BIJDRAGE TOT DE GEOLOGIE DER BERGAMASKER ALPEN. No. 4 *).

DE GEOLOGIE VAN HET VAL BREMBO DI FOPPOLO EN DE VALLE DI CARISOLE

DOOR

J. H. L. WENNEKERS.

Met plaat 47 en 48.

INHOUD.

Blz.

Voorbericht 269

HOOFDSTUK I.

Stratigrafie en Petrografie.

A. Kristallijne Schisten 271

B. De gesteenten die tot de Permische-Onder Triadische Schubstapel en het verschoven Muschelkalk-Esinopakket behooren 278

HOOFDSTUK II.

Tektoniek.

A. Overschuivingen in het kristallijn en de z.g. Orobische breuk. . 293

B. De horizontale transversaalverschuiving van Terzera en de verschuivingszones van de Muschelkalk-Esino en de Hauptdolomiet . 298

C. De rol van de porfierserie 305

D. De invloed van de culminaties en depressies in het grondgebergte op de tektoniek der sedimentpakketten 307
   a. De horizontale transversaalverschuiving van Maiocco . . . 307
   b. De horizontale transversaalverschuiving van de Cava d'Ardesia 310
   c. Het breuksysteem Valleve-Branzi 310
   d. Breuken in de kalken 311

E. De culminaties en depressies van het grondgebergte 312

*) Reeds verschenen: No. 1: J. COSIJN, „De geologie van de Valli di Olmo al Brembo" (Lit. 2). No. 2: W. J. JONG, „Zur Geologie der Bergamasker Alpen, nördlich des Val Stabina" (Lit. 7). No. 3: TH. H. F. KLOMPÉ, „Die Geologie des Val Mora und des Val Brembo di Mezzoldo" (Lit. 8).

Blz.

F. Over de schubvorming in de Permische-Onder Triadische afzettingen, de met schubben te vergelijken vormingen in de Muschelkalk-Esino en de breuken in de Raibler 313
a. De opschuivingen in de Permische-Onder Triadische afzettingen 314
b. De opschuivingen in de Muschelkalk-Esino 320
c. De breuken in de Raibler 323

G. Overzicht der Tektoniek 323

Résumé en français 330

Literatuurlijst 334

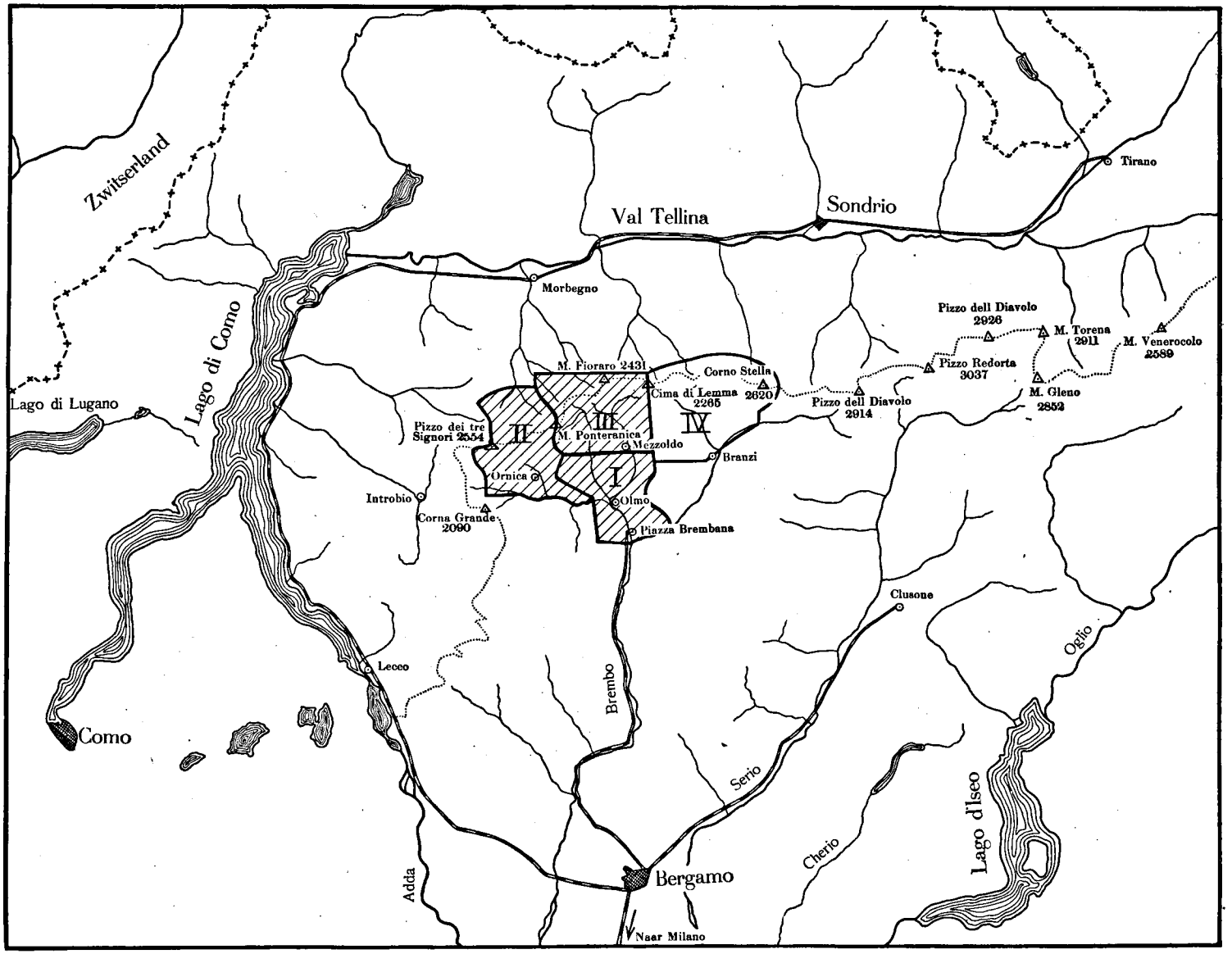


Fig. 1. Overzichtskaart van het gebied tusschen het Como- en het Iseomeer. Schaal 1: 500.000.

I. Opgenomen door J. Cosijn, 1926—'27.
II. " " W. J. Jong, 1926—'27.
III. Opgenomen door Th. H. F. Klompé, 1927—'28.
IV. " " J. H. L. Wennekers, 1928—'29.

VOORBERICHT.

In het jaar 1926 begonnen COSIJN en JONG met de karteering in de Bergamasker Alpen. JONG bewerkte het gebied ten Noorden van het Val Stabina en COSIJN het stroomgebied van de Valli di Olmo al Brembo (Val Brembana). KLOMPÉ karteerde in de jaren '27—'28 een gebied, dat in het Zuiden bij het door COSIJN en in het Westen bij het door JONG opgenomen terrein aansluit.

In Mei 1928 begon ik met de geologische opneming van een terrein, dat ten Oosten ligt van de lijn Passo di Piadavalle—Passo San Simone, m.a.w. dat in het Westen door de Oostgrens van het door KLOMPÉ bewerkte deel afgesloten wordt. Zoo is dan deze karteering te beschouwen als de voortzetting naar het Oosten van de drie, reeds in de jaren '26, '27 en '28 door COSIJN, JONG en KLOMPÉ uitgevoerde geologische opnemingen (zie fig. 1).

Door verschillende omstandigheden was het mij mogelijk de Bergamasker Alpen te bestudeeren tot ver buiten de grenzen van het geologisch door mij opgenomen gedeelte.

Bij de behandeling van het hoofdstuk Tektoniek kon niet verhindend worden, dat waarnemingen in andere nog niet in detail bewerkte deelen dezer Alpen gedaan, met verschijnselen, die in dit gebied werden aangetroffen, in verband zijn gebracht.

Er is echter zooveel mogelijk naar gestreefd om belangrijke waarnemingen in reeds in bewerking zijnde gebieden (ten Westen van de door COSIJN en JONG bewerkte deelen) verricht, onvermeld te laten, hoewel het natuurlijk niet te verhoeden was, dat de waarneming van bepaalde verschijnselen in die terreinen, die voor een inzicht van de tektoniek der Bergamasker Alpen van belang zijn, bij de ontwikkeling eener idee betreffende de tektonische stijl, invloed heeft uitgeoefend.

Het hoofdstuk Tektoniek is, voor wat de algemeene uitspraken betreft, te beschouwen als een proeve eener tektonische schets, die voor de gansche Bergamasker Alpen geldt. Eerst na lange aarzeling ben ik er toe overgegaan om opvattingen, die mijns inziens voor het tektonisch inzicht dezer Alpen van belang zijn, te beschrijven. Om mijn gedachtengang te illustreeren geven dan ook de profielen eigenlijk meer dan profielen, uitsluitend volgens waargenomen feiten gemaakt, geven kunnen. Er is zorgvuldig voor gewaakt, dat de waarneming niet aan de ontwikkelde idee dienstbaar is gemaakt.

In het eerste hoofdstuk zijn stratigrafie en petrografie ondergebracht. Om te vermijden dat, wat reeds door COSIJN, JONG en KLOMPÉ is beschreven, nog eens te herhalen, is dit hoofdstuk in twee deelen gesplitst.

Onder A, Kristallijne Schisten, zijn geen uitvoerige petrografische

beschrijvingen gegeven, maar alleen, voor zoover noodig, zijn de verschillen tusschen de opvattingen van KLOMPÉ en mij omtrent de ontstaanswijze dezer schisten vermeld en heb ik SALOMON's opvatting zooveel mogelijk naar voren gebracht.

Onder B zijn de afzettingen, die behooren bij de Permisch-Onder Triadische schubstapel en het verschoven Muschelkalk-Esino sedimentpakket beschreven en waar dit noodig was, zooals bij de tuffietserie aan de basis van de Colliolagen en bij de Servino, is er dieper op ingegaan. Bij elke formatie zult U een zoo volledig mogelijke opsomming vinden van de gesteenten, die er toe gerekend moeten worden, waarbij vooral gelet is op de kenmerken waaraan men hen in het veld kan herkennen.

