉ veronderstelde en in zijn profiel 6 geteekende opschuiving in den ondergrond. Evenals in STAUB's profielen door de Alpen is het de bedoeling aan te geven, hoe groote breuken zich dwars door het sedimentdek voortzetten tot in den ondergrond. Men bedenke hierbij echter, dat alle tot dusver bekende voorbeelden van opschuivingen in het kristallijn van de Bergamasker Alpen alleen maar betrekking hebben op de gesteenten ten Noorden van de Orobische lijn. Zijn die dan principieel afwijkend van die der culminatie?

De aard der schisten en gneisen uit de vensters wijzen reeds eenigszins in deze richting. Zoo ontbreekt vrijwel steeds de gneiss-chiari.

Op het voorkomen van eruptiva in de groote Orobische culminatie wensch ik echter sterk den nadruk te leggen.

In vrijwel alle vensters kon ik hen aantoonen, hoewel een eventueel niet aantreffen natuurlijk niet uitsluit, dat de gangen en dergelijken in de diepte verscholen liggen. Deze oude (Prae-Alpine) eruptiva waren de oorzaak van een consolidatie van het grondgebergte, dat zich ten opzichte van de uit het Noorden aanschuivende sedimenten en metamorfe gesteenten als een buffer gedroeg. Dit althans geldt in hoofdzaak voor de gebieden ten Westen van Val Brembo tot aan Taceno (Valsassina).

In de meer Oostelijk gelegen gebieden, die nog in bewerking zijn, schijnen namelijk aanwijzingen te bestaan voor een afwijkende tektoniek. Hier werden onder anderen groote verticale breuken in den ondergrond aangetoond, die het intusschen waarschijnlijk maken, dat zij ook tusschen Val Brembo en het Comomeer in de als buffer fungerende culminatie niet ontbreken, ja, misschien in bepaalde gevallen zelfs de oorzaak zijn van de vorming van haar onregelmatige relief. Het ontstaan

van bovengenoemde breuken vóór, tijdens of na den opbouw van het schubben- en verschuivingsdek der sedimenten bepaalt voor elk geval afzonderlijk natuurlijk zijn invloed hierop.

Uit een studie van het kristallijn der vensters is mij gebleken, dat, ofschoon hier breuken en opschuivingen plaatsgehad hebben, zij van een zoodanig gering bedrag zijn, dat zij niet de oorzaak kunnen zijn van den schubbenbouw, zooals men die aan het Salmuranovenster ont-sloten ziet. Wel kunnen er, zij het dan ook in ondergeschikt belang, strookjes porfier of sediment in de overschuivingsvloer worden in-geklemd.

Onafhankelijk van de breuken en opschuivingen in de geconsolideerde Orobische culminatie heeft zich een schubstructuur in het sedimentdek ontwikkeld, onder invloed van het opdringen van het ten Noorden van de Orobische breuk gelegen kristallijn.

De eruptiefgesteenten breken niet altijd door den rug der culminatie heen. Op deze wijze stelt ook WENNEKERS zich één en ander voor (litt. 63). Echter teekent hij ook intrusies, die ten deele in het porfier, ten deele in de wortels der overschuivingen van het kristallijn ten Noorden der Orobische breuk dringen. Indien deze moeten worden opgevat als Post-Tertiair te zijn ontstaan, dan spelen zij in de tektoniek vrijwel geen rol, want, zooals eerder reeds is uiteengezet, zijn het speciaal de oude, ten deele doorgebroken en afgeërodeerde intrusiva der Orobische culminatie, die de consolidatie van den ondergrond be-werkstelligden.

WENNEKERS heeft verder het ontstaan der breuken, opschuivingen en horizontale transversaal verschuivingen in de sedimenten en het kristallijn in zijn dissertatie uitvoerig toegelicht en hierdoor ons tektonisch inzicht belangrijk verduidelijkt, ofschoon op tal van punten strijdvrage nog zullen blijven bestaan. Hij wees er op, dat behalve Servino en Raibler vermoedelijk ook horizons als Rhät en de tuffieten op de grens Collio—porfier als glijzonen kunnen optreden, waaraan ik het volgende wil toevoegen. In het algemeen kunnen er onder werking van hoofdzakelijk tangentieele drukkrachten verschuivingen optreden langs daarvoor geschikte horizons. Hoewel bovengenoemde formaties door hun aard zich bij uitstek leenen als glijmiddel, houde men in het oog, dat bijvoorbeeld tusschen harde kalken afgezette mergellaagjes zich eveneens gedragen kunnen als dislocatievlakken en dit dan ook bij voorkeur doen.

Volgens WENNEKERS zijn de culminaties en depressies in het grondgebergte de oorzaak van het ontstaan der schubben in het vanuit het Noorden aanschuivende dek Permische-Onder-Triadische afzettingen en vinden er vrij vlakke overschuivingen plaats van kristallijn over sedi-ment, terwijl hij onder de naar het Zuiden verschoven kalken een voortzetting der schubstructuur teekent (zie litt. 63).

Westelijk van het door hem bewerkte gebied werden door mij geen voorbeelden van dit laatste gevonden. Bij de grens sediment—kristallijn werden naar zijn meening steeds drie belangrijke verschuivingen aan-getroffen, n.l. „de Laghi di Porcili, „de gneiss-chiari” en „de Orobische overschuiving”, welke hij ook aangeeft op twee profielen getrokken

door de gebieden van KLOMPÉ en JONG. Met dit streven naar parallelisatie van tektonische verschijnselen over grooten afstand moet men echter juist in de Bergamasker Alpen voorzichtig zijn.

Dit bleek ook uit een nader onderzoek van de Orobische breukzone in het Salmuranovenster. Niet Noordelijk, maar ten Zuiden van de ingeklemde sedimentresten troffen collega TROMP en ik een strookje chiari-gneisen aan, terwijl ook de opschuivingen in het kristallijn van het Margno-Muggiogebied erop wijzen, dat groote variatie mogelijk is. Erosieresten van Permische-Onder-Triadische afzettingen, die op den rug van het kristallijn zouden zijn meegevoerd en ten Noorden van de Orobische lijn liggen, zooals WENNEKERS onder anderen op den Monte Arete gevonden heeft, werden door mij nergens als zoodanig aange troffen. Wel talrijke inklemmingen van sediment tusschen chiari-gneisen of paragesteenten.