Het hoofdstuk eindigt met een historisch-geologische opmerking in verband met den ouderdom van de porfierserie.

Prof. Dr. B. G. ESCHER ben ik dankbaar voor den steun, die hij mij steeds gaarne, zoowel in Italië als in Leiden gaf. Het Istituto Geografico Militare d'Italia ben ik zeer verplicht voor de welwillendheid waarmee het toestond een gedeelte van de Carta d'Italia over te nemen ten behoeve van mijn geologische kaart.

Aan allen, en wel in de eerste plaats aan mijn broeder, H. G. J. WENNEKERS, leeraar M. O., die mij bij het totstandkomen van dit werk met raad en daad terzijde stonden, betuig ik mijn hartelijken dank.

HOOFDSTUK I.

STRATIGRAFIE EN PETROGRAFIE.

A. Kristallijne Schisten. (Bij de beschrijving dezer gesteenten, is de nomenclatuur van SALOMON gebruikt).

SALOMON (Lit. 17) heeft de kristallijne schisten van het Adamellogebied in drie groepen verdeeld. Hij onderscheidt Tonale-, Rendena- en Edoloschiefer. Zij komen overeen met de „gneiss e micascisti grigi", de „filladi" en de „gneiss chiari" uit de indeeling van STELLA (Lit. 19).

In het, door KLOMPÉ onderzochte, kristallijn (Bergamasker Alpen, tusschen de Passo di Verobbio en de Passo San Simone) komen vertegenwoordigers voor van twee groepen, Rendena- en Edoloschisten, van de indeeling door SALOMON gegeven terwijl, volgens de indeeling van STELLA, filladi en micascisti grigi benevens gneiss chiari worden aangetroffen. KLOMPÉ komt tot twee groepen: een „Phyllit Glimmerschiefer"- en een „Gneiss" groep. (Lit. 8). De fylliet-glimmerschisten zijn echte paragneizen. De gneisgroep daarentegen, zou vnl. uit orthogneizen bestaan. Op de kaart (Lit. 8) heeft hij een gneisvoorkomen aangegeven (M^te^. Azzaredo—M^te^. Fiorare) met een granietkern. De granietkern bevindt zich ten Zuiden van de twee genoemde toppen. Te rekenen vanaf de graniet, die tamelijk sterk kataklastisch gedeformeerd is, volgen, naar het Zuiden, achtereenvolgens, granietgneis, oogengneis en fijnkorrelige gneis. Mineralogisch hebben zij dezelfde samenstelling. Hieruit maakt hij de gevolgtrekking, gelet ook op de overgangsgesteenten die voorkomen, dat al deze gneizen, orthogneizen zijn.

Hij onderzocht eveneens enkele gneizen, die ten Noorden van de Passo San Simone optreden en die behooren tot de „gneiss chiari a muscovite" van STELLA en PORRO. Volgens KLOMPÉ zijn ook deze als orthogneizen op te vatten.

In het, door mij, bewerkte gebied was volop gelegenheid deze gesteenten, omdat zij zoo veel voorkomen, aan een onderzoek te onderwerpen. Zooals de geologische kaart laat zien, worden zij, over groote afstand ten Noorden van de Orobische lijn, vanaf de Passo San Simone tot aan de lijn Passo di Dordona—Lago di Dordona, als een ononderbroken zone gevonden. Verder Oostwaarts vindt men hen weder in de Corno-Stellagroep.

Bij het onderzoeken van een reeks preparaten, gemaakt van handstukken, die uit ongeveer alle zones van de gneiss chiari (gneisgroep)

geslagen zijn (o. a. preparaten van een reeks handstukken, die nagenoeg op één lijn liggen, loodrecht op de, tusschen twee breuklijnen ingelegen, gneisgroep, ter hoogte van het Lago dei Sessi), bleek dat men, voor wat de samenstelling en de soort der mineralen aangaat, te maken heeft met gesteenten, die het meest overeenkomen met tweeglimmer-alkaliveldspaatgneis waarvan één der glimmers, de biotiet, bijna altijd, in chloriet en wat erts is overgegaan. Zonder uitzondering zijn alle monsters min of meer mylonitisch geworden of kataklastisch gedeformeerd. Zij zijn in de epizone gekomen. Sommige kunnen misschien opgevat worden als oogengneis of gneisgraniet (moeilijk uit te maken welke van de twee, door de kataklastische deformatie). Andere weer, moeten min of meer sterk kataklastisch veranderde Colmieten [1]) zijn. Zoo zijn er dicht bij de overschuiving, die in het kristallijn vanaf de horizontale transversaal-verschuiving van Terzera in Noord-Oostelijke richting verloopt, ter hoogte van de Laghi di Porcile, gesteenten aangetroffen, die, makroskopisch duidelijk, uit kwarts en veldspaat bestaande lagen zijn opgebouwd, gescheiden door zeegroen-gekleurde, eenigszins glanzende huidjes van muscoviet en chloriet. Deze huidjes vormen geen aaneengesloten lagen. Onder het mikroskoop blijkt, dat deze gesteenten later sterk kataklastisch gedeformeerd zijn (epizone). Men onderscheidt groote veldspaatpartijen, zoowel ortho- als plagioklaas, die aan de randen in fijnere kwarts-veldspaatagregaten overgaan. Voor dat deze gesteenten in de epizone kwamen, bevonden de groote kwartsen en veldspaten zich in lagen die afwisselden met fijner gestrueerde fyllietachtige laagjes. Op de grensvlakken der lagen kwamen glimmers voor. Nu is de samenhang der lagen onderling en de samenhang der, tot een bepaalde laag behoorende, componenten, verbroken. De veldspaten vertoonen lamellen, de kwartsen dooven onregelmatig, vlekkig uit en zijn ten deele verbrijzeld, de biotieten zijn bijna geheel in chloriet en wat ijzererts omgezet, de muscovieten zijn verbogen enz. In de preparaten zijn kwarts-veldspaatkranzen om de groote kwartsen en veldspaten duidelijk waar te nemen terwijl verder, door de kataklazen, gedeelten van, oorspronkelijk echte fyllietstruktuur vertoonende lagen, nu dikwijls in de verlengden van gedeelten der dikke kwarts-veldspaatlagen voorkomen, ja, er zelfs doorheengaan en zich vermengen met de mortel-kwarts-veldspaatkranzen.

Tot de gneisgroep behooren verder echte gneiskwartsieten en gneiskwartsieten, die als overgangen zijn te beschouwen tusschen kwartsieten en kwartslagen bevattende fyllieten. (Quarzlagenphyllite). Heeft men met zoo'n overgangsgesteente te doen, dan ziet men in het preparaat, dat tusschen de grove kwartsagregaten, hier en daar, dunne, onregelmatig verloopende kwarts-veldspaatmassa's (veel meer kwarts dan veldspaat) voorkomen. Dit laatste wijst op een overgang van kwartsiet naar kwartslagen bevattende fylliet. Treedt heel veel fyllietachtig materiaal op, dan staat het gesteente dichter bij kwartslagen bevattende fylliet. Indien weinig, dan dichter bij kwartsiet. Het onregelmatig

[1]) Onder Colmiet moet men een „gewisses Granulit-unähnliches Quarz-feldspatgestein'' verstaan (Lit. 17, blz. 4—5).

verloop der fyllietachtige massa's, alsmede het gebogen en verbroken zijn der zeldzaam voorkomende muscoviet-sericiet-chlorietsnoeren wijst wederom op de epizone waarin ook deze gesteenten later gekomen zijn.

Nu en dan komen overgangen voor tusschen Colmiet en gneisfylliet. Men ziet soms in het preparaat, onder het mikroskoop, de fyllietachtige lagen veel meer optreden dan voor een echte Colmiet karakteristiek is. Wanneer dan toch nog het gneiskarakter sterk op den voorgond treedt, zou ik van een overgang tusschen Colmiet en gneisfylliet willen spreken. In enkele gevallen komen in, naar de gneisfyllietkant overhellende vormen dezer overgangsgesteenten, eenigszins ronde of ellipsvormige kwartsagregaten voor die in het preparaat achter elkaar, dus in lagen gelegen zijn. Soms komen in deze agregaten veldspaten voor, terwijl ook in de fyllietachtige gedeelten veldspaten werden opgemerkt, die grooter zijn dan de rest der componenten dezer fyllietachtige gedeelten. Het is niet onmogelijk, dat zulke gesteenten overgangen zijn tusschen gneisfylliet en kwartslagen bevattende fylliet.

Uit het bovenstaande blijkt, dat in de „gneiss chiari'' zone van STELLA en PORRO (de Rendenaschiefer van SALOMON) vanaf de transversaalverschuiving van Terzera tot aan de M^te^ Torogroep en in de groep Corno-STELLA de volgende typen zijn opgemerkt:

a. Oogengneis of gneisgraniet (?)
b. Colmiet.
c. Gneiskwartsiet.
d. Gneisfylliet.
e. Overgangen Colmiet-gneisfylliet.
f. Overgangen gneisfylliet-kwartslagen bevattende fylliet.
g. Overgangen gneiskwartsiet-kwartslagen bevattende fylliet.

Bij *a.* Men heeft vermoedelijk te doen met kataklastisch gedeformeerde oogengneis of gneisgraniet, wanneer de porfyroblasten voornamelijk uit veldspaat bestaan. Men kan zich dan voorstellen, dat het oorspronkelijk een porfierische graniet was, die de Rendenaschiefer intrudeerde.

Bij *b, c, d, e, f, g.* Bestaan de porfyroblasten of die deelen in 't gesteente, die als porfyroblasten te beschouwen zijn, uit kwarts-veldspaatagregaten, dan heeft men te doen met Colmiet. Er zijn overgangen waargenomen tusschen Colmiet en gneisfylliet, tusschen gneisfylliet en kwartslagen bevattende fylliet en tusschen gneiskwartsiet en kwartslagen bevattende fylliet. Ongetwijfeld zijn er natuurlijk ook overgangen tusschen gneiskwartsiet en Colmiet.