Op het probleem van de Alpen—Dinarische grens is in de laatste tijden weer de aandacht gevestigd. Moge de resultaten van de kaartteering der Leidsche geologen veel bijdragen tot het bereiken van een volledige oplossing hiervan, want een grondige kennis der metamorfe gesteenten ten Noorden en ten Zuiden van de Orobische lijn, alsmede die der tektoniek en geologie der Noord-Italiaansche Kalkalpen is hierbij onontbeerlijk. Over het mechanisme der schubvorming is door de jongste onderzoekingen veel tot klaarheid gekomen, doch over de oorzaak van veel verschijnselen hangt nog een sluier. Het leek mij gewenscht enkele problemen naar voren te brengen.

1e. Het nu eens wel, dan weer niet optreden van Permische-Onder-Triadische schubben schijnbaar onder gelijke omstandigheden.

2e. De groote regelmaat in bouw, zooals die opvalt in de profielen. Wel weten wij niet, wat vroeger van de oppervlakte is weggeërodeerd, maar uit de tegenwoordige structuur ziet men, dat kleine schubjes naast heele groote vrijwel niet voorkomen. Hieruit kunnen wij opmaken, dat het oorspronkelijk aaneengesloten sedimentdek primair telkens op gelijken afstand, door min of meer Oost—West loopende steile breuken, moet zijn verdeeld geworden, waarna later door ineenschuiving der strooken een dakpansgewijze ligging tot stand kwam. Naar alle waarschijnlijkheid hebben de breuken zich niet door de plastischen Servino voortgezet in de bovenliggende Mesozoïsche kalken, die onafhankelijk bewegingen naar het Zuiden hebben volvoerd en achter de Orobische culminatie het beeld geven van plooi-, breuk- en opschuivingsgebieden.

DOEGLAS (litt. 13, blz. 369) veronderstelt in zijn gebied een serie opschuivingen in den ondergrond, als gevolg van overschuiving van het voorland der Zuid-Alpen. Deze wijze van schubvorming denkt hij zich ook in de Bergamasker Alpen te hebben plaatsgevonden.

Afgezien nog van het verschil in grootte, heeft men echter nergens in de vensters der Oostelijke gebieden (die meer dan 2 km groot zijn) de aanwezigheid geconstateerd van parallel aan de Orobische lijn verloopende, horstvormige verhevenheden. (De breedte der sedimentschubben is namelijk zelden meer dan 500 m). Een andere mogelijkheid is, dat door het in de klem komen van de onderste sedimenten tusschen

opdringend kristallijn en culminatie de primaire breuken ontstaan zijn, doch geen der beide gevallen geeft een verklaring van den plaatselijk zoo regelmatig schubbenbouw. Zou de oorzaak hiervan soms gelegen hebben in den vorm van den Noordvleugel der culminatie zelf, die hier en daar als drempel werkte, waardoor bij het vrij snelle verschuiven van het sedimentdek in de weinig plooibare Permische afzettingen telkens over gelijke afstand breuken ontstonden? In hoever speelde verder een vlakke verschuiving van kristallijn of de afglijding der kalken een rol op de structuur van het onderliggende gesteente? Bij de beantwoording van deze laatste vraag beschouwe en verklare men ieder tektonisch verschijnsel zoo afzonderlijk mogelijk en late zich hierbij vooral niet tot generalisatie verleiden, daar de mogelijkheid bestaat, dat een bepaalde combinatie van verschillende factoren, tot een gelijk resultaat kan leiden en omgekeerd.

C. OMLIGGENDE GEBIEDEN.

De publicaties over het Grignagebergte hebben ons inzicht zeer verrijkt betreffende de soort verschuivingen, die daar hebben plaatsgevonden. Zeer verdienstelijk heeft TRÜMPY (zie litt. 61) de tektoniek in het begin van zijn boek samengevat en toegelicht met kaarten en profielen. Een vijftal schubben, waarbij Servino en Raibler als glijmiddel dienen, zijn onder anderen door hem beschreven. Interessant is de wijze, waarop zij zich naar het Oosten en het Westen voortzetten. Oostelijk van de Pioverna blijken de vier Noordelijkste schubben door de Zuidelijkste ten deele overschoven of afgesneden te worden, waarbij de laatste dan tegen den Zuidvleugel der Orobische culminatie komt te liggen en hier de breuk Ponte Chiuso—Averara vormt. De aanwezigheid van een, door CACCIAMALI (zie litt. 5) onder het Grignagebergte veronderstelde anticlinale heeft ook TRÜMPY nergens kunnen aantoonen. Juister is mijns inziens slechts één vanuit het Oosten komende over den Margno en later in de richting Taceno onregelmatig wegduikende culminatie aan te nemen. Ook naar het Westen laten de Grignaschubben zich op een enkele na niet vervolgen. De voor ons meest belangrijke schub is natuurlijk de Noordelijkste, waarvan een deel op mijn profielen is aangegeven. De schub bezit een synclinale bouw met een asduiking in de richting Noordwest. De ligging der afzettingen tegen het kristallijn tusschen Bellano en Varenna komt vrijwel overeen met die op den Westoever van het Comomeer ten Zuiden van Aquasera. Er werden daar matig Zuidwaarts hellende, dikbankige gneisen aangetroffen, waarop Permische-Onder-Triadische sedimenten over korten afstand volgden met een helling van 60° S, hetgeen overeenkomt met de waarnemingen van O. SETZ (zie litt. 51). Op de kaart van VON BISTRAM (zie litt. 3) staan breuken aan weerszijden der bovengenoemde afzettingen aangegeven, die inderdaad een sterk gestoorde ligging hebben. Aan het Comomeer vindt men niet meer die steilheid van grens tusschen kristallijn en sediment, zooals op zijn profiel G is geteekend. Zelfs verloopt zij, wat trouwens uit den dagzoom op den Sasso Rancio blijkt, niet Noord- doch Zuidwaarts. TRÜMPY schrijft de vorming van de Grignaschubben eerder toe aan onder- dan aan overschuiving en ver-

moedt, dat de eruptief-kristallijn culminatie van Valsassina als stuwkracht heeft medegewerkt.