Enkele dezer gesteenten (gneisgroep in zijn geheel genomen) vertoonen groote overeenkomst met de Rench-gneis uit het Schwarzwald. GRUBENMANN (Lit. 4 blz. 147 en plaat IV, fig. 2) schrijft van deze Rench-gneizen, dat zij vermoedelijk oorspronkelijk sediment zijn geweest. De veldspaten komen op eigenaardige wijze met kwarts voor, waardoor dikwijls een groote overeenkomst met kontaktprodukten ontstaat (zeefstruktuur, poikiloblastische struktuur). O. a. werd nu en dan in de gneisfyllieten zoo'n zeefstruktuur waargenomen.

De tot de gneisgroep behoorende gesteenten zijn waarschijnlijk als paragneizen op te vatten en voor een klein deel als orthogneizen. In de gneiszone van het door mij onderzochte gebied, meen ik in hoofdzaak met paragneizen te doen te hebben ofschoon reeds op de mogelijkheid van het aanwezig zijn van oogengneis of gneisgraniet werd gewezen. Ofschoon het alkaliveldspaatgneizen zijn, blijkt bij beschouwing van de handstukken, dat de kwarts-veldspaatlagen der Colmieten (wisselende verhouding veldspaat-kwarts naar gelang het gesteente behoort tot de verschillende overgangen) gescheiden zijn door zeegroene en groene glimmerhuidjes. De fyllietlaagjes zijn makroskopisch nagenoeg niet te herkennen. Er is een duidelijke gelaagdheid waar te nemen. Deze gelaagdheid, die sterk golft door de jongste drukken, is geen mechanische, want de drukken, die mechanische gelaagdheid veroorzaken, uitten zich hier in het sterk kataklastisch karakter dat alle in dit gebied aangetroffen Colmieten hebben. Verder pleit voor een gewone gelaagdheid, door sedimentatie ontstaan, het feit, dat in de niet zoo sterk kataklastisch veranderde Colmieten, soms zijn zij, vooral dicht bij de breuklijn, die door de Laghi di Porcile gaat, mylonitisch geworden, een eigenaardige verdeeling der mineralen optreedt. In de kwarts-veldspaatlagen geen donkere mineralen, soms zelfs geen veldspaat. In de tusschen twee kwarts-veldspaatlagen in gelegen zeer dunne laag de mineralen karakteristiek voor een echte fylliet. SALOMON is door deze verdeeling der mineralen er toe gekomen, ondanks dat deze gesteenten dezelfde mineralogische samenstelling hebben als bijv. de granulieten van Saksen, hen, gezien ook hetgeen omtrent de ontstaanswijze der Renchgneizen bekend geworden is, tot de paragneizen te rekenen.

De Rendenaschiefer, afgezien van de door intrusies ontstane gesteenten, zijn oorspronkelijk zanden min of meer met klei gemengd. Vermoedelijk waren deze sedimenten eenigszins carbonaathoudend, waardoor o. a. de veldspaten in de kwarts-veldspaatagregaten der overgangen tusschen Colmieten en kwartslagen bevattende fyllieten verklaard zouden kunnen worden. Hoe zij later tot gneizen geworden zijn, is moelijk te zeggen. Het is mogelijk, dat de metamorfose veroorzaakt werd door het magma in de diepte, dat bijv. ten Zuiden van de M^te^ Azzaredo en M^te^ Fiorare aan den dag komt. In dit verband is het niet overbodig er op te wijzen, dat het niet onmogelijk is, dat de veldspaten in de kwarts-veldspaatlagen van sommige Colmieten door kontaktmetamorfose ontstaan zijn.

Later kwamen al deze gesteenten gezamenlijk in de epizone.

SALOMON wijst er nog op, dat het mogelijk is, dat de door de dynamometamorfose veroorzaakte gelaagdheid ongeveer samenvalt met de door sedimentatie ontstane gelaagdheid.

Hoe het ook zij, deze gesteenten vertoonen alleen overeenkomst met de door STELLA, STACHE en SALOMON[1]) beschreven typen. De

[1]) Zie voor een chronologisch overzicht der werken van diverse auteurs, die in de kristallijne zone ten Noorden van de Zuidelijke Kalkalpen gewerkt hebben, KLOMPÉ (Lit. 8, blz. 235).

mineralogische samenstelling wijst op muscoviet of sericiet, of tweeglimmer, of chloriet, alkaliveldspaatgneis met overgangen naar kwartsieten aan den eenen en overgangen naar fyllieten aan den anderen kant.

In de bespreking van de gesteenten, die tot de gneisgroep behooren, is getracht, zoo algemeen mogelijk, de verschillende typen, die optreden met elkaar in verband te brengen. Nadrukkelijk moet er op gewezen worden, dat het onmogelijk is, de gneisgroep te beschouwen als een op zich zelf staande groep. Gebleken is reeds, dat overgangen aanwezig zijn die evengoed tot de fylliet-glimmerschistengroep zouden kunnen gerekend worden. In zijn werk „Die Adamellogruppe" (Lit. 17) wijst SALOMON hier herhaaldelijk op. De Rendenaschiefer, onze gneisgroep, zijn met de Edoloschiefer, onze fylliet-glimmerschistengroep na verwant. Vele typen, die in de Rendenaschiefer voorkomen, treden eveneens op in de Edoloschiefer. Men zou kunnen zeggen, dat de gneisgroep voor het grootste deel uit licht gekleurde, gneisachtige gesteenten bestaat. Fyllitische vormen en echte glimmerschisten treden op den achtergrond.

De fylliet en glimmerschistengroep bestaat, de naam zegt het reeds, in hoofdzaak uit fyllieten en glimmerschisten. Kwartsieten en echte gneisachtige gesteenten komen minder voor.

In dit gebied, was het niet zoo moeilijk, om de gneisgroep-gesteenten van de fyllieten en glimmerschisten te onderscheiden, dank zij tektonische oorzaken. Het zal echter daar, waar de tektoniek niet zoo'n duidelijke scheiding teweeg bracht, heel moeilijk zijn de grens tusschen beide groepen vast te stellen. Door het voorkomen van gesteenten bijv., die het midden houden tusschen kwartsieten en Colmieten of, door het optreden van andere overgangsvormen, zooals men die bij de bespreking van de gneisgroep heeft leeren kennen, zal iedere petrograaf de grens anders trekken. In het veld echter is het in het algemeen het beste, om voorloopig daar de grens aan te nemen, waar donkere gesteenten vervangen worden door „helle gneizen". En ik vermoed, dat PORRO e. a., die in het kristallijn op de Noordelijke hellingen van de Catena Orobica geologisch karteerden evenzoo te werk gingen. PORRO o. a. onderscheidde toch: gneiss chiari en micascisti a gneiss.

Uit de beschouwing aan het einde van de bespreking der gneisgroep gegeven, volgde al, dat van een scherpe scheiding geen sprake kan zijn, vooral als men de overwegingen daaromtrent, door SALOMON na een langdurige studie te berde gebracht, zoo dikwijls tijdens het petrografisch onderzoek moet onderstrepen.

In de gesteenten van de fylliet-glimmerschistengroep werden enkele typen aangetroffen die, wederom met behulp van SALOMON's beschrijvingen gedetermineerd zijn. Voornamelijk komen zij met reeds door KLOMPÉ beschreven vormen overeen (Lit. 8). Men heeft in deze groep vertegenwoordigers van de echte Edoloschiefer. Zoowel fyllieten als kwartslagen bevattende fyllieten, zoowel echte glimmerschisten, ofschoon hier op den achtergrond tredend, als echte kwartsieten zijn bijv. ten Noorden van de, vanaf de transversaalverschuiving van Terzera in Noord-Oostelijke richting verloopende, breuklijn over groote afstand ontsloten. De kwartslagen bevattende fyllieten zijn door overgangen

met de fyllieten verbonden en ook de kwartsieten vertoonen overgangen zoowel naar kwartslagen bevattende fyllieten als naar fyllieten.

In zooverre is een scheiding gerechtvaardigd, dat door mij nooit, in de schisten, ten Noorden van meer genoemde breuklijn, gesteenten werden gevonden, die makroskopisch tot de gneisgroep konden worden gerekend; juist door het aanwezig zijn van deze breuklijn. Hier toch liggen gesteenten op elkaar, door een tektonische oorzaak, waardoor het mogelijk is, dat de zoo moeilijk te determineeren overgangsvormen tusschen de gneis- en de fylliet-glimmerschistengroep niet aan den dag komen. Dat neemt niet weg, dat het desalniettemin toch kan voorkomen dat overgangsvormen aan de oppervlakte aanwezig zijn. De tektonische storing is dan van dien aard, dat bijv. de overgangsvormen op de gneisgroep geschoven zijn of dat de overschuiving van de fylliet-glimmerschisten niet zoo ver doorging, dat de overgangsvormen overschoven werden. Misschien is in de buurt van de Laghi di Porcile het laatste het geval.

Er kwamen overgangsvormen ter sprake tusschen de gneisgroep en de fylliet-glimmerschistengroep. Reeds eerder is geschreven over overgangsvormen, die in elke groep afzonderlijk aanwezig zijn. Uit de bespreking dezer laatste overgangsvormen bleek, dat zij eigenlijk voor het grootste gedeelte vormen van beide groepen verbinden. Ik geloof wel te mogen veronderstellen dat de overgangsgesteenten tusschen de beide groepen nauw verwant zullen zijn, zoo niet gelijk, aan de overgangsvormen in elke groep afzonderlijk aangetroffen. Vooral, daar, zooals reeds werd vermeld, van een scherpe scheiding der kristallijne schisten in gneisgroep en fylliet-glimmerschistengroep geen sprake is. Men kan toch alleen maar vaststellen dat in de z. g. gneisgroep, de gneisachtige vormen op den voorgrond en de fyllietachtige vormen op den achtergrond treden en dat in de fylliet-glimmerschistengroep toch ook, ofschoon niet in dit gebied, gneisachtige vormen voorkomen.