De vraag dringt zich echter bij ons op: waarom treft men meer Oostwaarts geen schubben aan en vindt men in het Westen, waar de culminatie duikt, een voortzetting van het tektonische beeld?

Persoonlijk ben ik meer geneigd het ontstaan van schubben en verdubbelingen in deze kalken op analoge wijze te verklaren, als vroeger reeds door COSJN is gedaan. namelijk door afschuiving der sedimenten naar het Zuiden. Deze afschuivingen vonden echter plaats, toen de afzettingen nog niet door erosie waren aangetast.

Reeds PHILIPPI (zie litt. 35) was het opgevallen, dat het dak der schubben uit het Grignamassief uitsluitend bestaat uit Boven-Servino of Onder-Muschelkalk, terwijl de vloer nu eens Esino dan weer Raibler of Hauptdolomiet kan zijn, waarbij ook typisch is, dat jongere sedimenten ontbreken. Volgens hem kunnen er zich nu twee gevallen voordoen: „Entweder befand sich die Südscholle in der Zeit, als die Ueberschiebung eintrat, bereits in dem heutigen Zustande — und das ist nur denkbar, wenn wir eine vorausgegangene Erosion annehmen — oder die ganze Masse der mesozoischen Sedimente war bis zu diesem Zeitraume intakt geblieben; und eine bei dem Ueberschiebungs-Vorgange selber wirkende Kraft zerschnitt diesen Klotz, schob die höheren Sedimente bei Seite und placirte auf der Bruchfläche die untertriadischen Schichten der Mittelscholle.”

Dit laatste leek hem te fantastisch en hij vond in de aanwezigheid van Triadische kalk- en dolomietrolsteen in het Krijt steun tot aanname van de eerste onderstelling. Stelt men zich aldus overschuivingen voor van sedimentpakketten in een gebied, dat reeds door erosie is aangetast, dan staat men echter voor de moeilijkheid, dat op zulk een relief regelmatige, effene en vrijwel steeds één bepaalde zone volgende schubvlakken onbestaanbaar zijn, hetgeen PHILIPPI ook gevoeld heeft. „Die Hoffnung, directe Erosionserscheinungen, also Taschen, terra rossa etc., an den liegenden Schollen aufzufinden, hat sich als vergeblich erwiesen; überall, wo die Ueberschiebung aufgeschlossen ist, konnte ich an der Grenze der beiden Schollen nur Reibungsbreccien von verschiedener Mächtigkeit und in ihrem Habitus etwas variierend constatiren.” (zie litt. 35, blz. 675).

RASSMUS (litt. 45, blz. 126) concludeert uit de vondsten van Triadische conglomeraten in Servino het volgende: „Das Vorkommen so alter Gesteine lässt auf eine intensive Gebirgsbildung schliessen, denn wir können nicht annehmen, dass, wenn nur flache Aufwölbungen stattfanden, in der kurzen Zeit der Erosion schon die ganze Juradecke entfernt war. Wir können das Auftreten dieser Gerölle wohl nur durch eine verwickelte Tektonik erklären, bei der durch Stauung und Ueberschiebung auch die älteren Sedimente stellenweise der Oberfläche schon genähert wurden.”

Ik wensch voor het ontstaan der schubben en verschuivingen op de volgende oplossing, die eenige gelijkenis vertoont met de tweede veronderstelling van PHILIPPI, de aandacht te vestigen. Uit de dikte der schubelementen, den aard der overschuivingsvlakken en misschien ook

de plooiing der kalken (zie blz. 103, litt. 45) moet opgemaakt worden, dat deze verschuivingen ten deele sub-aquatisch, ten deele kort na het boven water komen plaatsvonden en wel tijdens de stijging, die vrij snel of sprongsgewijs plaatsgreep, van het Noordelijk deel der geo-synclinale. Doch hoe verklaart men dan het geheel ontbreken van de Jura- en Krijtafzettingen in de Grignaschubben (en vrijwel in de geheele zone ten Zuiden van de Orobische culminatie), terwijl de jongere serie Zuidelijker en in de Alta Brianza compleet vertegenwoordigd is? Daar ik veronderstellingen als een plotseling ondieper worden van het Mesozoïsche geo-synclinale bekken, of het volkomen wegerodeeren der jongere afzettingen in het Noorden in het midden wensch te laten, moet de verklaring gezocht worden in primaire afglijdingen van de Midden- en Boven-Mesozoïsche sedimenten, waarbij vooral het Rhät als glijmiddel diende. Tegelijkertijd of later, maar minder ver Zuidwaarts, hadden de afschuivingen plaats van de Triadische sedimenten over Servino en het is niet onmogelijk, dat, behalve aan erosie, ook hieraan het ontbreken van Muschelkalk in de, aan de Noordzijde van of óp de Orobische culminatie aanwezige, Permo-Triadische schubben moet worden toegeschreven. De meest Noordelijk gelegen en nu aan de erosie of abrasie van de regredeerende zee blootgestelde Triadische afzettingen konden nu het materiaal leveren voor de conglomeraten in het Boven-Krijt.

In het bovenstaande is getracht een compromis te sluiten tusschen de vondsten van conglomeraten, die wijzen in de richting van erosie eenerzijds en anderzijds in het optreden van vrijwel gave overschuivingsvlakken. In de relatief zachte formaties ontstonden tijdens de perioden van schubvorming vrijwel geen mylonietzonen. Indien toch aanzienlijke gruis- of breccielagen worden aangetroffen, zouden die verklaard kunnen worden, evenals later optredende breuken, als te zijn ontstaan na volkomen diagenese in een latere orogenetische phase der Alpine plooiing.

PHILIPPI heeft met DEECKE de aanwezigheid van een tweede, zwakkere plooiingsphase loodrecht op de hoofdrichting West-Noordwest willen aantoonen, waarbij de eerstgenoemde phase de jongste is. TARAMELLI (zie litt. 59) heeft zich deze plooiing gedacht in het Pliocéen of Post-Pliocéen.

Een nader onderzoek zal moeten uitwijzen of niet alléén de stuwing veroorzaakt door de resultanten der uit het Noorden werkende krachten, de afschuivingen en de aanpassing van het sedimentdek aan een onregelmatig gevormden ondergrond reeds deze schuin of dwars op de hoofdrichting gelegen anticlinalen zouden kunnen verklaren.

Nadat de schubben in het Grignagebergte gevormd waren, moeten volgens TRÜMPY de breuken ontstaan zijn, waarna dan eventueel weer hierlangs verschuivingen optraden.

BENECKE (zie litt. 2) heeft in verband met de ligging der Triadische afzettingen ten Noordwesten van Esino de meening geuit, dat zich hier een breuk moet bevinden, waarlangs de formaties van den San Defendente iets Zuidwaarts verplaatst werden.

Het is waarschijnlijk, dat wij hierin de bevestiging mogen zien van de vroeger door mij geuite veronderstelling, dat van de verschuivingen

in het door mij geкарteerde gebied een voortzetting ten Zuiden van de lijn Tartavalle—Portone zou zijn aan te wijzen. De gevolgtrekking is ook hier, dat de breuken ontstaan moeten zijn na de schubvorming van de Grigna-afzettingen, zoodat men moet aannemen, dat verschuivingen in het kristallijn in een latere periode nog plaatsgrepen. Ja, volgens PHILIPPI zou er zelfs een post-glaciale orogenese geweest zijn, hetgeen hij o.a. afleidt uit de Noordwaartsche helling van enkele moreene-afzettingen.

RASSMUSS (zie litt. 45) kwam in zijn belangrijk werk over de Alta Brianza tot de conclusie, dat de hoofdphase der orogenese in de Lombardische Kalkalpen moet hebben plaatsgevonden in het Onder-Senoon (o.a. door vondsten van Triadische conglomeraten in het Boven-Krijt).

Uit discordanties van jongere afzettingen leidde hij af, dat in het geheel minstens drie perioden van gebergtevorming zijn aan te wijzen, waarbij dan het Zuidelijke deel der geo-synclinale minder steeg dan het Noordelijke, terwijl het ontstaan der Dinariden onder invloed van een druk uit het Noorden de vorming van de Noord-Alpine dekbladen zou zijn voorafgegaan. Verder is uit de tektoniek der Noord-Italiaansche Kalkalpen tal van onderzoekers gebleken, dat de ondergrond Zuidwaarts niet altijd geleidelijk, doch in veel gevallen trapsgewijs daalt.

VON BISTRAM (zie litt. 3) wijt verschillen in dikte en aard van afzettingen als Muschelkalk, Esino en Hauptdolomiet aan oude tektonische oorzaken en wijst in zijn werk op het afwijkende karakter van het gebied tusschen het Como- en Luganomeer en het Grignagebergte.

In het laatste vond vooral schubvorming plaats, terwijl het Westelijke deel zich meer kenmerkt door plooiën en breuken, waarbij in het bijzonder de Boven-Mesozoïsche afzettingen betrokken zijn. SERTZ (zie litt. 51) heeft later critiek op VON BISTRAM's werk uitgeoefend en veranderingen aangebracht in zijn kaart en profielen. Van bijzonder belang is de wijze, waarop het contact sediment—kristallijn op den Westoever van het Comomeer wordt gevormd. Deze blijkt namelijk samen te vallen met de voortzetting van de hoofdstrekking van het dislocatievlak ten Zuiden van Bellano. SERTZ twijfelt aan het bestaan van breuken op de grens Verrucano (wellicht beter Servino) —Muschelkalk en Perm—kristallijn, zooals die door VON BISTRAM worden aangeduid. Waar eerstgenoemde schrijver overigens verder Westelijk wel breukvlakken teekent (zie fig. 6) en op den Oostoever wrijfspiegels gevonden werden, lijkt het mij weinig ter zake doend hier langer over te strijden, vooral daar de aard der Permische-Onder-Triadische afzettingen duidelijk toont, hoe zij in de klem gezeten hebben. SERTZ veronderstelt verder een flexuur, al dan niet met breuken gepaard, met een spronghoogte van minstens 400 m tusschen den vloer van het oude afgeërodeerde Noordelijke sedimentdek en die van de Lombardische Kalkalpen.

Uit het verschil in strekking van de groote Oost—West breuk en de plooiassen der afzettingen concludeert hij, dat eerst het kristallijne plateau moet omhoog gestegen zijn en daarna pas de plooiing plaatsvond. Bijgaande figuur geeft SERTZ' voorstelling van dit tektonisch gebeuren geschematiseerd weer. Of de sedimenten in het Noorden ooit die groote hoogte bereikt zullen hebben, is te betwijfelen, daar bij

het stijgen natuurlijk in toenemende mate de erosie op hen inwerkte.

Bovendien zullen de compensaties van zwaartekranchtanomaliën, na de Alpine orogenese in niet onbelangrijke mate hebben bijgedragen tot de vorming van het hydrografische karakter van het landschap.

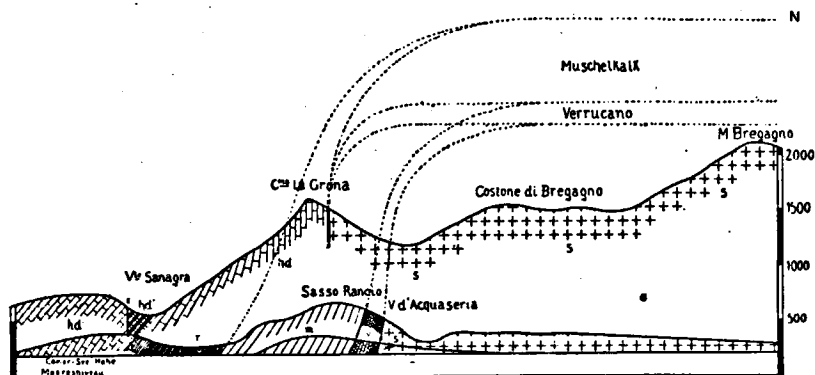


Fig. 6.

Profielen door den Westoever van het Comomeer volgens O. SERTZ (litt. 51, blz. 545).

s = metamorfe gesteenten.	r = Raibler.
v = Verrucano.	hd = Hauptdolomiet.
m = Muschelkalk.	hd' = Plattenkalk uit Hauptdolomiet.