Ten Noorden van de breuklijn, even ten Noorden van de Laghi di Porcile, vond ook ik een gneis die PORRO „gneiss occhiatino" noemde (Lit. 13, zie bijbehoorende kaart van de Bergamasker Alpen, schaal 1:100.000). Dit gesteente moet worden beschouwd als een injectiegneis (Lit. 5, blz. 353). Deze gneis ligt in fylliet met hier en daar groote blauwachtig gekleurde kwartslagen. Men heeft hier een granaat sericietfylliet, die overgangen vertoont naar een kwartslagen bevattende fylliet. Onder het mikroskoop bevat de gneiss o. a. kwartsen die in fyllietachtige zones liggen. Het vermoeden kwam bij mij op, dat men hier te doen heeft met een porfierische graniet, die de granaat-sericiet, kwartslagen bevattende fyllieten injecteerde. Het is waarschijnlijk dat dezelfde graniet eveneens de gneisgroep injecteerde en dat daarom KLOMPÉ, ten Zuiden van de M^te^ Fiorare en M^te^ Azzaredo, graniet vond, die zoowel naar het Noorden als naar he Zuiden, in granietgneis, oogengneis enz. overging. Hier ten Zuiden van de Casera di Porcile komt de intrudeerende graniet zelf niet aan den dag.

De M^te^ Torogroep en omgeving en het gebied ten Zuiden van het Corno-Stella complex (Valle di Carisole) bestaan voornamelijk uit, tot de fylliet-glimmerschistengroep te rekenen granaatglimmerschisten. Op

de M^te Bello en in de buurt van het Lago Moro worden zij nu en dan kwartsietachtig ja, vertoonen overgangen naar Colmieten. Vele van deze gesteenten, o. a. bij het Lago Moro, vertoonen kontaktverschijnselen.

Doordat de fylliet-glimmerschistengroep hier over groote afstand (ten Zuiden van de Corno Stella bijv.) ongeveer een zelfde karakter vertoont, moet men aannemen, dat een bepaalde zone van deze groep vrij vlak ligt. Later wordt hierop teruggekomen.

Het was in den omtrek van het Lago Moro en o. a. ook in de hooger gelegen deelen van de M^te Toro en M^te Bello-groepen niet gemakkelijk om de fylliet-glimmerschistengroep te herkennen. Maar op de Noordelijke buitenhellingen van de „Kar'' van de M^te Toro-groep ziet men duidelijk de echte gneiss chiari op de kwartsietachtige granaatglimmerschisten liggen, terwijl vanaf de Passo di Valcervia eveneens duidelijk te zien is, dat het gneiss chiaricomplex van de Corno Stella, als 't ware, ook daar op de granaatglimmerschisten ligt.

Alle twijfel, omtrent de aard van de gesteenten van de M^te Torogroep verdwijnt, als men de omgeving van het Lago delle Trote enz. bezoekt. Daar komen weer granaatglimmerschisten voor, die overgangen naar kwartslagen bevattende fyllieten vertoonen. De zones van de kwartsietachtige granaatglimmerschisten en echte granaatglimmerschisten maken hier een welving. De omgeving van het Lago delle Trote enz. is een erosievenster, die de veel minder kwartsietische granaatglimmerschisten maar, die hier en daar kwartslagen bevatten, aan den dag doet komen. Verder Zuidwaarts treedt een kleine massa gneiss chiari op die, zooals later zal worden uiteengezet, als een erosierest van een overschuiving in het kristallijn moet worden beschouwd.

In de onmiddellijke omgeving van het Lago Moro liggen granaatglimmerschisten aan de oppervlakte die, volgens het petrografisch onderzoek, nu eens meer kwartsiet, dan weer meer glimmerschist zijn maar altijd granaten en dikwijls veldspaat bevatten. Men heeft hier met kontaktverschijnselen te doen, die wel zijn aan te nemen, gelet op de intrusies van porfierische graniet en de gangen, die in deze schisten voorkomen terwijl kontaktverschijnselen, veroorzaakt door het magma, dat zich in de diepte bevindt, ook een groote rol spelen (Lit. 17, 5).

Op den langen rug, op de kaart als Montebello aangegeven, is het niet onmogelijk, dat hier en daar nog gneiss chiari ligt. Deze rug, voor het grootste deel dicht met gras begroeid (de Monte Bello is een z.g. schapenberg) ligt, voor wat zijn hoogste deelen aangaat, niet ver af van het, later te bespreken overschuivingsvlak der z.g. gneiss chiari-overschuiving. Het is zelfs wel aan te nemen, dat hier en daar een gedeelte van de overschoven gneiss chiari nog bewaard is gebleven. Het aantreffen van losse gneiss chiariblokken en enkele gesteenten vast, die onder het mikroskoop tot de gneisgroep gerekend moeten worden, zou zoo verklaard kunnen worden.

Over den ouderdom der gneizen en fyllietglimmerschisten meen ik het volgende te moeten opmerken: SALOMON (Lit. 17, blz. 311) bespreekt de onderzoekingen van FRECH daaromtrent, in de Karnische Alpen, en gelooft eveneens een cambrischen resp. jong archeozoischen ouderdom te mogen aannemen. PORRO, STELLA en TORNQUIST meenen, dat zij oud-

palaeozoisch of ouder zijn. Ook CACCIAMALI (Lit. 1, blz. 22) geloofde vroeger aan een zeer hoogen ouderdom. Hij kende den prealpinen plooien in de Bergamasker Alpen een caledonischen ouderdom toe. GORTANI en VINASSA DE REGNY stelden vast, dat FRECH, en met hem SALOMON zich vergisten. FRECH nam een eosilurischen ouderdom voor de Karnische kwartslagen bevattende fyllieten aan. GORTANI en VINASSA schijnen nu bewezen te hebben, dat zij neocarbonisch zijn.

Wij zullen ons bepalen tot de opmerking, dat de ouderdom der gneis- en fylliet-glimmerschistengroep hooger is dan die van de porfierserie. De porfierserie ligt in deze Alpen boven het kristallijn, weliswaar door een discordantie er van gescheiden maar, zooals later zal blijken, behoeft voor de Permische-Onder Triadische afzettingen, waartoe de porfierserie eigelijk behoort, niet overal het bedrag van de verschuiving gelijk geweest te zijn. Het is zelfs mogelijk, dat de porfierserie soms nog ligt op de plaatsen waar zij tijdens de effusies werd neergelegd. (Vermoedelijk is dat in het porfiergebied van Lugano het geval).

Wanneer GORTANI en VINASSA gelijk hebben, beteekent dat, dat men terug zal moeten keeren, natuurlijk gesteund op meer moderne inzichten, tot de ideeën, die CURIONI, TARAMELLI en SPREAFICO over den ouderdom dezer gesteenten hadden (Lit. 3 en 20). Dit komt hierop neer, dat de kristallijne gesteenten die ten Noorden van sedimentpakketten in de Bergamasker Alpen voorkomen en ook den ondergrond van deze sedimenten vormen, waarschijnlijk niet zoo oud zijn, als vele moderne schrijvers gelooven, maar dat TARAMELLI in zooverre gelijk had, dat ten minste een groot gedeelte een jong palaeozoischen ouderdom heeft [1]). Reeds JONG zag de noodzakelijkheid, aan de kristallijne schisten een archaeischen ouderdom toe te schrijven, niet in (Lit. 7, blz. 55). Het niet aantreffen van niet metamorf veranderde gesteenten ouder dan de porfierserie, behalve dan, hier en daar het aporfierisch konglomeraat, is voor mij een steunpunt te meer om aan een groot gedeelte der kristallijne schisten een jong-palaeozoischen ouderdom toe te kennen.

B. De gesteenten die tot de Permische-Onder Triadische schubstapel en het verschoven Muschelkalk-Esino pakket behooren.

Porfierserie.

Tot de Permische-Onder Triadische afzettingen, waarin vele opschuivingen zijn waargenomen (in Hoofdstuk II, F, wordt hierop teruggekomen) behooren de porfierserie, Collioserie, de Verrucano en deelen van de Servino, soms de gansche Servino.

De porfierserie is het oudst. Slechts in de buurt van Branzi en in het dal van Carona, even ten Noorden van Porta, worden gesteenten gevonden, die tot de effusiva gerekend moeten worden.

[1]) P. VINASSA DE REGNY en M. GORTANI hebben reeds in 1910 de ideeën van TARAMELLI boven die van FRECH verkozen. Zie „Le paléozoïque des Alpes Carniques" in Compte Rendu de la XIe Session du Congrès géologique international (Stockholm 1910), blz. 1005.

Bij Branzi heeft men te doen met de noordelijke uitlooper van de porfierculminatie van Trabuchello, die hier onder gesteenten duikt, die te vergelijken zijn met de Grödener Sandstein".

Bij Porta komt de porfierserie te voorschijn, ten eerste ten gevolge van tektonische krachten (in Hoofdstuk II, C. wordt hierop teruggekomen) en ten tweede doordat waarschijnlijk in het dal van Carona de porfierserie oorspronkelijk koepelvormig lag en bij Porta op haar dikst was.

Gezien het feit, dat de porfierserie in dit gebied slechts over kleine uitgestrektheden aan de oppervlakte ligt, kan geen volledige beschrijving van dit onderdeel van de Permische-Onder Triadische afzettingen worden gegeven. Daarenboven is door COSIJN, JONG en KLOMPÉ (Lit. 2, 7, 8) reeds het een en ander medegedeeld. Hierbij komt nog dat het onderzoek geen nieuwe gegevens opleverde. BOUMAN zal later de porfierserie uitvoerig beschrijven, omdat hij de geheele porfierculminatie van Trabuchello in onderzoek heeft.