Keeren wij terug naar de gebieden Oostelijk van het Comomeer, dan blijkt, dat wij hier door het uittreden van de geconsolideerde eruptief-kristallijn culminatie een tektonische verwickeling te zien krijgen.

Dat de culminatie van Valsassina, wegduikend onder metamorfe gesteenten, zich in Westwaartsche richting zou voortzetten, is niet onmogelijk.

Een studie van aard en ligging der kristallijne gesteenten ten Noorden van de Oost—West breuk op den Westoever van het Comomeer moge in de toekomst hierover meer licht verschaffen.

Het kristallijn bij Aquaseria (Westoever Comomeer) b.v. bleek mij te bestaan uit lichtgekleurde, dikbankige, gneiss-chiari-achtige gesteenten, die Zuidwaarts hellend zich tot aan de grens van de sedimenten voortzetten.

Het ten Noorden van Margno en Muggio zich uitstreckende gebergte, dat hoofdzakelijk uit gneisen en schisten is opgebouwd, maakt deel uit van het gebied, dat in recenten tijd door CORNELIUS (zie litt. 6) is bewerkt geworden. Voor het vaststellen van de door hem aangegeven groote anticlinalen in het grondgebergte kan ook hier een nader detail-onderzoek van veel nut geacht worden.

Resumeerend volgt, dat men in de Noord-Italiaansche Alpen te doen heeft met het gecompliceerde beeld, dat ontstaan is als gevolg van de tijdens het jong Mesozoicum optredende Alpine orogenese, gepaard aan een voortdurende erosie.

De gebergtevormende processen moet men zich volgens de bevindingen der talrijke onderzoekers voorstellen als een serie min of meer ingrijpende fasen, die, zij het ook in veel geringer mate, tot op den huidigen dag voortduren; gezien ook het feit, dat dit geheele gebied door de geophysici gerekend wordt tot de vrij belangrijke aardbevingsgebieden der wereld (zie litt. 50).

RÉSUMÉ.

Le terrain étudié (fig. 1) est formé de roches métamorphiques pour plus de la moitié; le reste est formé de sédiments variant du Permien au Trias Inférieur, et de roches appartenant à la culmination éruptivo-cristalline du Cimone di Margno. Le relief du paysage présente en général des pentes douces. Au point de vue morphologique on trouve comme endroits intéressants: la Valsassina, qui est une ancienne vallée à glacier en partie comblée d'éboulis; les restes des vallées à glacier dans la Val Marcia et dans la Val Muggiasca; les deltas de déjection très étendus près de Dervio et de Bellano; et enfin l' "Orrido" près de ce dernier endroit. Près de Taceno on trouva un exemple de déplacement de vallée. Sur le versant Sud du Margno le champ de blocs d'éboulis du Verrucano est remarquable par ses dimensions.

Quelques lignes tectoniques apparaissent clairement dans la topographie du terrain: la vallée de la Varrone, entre Premana et Pagnona suit exactement la limite entre les gneiss-chiari et les roches de paramétamorphisme.

Sur la culmination du Margno des fenêtres géologiques se formèrent par l'emport de la couche sédimentaire par la Rossiga, le Biagio, et la Marcia.

Il n'y a pas de transition graduelle de la ligne de partage des eaux entre la Val Varrone et la Val Pioverna, qui passe par la Cima d'Olino et le Cimone del Margno, à celle du Monte di Muggio. L'interruption, qui est sans aucun doute en corrélation avec la construction tectonique du terrain, est encore beaucoup plus nettement visible sur le versant Nord du groupe de la Grigna.

Les modifications les plus importantes apportées par l'auteur aux cartes géologiques déjà existantes, consistent en l'indication de Servino sur le Cimone di Margno, en des modifications de la limite Permo-Werfénienne, en le relevé de nombreux charriages sur le versant Sud du Muggio, en la délimitation des gneiss-chiari, et en le repérage d'un système d'imbrication dans la Val Marcia.

Les roches métamorphiques du terrain étudié appartiennent pour la plupart aux roches de paramétamorphisme. Celles-ci se subdivisent en:

1. Schistes et gneiss micacés à quartz et à feldspath;
2. Quartzites; et
3. Roches amphibolitiques.

D'une façon générale ces roches sont faciles à distinguer du groupe des gneiss-chiari, qui doit être considéré comme faisant partie des roches d'orthométamorphisme. Au microscope, ces dernières se caractérisent

surtout par l'absence presque complète d'ingrédients mafiques et par leur structure en reliquat hypidiomorphe. La teneur en biotite, en chlorite ou en amphibole donne aux roches de paramétamorphisme une couleur plus foncée, et leur richesse en mica les rend plus schisteuses. Leur granulation aussi est en général plus fine.

Les formations cristallines de la culmination du Margno occupent une place spéciale: elles se distinguent surtout par leurs structures en criblé ou poecilitiques frappantes. L'examen pétrographique des gneiss-chiari a démontré que l'on se trouve souvent devant des proportions très variables de quartz, de feldspath et de muscovite.

Les fenêtres de la Marcia, de la Rossiga et du Biagio présentent des roches éruptives. Elles sont du type abyssal et hyp-abyssal, dont font partie l'aplite, le granit, la granodiorite, la quartzdiorite, la diorite, la (quartz)porphyr(it)e et la kersantite amphibolique. Il ne se rencontre guère de formes effusives.

Les pseudo-tachylites trouvés sur un plan de charriage dans la Val Biagio sont très intéressants, de même que le granit en „peau de panthère” de la Val Rossiga.

L'âge des roches éruptives est en tous cas Pré-Permien, quoiqu'il soit impossible de déterminer exactement le laps de temps pendant lequel l'intrusion a eu lieu. On vit d'abord se former une diorite biotitique ou amphibolique dense, finement grenue, et de couleur grise foncée, puis un magma quartzdioritique à granodioritique plus acide intruda, qui assimila en partie le premier, en absorbant également des fragments de substratum.