Aan de basis van de porfierserie liggen de z.g. basale tuffoïden, die JONG o. a. tusschen het kristallijn en de echte porfier en porfiertuffen waarnam. Op zijn geologische kaart zijn zij in roode kleur aangegeven rondom het kristallijn van de culminatie van Val Sassina (Lit. 7). Verder nam JONG basale tuffoïdachtige gesteenten waar in de Orobische overschuivingszone (Lit. 7, blz. 91). — Ook in dit gebied zijn gesteenten gevonden, die veel op basale tuffoïden gelijken en wel in de buurt van de Passo di Dordona tusschen de gneizen en de fyllietglimmerschisten, die daar met elkaar in anormaal contact zijn. COSIJN beschreef hen als glaslava (Lit. 2, blz. 258). KLOMPÉ nam soortgelijke gesteenten waar in het Val Cantedoldo (Lit. 8, blz. 263).

Naar boven toe volgen op deze basale tuffoïden porfieren en porfiertuffen. JONG en KLOMPÉ onderscheiden gesteente-, kristal- en glastuffen. De verdeeling is volgens de nomenclatuur van PIRSSON in „The microscopical characters of volcanic Tuffs" uiteengezet (Lit. 12). Deze tuffen komen tusschen de porfieren, waarbij ook porfierieten, voor.

COSIJN zag boven in de porfierserie de grof konglomeratische tuffen, die hij, naar TARAMELLI, tot de porfierserie rekent (Lit. 2, blz. 259). Reeds door COSIJN, JONG en KLOMPÉ is gewezen op den strijd tusschen TARAMELLI en PORRO. PORRO schreef in zijn z.g. antwoord aan TARAMELLI (Lit. 15, blz. 863) dat deze gesteenten geen tufnatuur hebben. JONG merkt op, dat men met veranderde tuffen te doen kan hebben (Lit. 7, blz. 76). Ook KLOMPÉ vindt dat TARAMELLI niet heelemaal ongelijk had (Lit. 8, blz. 271). KLOMPÉ wil de grens tusschen de porfierserie en de Collioserie in deze konglomeratische en psammitische tuffieten aannemen. Men heeft hier een soort overgangsformatie (Lit. 8, blz. 271), die veel gelijkt op de „Grödener Sandstein" die VON RICHTHOFEN beschrijft (Lit. 16).

Ik kan me er bij aansluiten. Wanneer men bedenkt, dat men te doen heeft met een afzetting, die vooral in de onderste deelen konglomeratisch is door porfier- en enkele grondgebergterolsteenen en tufachtig doordat na de vermoedelijk submariene uitvloeiingen van porfierische samenstelling nog ascherupties plaats hadden, waarvan het

uitgeworpen materiaal te zamen met zand sedimenteerde, dan geloof ik dat men wel mag aannemen dat in dit complex een serie afzettingen gezien moet worden, die naar de plaatselijke aard der samenstelling, nu eens beter tot de porfierserie en dan weer beter tot de onderste lagen van de Collioserie gerekend kan worden. Plaatselijk toch zullen deze klastische afzettingen nu eens meer het karakter van een echte konglomeratische of psammitische tuf hebben en dan weer meer het karakter van een tuffige zandsteen al of niet konglomeratisch.

Dikwijls schijnt de Collioserie de porfierserie discordant te bedekken, waarschijnlijk om redenen van tektonischen aard. Het is mogelijk dat tijdens de later te bespreken schubvorming in de Permische-Onder Triadische afzettingen, verschuivingen plaats vonden tusschen de porfier en de klastische sedimenten door middel van konglomeratische en psammitische tuffieten. Vooral geloof ik dat de tufrijke horizonten hierbij een groote rol speelden.

Ook is het niet onmogelijk dat op sommige plaatsen de discordantie is toe te schrijven aan een primaire oorzaak, tengevolge juist van den aard dezer tuffieten en de wijze waarop zij zijn gevormd en afgezet.

Ten Noord-Oosten van Branzi, o.a. in de buurt van Belfiore, ligt direct boven een complex van tot de porfierserie behoorende porfierische tuffen, een pakket grof konglomeratische tuffieten. Het zijn dezelfde gesteenten, die TARAMELLI in het dal van Mezzoldo vond en die hij voor effusiva hield. Er is hier naar gesteenten gezocht die zouden kunnen wijzen op het bestaan van een verschuivingszone. Makroskopisch kon niets gevonden worden dat in die richting een aanduiding geeft. Wel werd onder het mikroskoop aangetoond dat deze tuffieten over 't algemeen gedrukt zijn, hetgeen alleen het aanwezig geweest zijn van een druk bewijst. Later, bij het vervaardigen van de profielen, bleek dat de tuffieten en de echte Colliozandsteenen waarin de tuffieten bij normale ligging langzamerhand overgaan, hier de porfierserie ongeveer konkordant bedekken.

Het schijnt mij toe dat niet overal de basisgesteenten van de tuffieten grof-konglomeratisch zijn. Bij Porta bijv. heb ik hen niet gevonden. Er komen wel psammitische tuffieten, die veel tuf bevatten, voor, die daar dan vermoedelijk de beweging van de echte Collio ten opzichte van de porfierserie bewerkstelligden. Bij de Cava d'Ardesia eindelijk kan men duidelijk zien, aan het sterk gegolfd zijn der gelaagdheid van de Colliolagen, dat zij tijdens de drukken wel verschoven zijn, maar niet ver, omdat de Collioserie hier al bijna konkordant de porfierserie bedekt. Zooals later duidelijk zal worden, vervulde hier de Collioserie mede de rol van den ondergrond.

Vanaf Porta in de richting Branzi neemt de discordante ligging van de Collioserie ten opzichte van de porfierserie af, tot bij de Cava d'Ardesia, om daarna weer wat toe te nemen. De discordantie tusschen de Collioserie en de porfierserie is nooit heel duidelijk waar te nemen.

Van Porta tot Branzi neemt vermoedelijk de grootte der rolsteenen in de tuffietserie (= konglomeratische en psammitische tuffieten) toe.

Collioserie.

Zooals reeds werd opgemerkt, gaan de tuffietachtige afzettingen langzamerhand in echte, grijze soms ook geelachtig-grijs of geelbruin gekleurde, zandsteenen over.

Aanvankelijk meende ik, gezien het voorkomen van tot de Collioserie te rekenen gesteenten, in de dalen van Carona en Foppolo, een normaal profiel te kunnen opstellen. Doch de wijze waarop de Collioserie in deze dalen is gelegen, maakte zulks ten deele onmogelijk. Het eenige wat aangetoond werd, is dat de Colliolagen in het dal van Foppolo jonger zijn dan het meerendeel der Collio die in het dal van Carona ontwikkeld is.

Met behulp van hetgeen door JONG en KLOMPÉ reeds werd medegedeeld, kan in 't algemeen hetgeen nu volgt van de Collioserie worden gezegd: De grijze, fijnkorrelige zandsteenen, die naar beneden toe langzamerhand in de konglomeratische en psammitische tuffieten overgaan, liggen onder een serie van echte kleileien, die door overgangen met de zandsteenen verbonden is. Zoowel in de zandsteen- als in de kleileiserie komen tufhorizonten voor. In de kleileiserie, o.a. ten Noorden van de porfier van Porta, worden harde, donkergrijze, soms bijna zwarte banken aangetroffen, die als glastuf zijn op te vatten. In het stroomgebied der zijvallen van de Valle di Carisole (ten Noorden van Carona) vindt men in de hoogere horizonten van de kleileiserie gedeelten die duidelijk laten zien dat zij uit donkerbruine, lichtbruine en donkergrijze laagjes zijn opgebouwd. Ook sommige gedeelten van de Collio in het dal van Foppolo, bijv. in de arm van de Brembo, die ontspringt op de Zuidelijke hellingen van de Cimma di Lemma, ten Zuiden van Chignolo alto en basso, bestaan uit laagjes van lichtbruine tot zwarte kleur en alle denkbare overgangen.

Ook in de oudere zandsteenserie komen horizonten voor, die uit laagjes van grijze tot zeer donkergrijze kleur zijn opgebouwd. Sommige laagjes, vooral de donkerste, bestaan dikwijls uit soms vrij grof tufachtig materiaal. Altijd blijft het een probleem of men met een zuivere zandsteen dan wel met een tufachtige zandsteen te doen heeft. In den regel zijn de zandsteenen nooit vrij van tufachtige bestanddeelen.

Boven de uit verschillend gekleurde laagjes opgebouwde Collioleien, die in het jonger gedeelte der kleileiserie in het dal van Carona ten Noorden van Maiocco en in het dorp Porta bij de Brembo werden gevonden, volgt een serie gesteenten, die ook in het dal van Foppolo boven de uit verschillende gekleurde laagjes opgebouwde leien voorkomen. Op het eerste gezicht gelijken deze, eveneens leiachtige, gesteenten op fyllieten. Onder het mikroskoop kon uitgemaakt worden, dat zij het midden houden tusschen kleileien en fyllieten. De glinsteringen op de laagvlakken worden veroorzaakt door sericiet.

Sommige gedeelten van de kleileiserie, o.a. in de buurt van de Centrale bij Porta, vertoonen vormingen die NIGGLI beschrijft onder den naam „Streckungshöfe" (Lit. 5, blz. 253). Opgemerkt dient nog te worden dat soms ook hier de kleileien makroskopisch op fyllieten gelijken.

De Colliolagen van het dal van Carona behooren tot het groote Colliobekken van Laghi Gemelli. De culminatie van Trabuchello gaat even ten Noorden van Branzi in de depressie van Carona over. Zooals reeds door CACCIAMALI werd vermoed, hangen de culminaties van Trabuchello en Fiumenero (Val Seriana) samen. Het bekken van Laghi Gemelli is een depressie op de groote welving Trabuchello—Fiumenero, die naar het Noorden toe in de depressie van Carona overgaat.

De Colliolagen worden bij normale ligging door de Verrucano bedekt.

Verrucano.

Ook nu weer werden de konglomeratische afzettingen van de Verrucano veelvuldig aangetroffen. Zoowel de groene als de roode vorm met overgangen tusschen beide werden o.a. duidelijk langs den weg Branzi—Valleve, waargenomen. Meestal bestaan de rolsteenen, der grootte der rolsteenen wisselt af van makroskopisch niet waar te nemen tot meer dan een halve decimeter in doorsnede, uit porfierisch en kristallijn materiaal. Het komt mij voor dat relatief meer grondgebergterolsteenen in de hier voorkomende Verrucano aanwezig zijn dan in de meer Westelijk gelegen streken.

Door het aanwezig zijn van tamelijk veel grondgebergterolsteenen in de Verrucano, terwijl op andere plaatsen de grondgebergterolsteenen zoo zeer op den achtergrond treden, dat JONG zelfs een verandering in de definitie van Suess aanbracht (Lit. 7, blz. 77), meende ik o.a. te moeten aannemen dat de dikte van de porfierserie sterk aan wisselingen onderhevig is. Soms geloof ik zelfs te moeten aannemen, dat de porfierserie in het geheel niet aanwezig is (Kaart van PORRO, Lit. 13. Men zie bijv. bij het Lago del Diavolo en het Lago del Prato). In 't algemeen kan men opmerken dat de porfierserie in de Bergamasker Alpen van West naar Oost in dikte afneemt. Later wordt hierop teruggekomen.

De Verrucano bevat gedeelten waarin echte konglomeraten en Sernifieten door elkaar voorkomen. De Sernifieten zijn zandsteenbanken, waarin roode en bruine leiachtige horizonten optreden. Soms was het mogelijk overgangen te zien tusschen deze bontgekleurde, doch in 't algemeen roodbruine Sernifieten en echte konglomeraten. Heel moeilijk zijn dikwijls sernifietachtige gesteenten van tot de Servino te rekenen gesteenten te onderscheiden.

Reeds JONG (Lit. 7) en KLOMPÉ (Lit. 8) hebben uitvoerig over de literatuur, die over de Verrucano bestaat, geschreven, zoodat het overbodig is hierop wederom in te gaan.

De dikte dezer konglomeratische afzettingen kan verscheidene honderden Meters bedragen. Het is nutteloos de dikte in een getal uit te drukken, daar zij over geringe afstand nog al aan verandering onderhevig is.

Servino.

Daar waar de Servino ongestoord op de Verrucano ligt, bijv. in een schub, is het heel moeilijk de grens tusschen beide formaties zuiver

te bepalen. Men kan in 't algemeen opmerken dat de Verrucano-konglomeraten door middel van grauw-bruingekleurde zandsteenen, die soms nog fijn konglomeratisch zijn, in de eigenlijke Servino overgaan. Men neemt gewoonlijk de grens aan daar, waar makroskopisch geen rolsteenen meer te herkennen zijn. In de Westelijke deelen dezer Alpen echter, in de buurt van het Lago di Como, komen in de echte Onder-Servino duidelijk makroskopisch waarneembare rolsteenen voor. Reeds wijst VON GÜMBEL hierop (Lit. 6, blz. 239). BUNING zal hier later meer over mededeelen.

Ondanks het veelvuldig optreden dezer formatie in dit gebied was het voornamelijk te wijten aan de rol, die de Servino in het tektonisch gebeuren speelde, dat geen normaalprofiel in het veld wordt aangetroffen.

In de later te behandelen schubben zijn deelen van de Servino opgenomen. Andere deelen van de Servino deden dienst als glijmiddel voor de Muschelkalk en Esino. In hoofdzaak zijn de Onder-Servino en een deel der Midden-Servino in de schubben opgenomen, terwijl de Boven-Servino de basis van de verschoven kalkmassa's is. De verschuivingsvloer ligt soms in de Boven-, soms in de mergels en kleileien van de Midden-Servino. Het komt ook voor, vooral als de schubvorming in de Permische-Onder Triadische afzettingen intensief is, dat de gansche Servino, soms nog een klein gedeelte van de Muschelkalk in een schub is opgenomen. JONG wijst er ook op (Lit. 7, blz. 81).

JONG en KLOMPÉ hebben gepoogd een indeeling van de Servino te maken (Lit. 7 en 8). Ook COSIJN behandelt enkele profielen (Lit. 2). In dit gebied bestaat de Servino uit soortgelijke gesteenten als reeds door COSIJN, JONG en KLOMPÉ werden beschreven.

In drie groepen kunnen de gesteenten, die tot de Servino behooren, worden ingedeeld. Ten eerste (1°), de overschuivingsgesteenten van de Orobische overschuiving. Ten tweede (2°), de over- of verschuivingsgesteenten, die aan de basis van de Muschelkalk worden gevonden. Ten derde (3°), de vnl. tot de Onder- en Midden-Servino te rekenen gesteenten, die in de schubben voorkomen.

1°. In de buurt van de Passo delle Croce zijn de overschuivingszonegesteenten van de Orobische overschuiving en de verschuivingsgesteenten, die aan de basis van de Muschelkalk voorkomen met elkaar in contact. Het is bijna ondoenlijk uit te maken. tot welke van de twee groepen de daar aanwezige Servino behoort. Vlak bij de Muschelkalk, ten Westen van de pas, heeft de Servino het karakter van de Boven Servino, bestaade uit mergels met kalk- en dolomietkonkreties waarvan LEPSIUS een beschrijving heeft gegeven (Lit. 9, blz. 51). Op de Noord-Oostkant van de pas ziet men de dofglanzende, kleiachtige mergels van de overschuivingszone der Orobische overschuiving op de zooeven genoemde Boven-Servino liggen. Deze kleiachtige mergels worden op hun beurt door kristallijn overschoven. Slechts op enkele plaatsen bij de Passo delle Croce is werkelijk te zien, dat het kristallijn de verschuivingszone van de Muschelkalk-Esino overschoven heeft, terwijl in de Valle di Carisole, ten Oosten van Baita Siltro bij punt 2125, het kristallijn over de Muschelkalk ligt.

2°. De basis van de Muschelkalk wordt gevormd door een mergelachtige zandsteen met zeer weinig dolomiet. Naar boven toe neemt het gehalte aan dolomiet toe en gaat dan in de donkere geaderde kalkachtige dolomieten van de Muschelkalk over. Onder de mergelachtige zandsteenen komen kleileien voor, die dikwijls donkergroen en zwart gekleurd zijn. Deze zijn bijna geheel uitgewalsd of liggen in de schubben. In deze mergelachtige zandsteenen en kleileien ligt de verschuivingsvloer van de Muschelkalk-Esino. Hier en daar zijn nog partijen van de mergelachtige kleileien aan de basis van de overschuivingszonegesteenten der Muschelkalk-Esino bewaard gebleven, bijv. aan de basis van de verschuivingszone der M^te^ Secco-M^te^ Pegherolomassa.

Het geheele weidengebied van Cambrembo ligt op Servino van deze verschuivingszone. Er valt nog op te merken, dat hier veel dolomietbanken voorkomen, die vooral duidelijk te zien zijn op den rechterkant van de Brembo bij Forno en verder in het oorsprongsgebied van de Brembo op de lager gelegen gedeelten der zuidelijke hellingen van de Cimma di Lemma. Waarschijnlijk is in deze Servino nog veel van de mergelachtige kleileien bewaard gebleven, zooals het voorkomen van groene kleiachtige mergels ten Zuiden van de Esino-Muschelkalkerosierest, soms zijn zij ook bruin tot geel gekleurd, doet vermoeden.

3°. De tot de Onder- en Midden-Servino te rekenen gesteenten, die in de schubben voorkomen.

De Servino, die aan de schubvorming meedeed, kan heel goed bestudeerd worden langs den weg Branzi-Valleve, in de Brembo di Foppolo tusschen Branzi en Valleve en langs het pad, op den rechterkant van de Brembo di Foppolo, dat van Branzi over Belfiore en Prati naar Stalle Luchini en Valroba leidt. De Servino hier behoort tot verschillende schubben en zooals de kaart laat zien, is de ligging door een breuksysteem nog verder gestoord. Voornamelijk komen aan den dag de mergelachtige kleileien en mergelachtige zandsteenen met zijdeglans op de golvende splijtvlakken van de Midden-Servino. Kalkachtige en dolomietachtige tusschenlagen, zooals Coslijn bij Bordogna aantrof (Lit. 2, blz. 273) ontbreken. Jong (Lit. 7, blz. 81) zag ook geen kalk- en dolomietachtige tusschenlagen in de Midden-Servino. De mergelachtige kleileien zijn zeer verschillend gekleurd. Zij vertoonen golvende laagvlakken, hoewel niet zoo mooi als bij de fijngelaagde zijdeglans op de laagvlakken vertoonende zandsteenen, die vooral aan den weg, even voor het pad naar Caprini, ontsloten zijn.

In de Servino, even ten Zuiden van de Colliostrook, die tuschen twee opschuivingen ligt, moet men de Midden-Servino zien. De bovenste lagen dezer Midden-Servino, die bijna direct door de Collio bedekt worden, zijn ontwikkeld in den vorm van poreuze, kalkhoudende, toch eenigszins zandige, bruine mergels. Deze zone van de Midden-Servino komt in de zelfde schub in de Canale del Vendulo weer te voorschijn.

Over de Servino in het schubbengebied ten Noorden van de kalkmassa's M^te^ Pegherolo-M^te^ Secco en Pizzo del Vescovo-M^te^ Valgussera, valt op te maken dat vnl. de Midden-Servino in den vorm van kleileien, mergelachtige kleileien en mergelachtige zandsteenen voorkomt. Bij den stal Costana ziet men echter ook Boven-Servino omdat daar de

opschuiving, die de schub, waartoe deze Servino behoort, in het Zuiden begrenst, in een overschuiving overgaat en de volgende schub niet zoover doorging dat de Boven-Servino werd overschoven. Hieruit volgt niet, dat in de schubben waarin geen Boven- of Midden-Servino te voorschijn komt, deze horizonten overschoven zijn door een volgende schub.