La majeure partie des roches de coagulation affleurant dans les fenêtres déjà mentionnées sont des quartz- ou des granodiorites. Leur examen au moyen du microscope à polarisateur, fut complété par une détermination quantitative des minéraux contenus au moyen de la platine d'intégration de LERTZ. Quelques-uns des résultats obtenus furent insérés dans la fig. 1 et dans le tableau 2. On peut en conclure que les roches doivent provenir d'un magma riche en potassium et en silicium, caractérisé surtout par la teneur très faible en sodium.

Le sédiment le plus ancien que j'aie trouvé dans mon terrain est le conglomérat bien connu de Verrucano rouge à grès sernifitiques.

Il faut insister sur le fait que, dans les Alpes Bergamasques, le diamètre des galets erratiques de quartz et de porphyre dépasse rarement les 20 cm. Ceci plus spécialement, pour éviter des confusions avec les conglomérats du Collio.

En passant par de petits bancs de galets et des sables plus clairs, on quitte le Permien pour arriver dans le Werfénien Inférieur. Au bout d'une trentaine de mètres on passe aux marnes et aux sables bigarrés, avec par-ci par-là des couches de dolomites calcaires, du Werfénien moyen (250 m). Dans le Werfénien Supérieur je rencontraï une couche, épaisse de 20 m, de conglomérats qui n'ont encore jamais été décrits dans cet horizon. Les galets, qui peuvent atteindre jusqu'à 10 cm de longueur, sont surtout formés de quartz riche en tourmaline, mais on y trouve aussi du porphyre, quoique rare. Pour finir on rencontre une couche de \pm 50 m de formations rouges et grises mar-

neuses à quartzitiques, parmi lesquelles on voit apparaître un „Rauchwacke”. Le délavé du grès du Servino paraît être d'un blanc très pur, couleur au moins aussi frappante que le brunjaune caverneux du „Rauchwacke” du Werfénien Supérieur. Je ne trouvai point de fossiles dans les dépôts décrits ci-dessus.

On trouva de nombreuses formations diluviales, entr'autres près de Portone et dans le bassin de la Maladiga. Cependant, elles font toutes l'impression d'avoir été transportées par l'eau de façon à ne plus être de véritables moraines.

On trouve également de nombreux galets erratiques, de même que des roches moutonnées et des stries glaciaires. Les mouvements de la glace au cours du Pleistocène eurent lieu dans la Val Varrone en sens Est—Ouest, mais dans la Val Muggiasca et dans la Valsassina en sens inverse. Près de Taceno s'y ajouta encore la partie qui, près de Pagnona s'était séparée du glacier de la Val Varrone. Les cônes d'éboulis et les deltas de déjection à l'embouchure des torrents et des rivières dans la Valsassina et dans le Lac de Côme, doivent être comptés parmi les dépôts alluviaux.

Sur le versant SW de la Valsassina, entre Cortenova et Parlasco, on trouve de la brèche d'éboulis récemment cimentée, contenant des fragments de roche de couleur jaune, souvent caverneux, et atteignant parfois jusqu'à un mètre de diamètre.

Les minéraux utiles ne se rencontrent qu'en quantités minimes. Seule la roche quartzique à feldspathique de Cava di Feldspato est exploitée à l'usage de la verrerie et de la faïencerie.

Enfin les sources minérales de Tartavalle jouissent d'une certaine réputation, grâce à leur vertu médicinale.

Au point de vue de la construction, le terrain étudié peut être subdivisé en trois parties, à savoir :

1. Le Monte di Muggio, formé presque en entier de roches paramétamorphiques à schistosité plus ou moins verticale. Entre Inesio et Bellano ces roches charrient en un plan assez horizontal sur une large bande de gneiss-chiari. Vers le Sud, ces derniers disparaissent en plongeant sous le paquet des sédiments du groupe de la Grigna.

2. Le Cimone di Margno, formé surtout d'une culmination éruptivo-cristalline, recouverte au Sud par du Verrucano, au Nord par un surcharriage de gneiss-chiari et par des sédiments très fracturés du Permien et du Trias-Inférieur.

3. La zone située entre les deux sommets, caractérisée par une série de charriages dans le cristallin, charriages qui enserrant souvent des bandes de sédiments.

On a l'impression que la partie occidentale du terrain étudié a été déplacée de quelques centaines de mètres vers le Sud par rapport à la partie orientale. A l'aide de la carte et des coupes il a été fait une description géologique et tectonique détaillée du terrain.

Nous voyons ainsi que dans la Val Marcia de nombreuses écailles affleurent, qui, tant à l'Est qu'à l'Ouest sont surcharriées par des

gneiss-chiari. La position des formations dans la fenêtre de Premana révèle que les forces tectoniques y ont agi en deux directions: du NE et du NW. Les gneiss-chiari du Margno et du versant Est du Muggio doivent être considérés comme formant un tout. Les différences d'inclinaison et de direction trouvent leur origine en la contre-pression irrégulière de la culmination éruptivo-cristalline du Margno. Dans la fenêtre que forme le cours supérieur de la Marcia, on trouve des restes de Verrucano qui forment un tout avec les dépôts Permo-Werfénien des environs de Sasso diretto, Alpe Ombrega et Alpe Dolcigo.

Ces dépôts sont séparés tectoniquement de ceux de l'arête Margno—Cima d'Olino.

La culmination éruptivo-cristalline du Margno se poursuit vers l'Est par le Monte Foppabona et par Ornica. Vers l'Ouest elle plonge sous les roches métamorphiques du Monte di Muggio. Près de la Bocchetta d'Olino (sur la limite du terrain de CROMMELIN et du mien) seulement, je trouvai une continuation des fractures de la culmination dans la couche sédimentaire susjacent. Au NE de Codesino, et au Sud d'Indovero, on trouve des petites érosions torrentielles remontantes où affleurent d'intéressants microcharriages du cristallin et de sédiments du Verrucano et du Trias Inférieur. De la ligne Indovero—Narro jusqu'à Tartavalle on ne trouve que des charriages de gneiss-chiari et de sédiments; l'absence des roches paramétamorphiques est marquante. Il est probable qu'une dépression dans le substratum près de Tartavalle a rendu possible une pénétration des gneiss-chiari si avant vers le Sud. J'ai intercalé une esquisse de cette région dans le texte, vu que la végétation luxuriante en rend la mise en carte très difficile. Par contre, dans la région entre Taceno et Bellano, la grand'route et la Pioverna fournissent de superbes affleurements. Des charriages nombreux et compliqués y sont nettement dévoilés.