In het gebied ten Noorden van en bij Forno treden weer de dolomietkalkbankjes op, misschien een aequivalent van de vondsten bij Bordogna, in een grauw tot geelbruin gekleurd zand. Ook is in deze Servino hier en daar, vooral ten Zuiden van Forno in de bedding van de Brembo en in de beek, die zich hier met de Brembo vereenigt, een vrij sterke secundaire plooiing waar te nemen. Zooals de profielen aantoonen ligt daar de Servino in zijn geheel beschouwd tamelijk vlak en gaat eerst verder Noordwaarts wat steiler staan. Het is niet onmogelijk, dat deze Servino zoo geplooid is, omdat de Muschelkalk-Esino er over heen gleed. Een deel, dat nu tot de eerste schub behoort, deed dienst als glijmiddel. Het kan zijn, dat nadat deze Servino als glijmiddel gefungeerd had, maar zoo, dat de samenhang met de oudere, tot de Servino behoorende, sedimenten niet al te veel verbroken werd, deze daarna eerst volledig in de schub werd opgenomen.

Langs de gneiss chiari is weer het bruine kalk- en dolomietrijke zand aanwezig, hetgeen niet opgevat moet worden als een overschuivingszonegesteente van het kristallijn, maar reeds lag hier de Servino, die pas de verschuiving van de Muschelkalk en Esino had helpen bewerkstelligen. Daarna kwam de overschuiving van het kristallijn. Op de kaart is een klein Muschelkalkvoorkomen te midden van de Servino aangegeven. Het is niet onmogelijk, dat dit te beschouwen is als een achtergebleven stuk Muschelkalk, dat, als 't ware, losliet en in de verschuivingszone bleef steken.

Op de kaart is de Servino van de eerste schub waarover en waardoor de Muschelkalk-Esino zich bewoog niet apart gekarteerd omdat later dit gedeelte van de verschuivingszone der kalken in de schubben werd opgenomen. Overal elders, waar duidelijk te zien is, dat de verschuivingszone der kalken niet met de schubvorming meedeed is dat op de kaart ingeteekend.

In Lit. 18 (blz. 237) wijst A. Spitz er op, dat men bij de M^te^ Valgussera bij Foppolo zal kunnen zien of „die Gleitfläche von der Oribischen Ueberschiebung abgeschnitten wird oder umgekehrt.'' Uit hetgeen hierboven werd medegedeeld en daarenboven uit de profielen valt op te maken, wordt de glijzone van de M^te^ Valgussera, een ander gedeelte van dezelfde glijzone waarover ook de M^te^ Pegherolo-M^te^ Secco werden voortbewogen, door de Orobische overschuiving overschoven. Hieruit volgt niet, dat de Orobische overschuiving jonger is dan de verschuiving der kalkmassa's. In de sedimentpakketten van het achterland der Oost-Alpiene dekbladen ontstonden bewegingen doordat na de vorming dezer dekbladen de onderschuiving nog doorging. De Onder-Triadische kalken van de M^te^ Valgussera enz., om in dit gebied te blijven, kwamen reeds in beweging voordat de „Orobische breuk'' het karakter van een overschuiving kreeg, waardoor verklaard wordt, dat

nu het kristallijn op de glijzone der kalken ligt en toch de Orobische overschuiving, in eerste aanleg, eerder ontstond dan de verschuiving van de Muschelkalk-Esino.

In 't algemeen kan van de Servino het volgende worden gezegd: De basis bestaat uit zandsteenen en fijn konglomeratische afzettingen, waarin kalklagen (bestaande uit kalk en kwarts) voorkomen. Plaatselijk zijn deze kalkbanken niet voorhanden. Vervolgens volgen geel tot grijsbruine zandsteenachtige mergels, waarin vooral onderin, veel zandsteenbanken optreden. [Dit is de algemeene habitus van de Onder-Servino].

Daarna komt een dikke zone van bontgekleurde mergels en mergelachtige kleileien. Groen, bruin en geelbruin zijn de 't meest voorkomende kleuren. Ook in dit mergel-kleileicomplex komen hier en daar zandsteenbanken voor. In de hoogere zones komen kalkdolomietbanken voor. Nog hoogerop werden die banken talrijker en de mergels en kleileien, de laatste treden dan zeer sterk op den achtergrond, worden zeer kalkrijk. De bonte kleuren verdwijnen. [Dit is de algemeene habitus van de Midden-Servino].

De gesteenten worden nu grauw-geel. Daar, waar dit gedeelte van de Servino dagzoomt, ontstaat het zoo poreus, caverneus, dolomiet- en kalkachtig gesteente, waarin, soms zelfs in groote hoeveelheid, het carbonaat geconcentreerd wordt en ondoorzichtige kristallen vormt. Deze kristallen zijn eenigszins geelachtig wit gekleurd, maar aan de randen okergeel, eveneens als het gesteente waarin zij gevormd zijn. (Echter is dit niet altijd zoo. Ik ken kristallen, die wit zijn, hier en daar roomkleurig, met limoniet op de barstjes, die er in voorkomen). Het bovenste deel dezer zone is de echte Boven-Servino, die meestal te herkennen is aan een bruin-geelachtig gekleurd zand, met hier en daar dolomiet- en kalkbanken en dat, naar boven toe, haast onmerkbaar, in de zwart tot blauwzwart geaderde dolomietachtige kalken, die reeds tot de Muschelkalk worden gerekend, overgaat. [Dit is de algemeene habitus van de Boven-Servino].

Vooral de zandige mergelachtige kleileien en de mergelachtige zandsteenen hebben een zijdeglans op de golvende laagvlakken. Eveneens zijn op de laagvlakken der echte zandsteenen uit de Onder-Servino dikwijls fijne glinsteringen waar te nemen, die afkomstig zijn van sericietblaadjes.

De dikte van de Servino in zijn geheel bedraagt ± 200 M. De dikte van de Onder-, Midden- en Boven-Servino afzonderlijk, kan sterk varieeren.

Muschelkalk.

De Muschelkalk en Esino vormen een dikke kalk en dolomietmassa. Zij vormen de hooge kalktoppen ten Westen en ten Oosten van de Brembo di Foppolo.

Een indeeling van de Muschelkalk en Esino is moeilijk te geven omdat fossielen hier ontbreken. Aan een indeeling, die berust op kleur en karakter der kalken enz. mag niet altijd evenveel waarde worden

gehecht, daar het voorkomt, dat volkomen gelijke gesteenten nu eens tot de Muschelkalk en dan weer tot de Esino gerekend moeten worden. De grens tusschen Muschelkalk en Esino berust hier toch, omdat het niet anders kan, op het lithologisch karakter en de kleur, terwijl de ligging ten opzichte van beter te onderscheiden formaties altijd de doorslag heeft gegeven bij het karteeren.

Wanneer men vanaf Valleve naar het Westen gaat, de Pegherolo op, dan ontmoet men na elkaar de Muschelkalk, de Esino en op de z.g. Bocchetta di Valenzana de onderste Raibler.

De Muschelkalk komt voor als grauwgrijze kalken. De oudste deelen zijn donkerder, soms bijna zwart met veel calcietaders (calcari neri). Deze geaderde kalken liggen direct op de Boven-Servino. Zooals reeds eerder werd gemeld, zijn zij soms meer als dolomieten, dan weer meer als dolomietachtige kalken op te vatten. Naar boven toe worden zij steeds lichter van kleur, terwijl soms kalkhorizonten ontwikkeld zijn die uit afwisselend licht en donkergrijs gekleurde laagjes zijn opgebouwd.

In het Val Rotta, tusschen Cambrembo en de Passo San Simone, en in het dal van Foppolo, bij de Baita Foppelle, komen fijn schisteuze, donkergrijze tot zwarte kalken voor, die plaatselijk kalkbankjes van enkele c.m. dikte bevatten. Hoorgerop neemt de schisteusiteit af en de kalkbankjes nemen in aantal toe (Lit. 13, blz. 17).

Hier in de kalken ten Zuiden van het Val Rotta is geen facies voorhanden, die met één van de twee door Cosijn besproken facies voor de Muschelkalk in het gebied van de Valli di Olmo al Brembo overeenkomt. Er komt een facies voor, die dichter bij de Noord- dan bij de Zuidfacies, die door Cosijn onderscheiden zijn, staat.

Waarschijnlijk is slechts nummer 1 uit de z.g. „Kalkfacies van het Noorden" (Lit. 2, blz. 283) voorhanden, terwijl nummer 2 en 3 niet ontwikkeld zijn of dat daarvoor kalken zijn opgetreden, die veel overeenkomst met 1 vertoonen.

Ten Zuiden van het kleine Verrucanovenster in het Val Rotta in de Muschelkalk, ten Westen van de Baita Arale, ziet men fijngelaagde, zwarte kalksteen waarin, in de hoogere deelen, steeds meer lichter gekleurde kalksteenbanken optreden. De overgang tot de Esino vindt bijna onmerkbaar plaats. Geleidelijk toch worden de kalkbankjes, die steeds dikker worden (tot 12 cm.), lichter van kleur totdat eindelijk de laatste, dunne, plaatvormige, fijnkristallijne kalksteen verdwijnt en als 't ware alleen de kalkbanken overblijven.

Te midden van de Servino, ten Zuiden van de Baite Fontanini, is een klein Muschelkalkvoorkomen ingeteekend waarover reeds bij de bespreking van de Servino is gewaagd. Het bestaat wederom uit fijn kristallijne kalksteen doch veel minder goed gelaagd dan de Muschelkalk ten Westen van de Baita Arale.

Het merkwaardige van deze kalksteenen is, dat zij vele gerichte spleten en spleetjes vertoonen, die met kalkspaat zijn opgevuld.