La continuation de la faille Orobique vers l'Ouest est particulièrement intéressante. On la suit aisément jusqu'au village de Margno, mais au-delà elle se décompose en un faisceau de petits charriages orientés en sens NE—SW, qui continuent vers le SW entre Portone et Tartavalle. Entre Portone et Bellano ce n'est plus un surcharriage qui constitue la transition entre le cristallin et les sédiments. Ici en effet, du Permien recouvre des orthogneiss en contact anormal, vu les nombreuses surfaces de glissement. Dans cette zone, les orthogneiss forment un anticlinal peu prononcé dont l'axe est parallèle à la Val Muggiasca.

Les différences d'inclinaison et de direction des roches cristallines permirent une subdivision de mon terrain en cinq parties. Nous n'insisterons pas là-dessus, mais nous attirons l'attention sur le fait que le Servino de l'arête Margno—Cima d'Olino forme un tout avec les dépôts peu fracturés sur le versant SW de la Valsassina.

En outre une étude spéciale a été faite de la nature des charriages et des écaïlles. Quant à ces dernières, une modification fut apportée aux constructions suivies jusqu'à présent (cf. fig. 5).

En traitant du problème du substratum, l'attention est attirée sur le fait qu'en projetant des tectonogrammes il faut tenir sérieusement compte de dislocations dans le substratum, de culminations

porphyriques, etc. . Dans tous les cas, et partout où le Servino fonctionne comme facteur de glissement, des plans de charriage se sont dessinés, tant sur la limite Verrucano-Werfénienne que de l'autre côté.

En outre, j'ai souligné l'importance de la présence de roches éruptives dans la culmination Orobique. En effet, elles consolidèrent le substratum de telle manière, que celui-ci put servir de tampon contre les sédiments et les roches métamorphisées venant du Nord.

L'imbrication des calcaires du groupe de la Grigna est supposée avoir pris naissance au cours de l'orogénèse alpine par des glissements de sédiments des terrains cristallins ascendants du Nord, mais encore avant que l'érosion pût avoir lieu, et par conséquent juste après où encore pendant la période d'immersion.

Il y eut des glissements primaires de dépôts mésozoïques supérieurs et moyens qui se déplacèrent très loin vers le Sud. Les sédiments triasiques glissèrent en même temps ou plus tard. Au cours de ces périodes d'imbrication, il ne se forma guère de zones de mylonites dans ces formations relativement molles. La présence de failles post-tertiaires, comme celle de zones de mylonites, doit être expliquée par une phase ultérieure de l'orogénèse, au cours de laquelle les charriages eurent lieu de préférence en suivant d'anciens plans de dislocation.

Le paysage tel qu'il s'est finalement constitué, s'est formé sous l'influence de l'orogénèse agissant au cours de l'époque tertiaire en combinaison avec une érosion violente et ininterrompue.

LITTERATUURLIJST.

1. BECKER, H. Lecco und die Grigna. Zeitschr. d. d. geol. Ges. Berlin, 1897.
2. BENECKE, E. W. Erläuterungen zu einer geologischen Karte des Grignagebirges. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil. Bd. 3, p. 171—251, 1885.
3. BISTRAM, A. v. Das Dolomitgebiet der Luganer Alpen. Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., Bd. 14, 1903. Overdruk.
4. CACCIAMALI, G. B. Ricostruzioni tectoniche sulla regione Lariana. Tipografia della Pace. E. Cuggiani. Roma, 1921.
5. CACCIAMALI, G. B. Morfogenesi delle Prealpi Lombarde. Brescia, 1930.
6. CORNELIUS, H. P. en FURLANI—CORNELIUS, M. Die Insubrische Linie von Tessin bis zum Tonale Pass. Wien, 1930.
7. COSIJN, J. De geologie van de Valli di Olmo al Brembo. Leidsche Geol. Meded. Dl. II, 1928.
8. CURIONI, G. Carta geologica della provincia Lombarde. Milano, 1877.
9. CURIONI, G. Geologia applicata delle provincie Lombarde. 1 en 2. Libraio-Editore. U. Hoepli. Milano, 1877.
10. DAVIS, W. M. Erklärende Beschreibung der Landformen. 1912.
11. DAVIS und BRAUN. Grundzüge der Physiogeographie. 1911.
12. DEECKE, W. Beiträge zur Kenntnis der Raibler-schichten in den lombardischen Alpen. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil. Bd. 3. Berlin, 1885.
13. DOGLAS, D. J. Die Geologie des Monte San Giorgio und des Val Mara. Leidsche Geol. Meded., p. 337—395, 1930.
14. ESCHER von DER LINTH, A. Nachträge über die Trias in der Lombardei. Neue Denkschr. d. allgem. schw. Natf. Ges., Bd. 13, p. 77—135, 1853.
15. FRAUENFELDER, A. Beiträge zur Geologie der Tessiner Kalkalpen. Ecl. geol. Helv., Vol. 14, 1916.
16. FRÜH, J. Geographie der Schweiz, Bd. 1, p. 457—472, 1930.
17. GÜMBEL, C. W. Geognostische Mitteilungen aus den Alpen. Sitz. ber. d. m. ph. Classe d. Bayr. Akad. d. Wissensch. München, 1880.
18. GÜMBEL, C. W. Eine geognostische Streifung durch die Bergamasker-Alpen. Sitz. ber. d. m. ph. Classe d. Bayr. Akad. d. Wissensch. München, 1880.
19. HAUER, FR. v. Curionis Abhandlungen über die Triasgebilde in der Lombardei. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst., 1855.
20. HAUER, FR. v. Verrucano der lombardischen Alpen. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst., p. 183—184, 1857.
21. HAUER, FR. v. Erläuterungen zu einer geologischen Uebersichtskarte der Schichtgebirge der Lombardei. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst., 1858.
22. HEIM, A. Geologie der Schweiz. 1922.
23. HOFSTENGE, G. L. La géologie de la vallée du Brembo et de ses affluents entre Lenna et San Pellegrino. Leidsche Geol. Meded., p. 27—81, 1931.
24. HOLMES, A. The Nomenclature in Petrology. London, 1920.
25. JOHANNSEN, A. A descriptive petrography of the igneous rocks. Chicago, 1931.

26. JONG, J. W. Zur Geologie der Bergamasker Alpen, nördlich des Val Stabina. Leidsche Geol. Meded., p. 50—103, 1928.
27. KLOMPÉ, TH. H. F. Die Geologie des Val Mora und des Val Brembo di Mezzoldo. Proefschrift, Leiden 1929.
28. LOTTI, B. Verrucano e pseudo-verrucano in Toscane. Boll. d. Reale Com. Geol. d'Italia, 1910.
29. MARIANI, E. Note geologiche sul gruppo delle Grigne. Rendiconti R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., Serie 2, Vol. 34. Milano, 1901.
30. MILCH, L. Beiträge zur Kenntnis des Verrucano. 1 en 2. Leipzig, 1892—1896.
31. Nomenclator, Geologische —. Uitg. van het Geol. Mijnb.k. Genootschap voor Ned. en Kol., den Haag, 1929.
32. PARONA, C. F. Trattato di Geologia. Milano, 1924.
33. PATRINI, P. I laghi delle Alpi Orobie. Estratto della rivista „La Geografia”. 1927.
34. PENCK, A. Die insubrischen Gletscher. Aus Penck u. Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig, 1909.
35. PHILIPPI, E. Beiträge zur Kenntnis des Aufbaues und der Schichtfolge im Grignagebirge. Zeitschr. d. d. Geol. Ges., Bd. 47, 1895.
36. PHILIPPI, E. Geologie der Umgegend von Lecco und des Resegone-Massivs in der Lombardei. Zeitschr. d. d. Geol. Ges., 1897.
37. PHILIPPI, E. Erwiderung auf Herrn H. Becker's briefliche Mittheilung „Lecco und die Grigna”. Zeitschr. d. d. Geol. Ges., 1897.
38. PORRO, CESARE. Cenni preliminari ad un rilievo geologico nelle alpi Orobie. (Valsassina e Pizzo dei Tre Signori). Estratto dei „Rendiconti” del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., Serie 2, Vol. 30, 1897.
39. PORRO, C. Rocce granitoidi della Valsassina. Cenni preliminari. Rendiconti del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., Vol. 31, Serie 2, 1898.
40. PORRO, C. Cenni preliminari ad un rilievo della Catena Orobia, dalla Valsassina al M. Venerocolo. Estr. dei Rendiconti del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., Vol. 32, 1899.
41. PORRO, C. Alpi Bergamasche. Carta geol. rilevata con sezioni geologiche 1:100.000. 1895—1901.
42. PORRO, C. Alpi Bergamasche. Note illustrative della Carta Geologica e delle Sezioni. Milano, 1903.
43. PORRO, C. Das Gebirge zwischen Como- und Iseo-See, uit A. Tornquist: Geol. Führer d. d. Ober-Ital. Seen-geb. Berlin, 1902.
44. PORRO, C. Rapporti fra gli scisti cristallini a Sud-Est di Gerola e le formazioni Permiane. Catena Orobia. Estratto dei Rendiconti del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., Vol. 64, 1931.
45. RASSMUSS, H. Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der Süd-Ostlichen Alta-Brianza. Geol. u. Pal. Abh. von Koken, Bd. 14, 1912.
46. RASSMUSS, H. Der Gebirgsbau der Lombardischen Alpen. Zeitschr. d. d. Geol. Ges. Abh. u. Mon. ber., Bd. 65, 1913.
47. REPOSSI, E. Osservazioni stratigrafiche sulla Val d'Intelvi, la Val Solda e la Val Menaggio. Estratto dagli: Atti della Soc. It. di Sc. Nat., Vol. 41, 1902.
48. SALOMON, W. Die Adamello-gruppe. Abh. d. k. k. Geol. Reichsanst., Bd. 21. Wien, 1908.
49. SALOMON, W. Grundzüge der Geologie, Bd. 1 en 2. Stuttgart, 1926.
50. SIEBERG, A. Geologische Einführung in die Geophysik. Jena, 1927.
51. SEITZ, O. Ueber die Tektonik der Luganer Alpen. Verh. des Nat.hist.-Med. Vereins zu Heidelberg. N. F., Bd. 13, H. 3, 1917.

52. SCHMIDT, C. Programme détaillé de l'excursion de 1889 de la Soc. Geol. Suisse aux environs de Lugano. Ecl. geol. Helv., Vol. 1, 1889.
53. SCHMIDT, C. en STEINMANN, P. Geologische Mitteilungen aus der Umgebung von Lugano. Ecl. geol. Helv., Vol. 2, 1890.
54. STAUB, R. Der Bau der Alpen. Met kaart en profielen. 1924.
55. STAUB, R. Südalpen und Dinariden. Ecl. geol. Helv., Vol. 19, p. 653—657.
56. STAUB, R. Zur tektonischen Deutung der Catena Orobia. Ecl. geol. Helv., Vol. 16, p. 28—34.
57. TARAMELLI, T. Carta geologica della Lombardia. 1: 250.000. Milano, 1890.
58. TARAMELLI, T. Osservazioni stratigrafiche nella Valsassina e nella Valtorta. Rendiconti del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., Vol. 25, 1892.
59. TARAMELLI, T. I tre laghi. Studio geologico orografico, con carta geologica. 1: 150.000. Milano, 1903.
60. TORNQUIST, A. Geologische Führer durch das Ober-Italienische Seengebirge. Berlin, 1902.
61. TRÜMPY, E. Beitrag zur Geologie der Grignagruppe am Comersee (Lombardei). Ecl. geol. Helv., Vol. 23, 1930.
62. WENNEKERS, J. H. L. De geologie van het Val Brembo di Foppolo en de Valli di Carisole. Leidsche Geol. Meded., p. 269—334, 1930.
63. WENNEKERS, J. H. L. The Structure of the Bergamo Alps compared with that of the Northwest Highlands of Scotland. Leidsche Geol. Meded., 1932.