Overal elders waar Muschelkalk op de kaart voorkomt, heeft men te doen met de Noord-facies. Vooral onder de kerk van Valleve en aan den weg Valleve-Cambrembo kan men deze facies der Muschelkalk

goed opnemen. De aderrijke, compacte, zwart en blauwzwart gekleurde kalksteen, die als 't ware uit de Boven-Servino geboren wordt, gaat langzamerhand over in de grauwe, eenigszins golvende laagvlakken vertoonende kalken en dolomieten, die vooral naar boven toe lichter van kleur zijn en soms uit afwisselend donker en lichtgrijs gekleurde laagjes schijnen te zijn opgebouwd. Hier en daar, o. a. even ten Noorden van Valroba is een knollige kalksteen te zien, onder echte Esino. De overgang vindt geleidelijk plaats.

Ten Zuiden van de Baita Foppelle ziet men, in een zijdal, dat van den verbindingskam tusschen de M^te^ Valgussera en de Pizzo del Vescovo afkomt, de fijn gelaagde zwarte kalksteenen zooals, reeds vermeld, eveneens ten Westen van de Baita Arale voorkomen, weer. Op den kam tusschen de M^te^ Valgussera en de Pizzo del Vescovo komen bruine zanden voor, die naar den top van de Valgussera toe veel knollige kalklagen bevatten. Langzamerhand neemt het cement in hoeveelheid af en de top zelf bestaat dan ook uit, nu eenigszins blauwgrijs gekleurde kalk met banken van gemiddeld 6 cm. dikte. Op dezen top hellen de kalken vrij flauw naar het Noorden maar, naar het Noorden toe, dus de hellingen af, gaan de lagen geleidelijk aan steiler staan. Vanaf de Baita Foppelle is duidelijk een knievormig verloop der gelaagdheid waar te nemen.

Gaat men langs den verbindingskam in de richting van de Pizzo del Vescovo, dan ziet men de bruine zanden, die nogal glimmerrijk zijn en die nu hier en daar ook zwarte, fijn kristallijne kalklaagjes bevatten in compacte zwartblauwe kalken overgaan.

Het komt mij voor, dat het grootste deel van de „kalkfacies ten Noorden" hier ontsloten is. In het kleine zijdal, waar de fijngelaagde zwarte kalken ontsloten zijn, heeft men klaarblijkelijk te doen met een aequivalent van nummer 1, daar waar de bruine zanden knollige kalken bevatten en later in blauwgrijze kalken overgaan, met aequivalenten van nummer 2 en een deel van nummer 3, van de indeeling der Noordfacies door Cosijn (Lit. 2, blz. 283) voor de Muschelkalk, in het gebied van de Valli di Olmo al Brembo, ten Noord-Westen van de lijn: kerk van Piazzatorre-Corno Rossa-Madonna dei Campelli (Lit. 2, zie kaart), opgesteld.

In 't algemeen kan het volgende van de Muschelkalk in dit gebied worden opgemerkt: Voornamelijk vertoont de hier voorkomende Muschelkalk de Noord-facies. [Ten Zuiden van het Verrucanovenstertje in het Val Rotta is een locale facies ontwikkeld]. Op de Noordelijke hellingen en op den top van de M^te^ Valgussera, benevens op den kam tusschen de Valgussera en de Pizzo del Vescovo is een groot deel dezer Noord-facies ontsloten. Men vindt daar toch alle zones, door Cosijn opgesteld, terug, behalve de geaderde blauwzwarte kalken, de „calcari neri compatti", die onder de kerk van Valleve en aan den weg tegenover de kerk, zoo mooi ontsloten zijn. Vermoedelijk is het aequivalent van nummer 2 in de M^te^ Pegherolo-M^te^ Secco kalkdolomietmassa anders ontwikkeld, dan in de M^te^ Valgussera-Pizzo del Vescovo massa. Waarschijnlijk treden n.l. de bruine zanden op den achtergrond en zijn de knollige kalksteenbanken veel talrijker.

Esino.

Er werd reeds op gewezen dat de Muschelkalk langzamerhand in de kalken en dolomieten van de Esino overgaat. De grens tusschen beide formaties is niet met zekerheid aan te geven. Het is heel goed mogelijk, dat de grens, die op de kaart voorkomt, eenigszins anders verloopt. Ook hier moet afgegaan worden op het lithologisch karakter. Over 't algemeen zijn de tot de Esino te rekenen kalken en dolomieten lichter gekleurd dan die van de Muschelkalk. Veelal bezitten zij een dunne, heldergrijze verweeringskorst.

De Esinokalken en dolomieten komen bij normale ligging boven de Muschelkalk voor. In dit gebied in de twee kalk-dolomietmassa's ten Westen en ten Oosten van de Brembo di Foppolo. Door enkele opschuivingen en transversaalverschuivingen is een struktuur in deze schollen ontstaan, die te vergelijken is met die der Permische-Onder Triadische afzettingen. In de schol, Pizzo del Vescovo-M^te^ Valgussera, verdeelt een ± Noord west—Zuidoost loopende breuklijn, dit kalk-dolomietcomplex in twee deelen; de massa van de Pizzo del Vescovo en die van de M^te^ Valgussera. In Hoofdstuk II, F. b zal op het ontstaan van deze opschuivingen en transversaalverschuivingen, o. a. ook op de ± Noord—Zuid verloopende breuk, die de twee schollen scheidt, nader worden teruggekomen.

In het M^te^ Secco-M^te^ Pegherolo complex is de gansche Esino aanwezig en bereikt maximaal een dikte van ± 1200 M. Gaat men vanaf Valleve naar het Westen over Valenzana, naar de graat tusschen de M^te^ Secco en de M^te^ Pegherolo, in den volksmond „Bocchetta di Valenzana" geheeten, dan ontmoet men achtereenvolgens de heele Esino. Over groote afstand ziet men steeds dezelfde kalk- en dolomietbanken van wisselende dikte (0,40—2,50 M.) konkordaat op elkaar volgen. Zij liggen op de, over 't algemeen, grovere, donkerder gekleurde en uit dunnere kalkbanken opgebouwde bovenste Muschelkalken, die even ten Westen van Valleve aan den weg naar Cambrembo ontsloten zijn.

De kalken en dolomieten gaan door middel van een hier dunne zone z. g. „Calcare rosso" in de Boven-Esino over. De „Calcare rosso" kon, ondanks ijverig zoeken, niet over groote afstand vervolgd worden, maar toch moet deze roode kalksteen, gezien het voorkomen, ofschoon in geringe mate, van los materiaal op de puinhellingen, aanwezig zijn. Van een ontwikkeling dezer zone, zooals bijv. in de Valle di Piazza en de Valle di Parina is hier zeker geen sprake (Lit. 2, blz. 286). Slechts op de M^te^ Col vindt men roze gekleurde kalken, die misschien een aequivalent van de „Calcare rosso" zijn.

De breccieuze kalken, grauwgeel en grauwgrijs van kleur, die direct op de „Calcare rosso" volgen, vindt men vooral goed ontsloten op de graat tusschen de M^te^ Col en de M^te^ Secco.

Boven Esino.

Onder de Raibler komen, vergelcken bij de dikte der kalk- en dolomietbanken van de „Esino in 't algemeen" uit dunne banken bestaande, fijnkristallijne blauwachtige kalk- en dolomietlagen voor.

Soms treden geel-bruine lagen op doch het geheel maakt een blauwe indruk. Op sommige plaatsen, zooals bijv. bij de M^te^ Pegherolo, is de gelaagdheid verdwenen en ziet men, dat in plaats daarvan, donkere, harde kalken voorkomen.

Men heeft hier het aequivalent van de, in andere streken, ertsrijke Boven-Esino (bijv. ten Oosten van San Pietro d'Orcio).

Voor wat betreft de grensbepaling tusschen de Boven-Esino en de „Esino in 't algemeen" geldt hetzelfde als voor die tusschen de „Esino in 't algemeen" en de Muschelkalk.

Keeren wij nog even terug tot de „Esino in 't algemeen". In de Pizzo del Vescovo-M^te^ Valgussera massa vindt men wederom de Esino. Alleen valt op te merken dat de kalken en dolomieten lichter zijn dan van de M^te^ Secco-M^te^ Pegheroloschol. Er werden roze-grijze zones gevonden, die overgaan, naar boven toe, in dergelijke breccieuze grauw-grijze kalken, die tusschen de M^te^ Col en M^te^ Secco worden aangetroffen. Aan de oppervlakte worden deze kalken geel-grijs, door de verweering van het kitmateriaal der kalkbrokken, die soms klein, tot enkele c.m. diameter, en dan weer vrij groot, tot 12 en 15 c.m. diameter, zijn.

Rest nog te vermelden, dat ten Oosten van de Baita Arale, M^te^ Secco-M^te^ Pegheroloschol en ten Oosten van Conventa, M^te^ Valgussera-Pizzo del Vescovoschol, de Muschelkalk bijna niet ontwikkeld is en daardoor de Esino soms, zooals bij Canove, op de Servino van de verschuivingszone ligt.

Raibler.

Slechts op de M^te^ Secco en op de graat tusschen de M^te^ Secco en de M^te^ Pegherolo waarvan reeds meermalen sprake was, ligt de Onderste-Raibler, de z.g. „Plattenkalk". Schier onmerkbaar gaan de kalken van de Boven-Esino in de zeer fijn kristallijne, donkerblauwe, goedgelaagde plaatkalken van de Onderste-Raibler over. De kalkbanken hebben, elk voor zich, een onregelmatig gegolfd oppervlak met okergele verweeringskorst. Vooral in de hoogere horizonten komen dunne, mergelachtige tusschenlagen voor, die plaatselijk soms zeer dun worden en nu en dan geheel verdwijnen, om dan verderop weer te voorschijn te komen. In andere deelen van de Bergamasker Alpen zijn de „Plattenkalke" soms niet ontwikkeld.

De hierop volgende Midden-Raibler wordt op de graat, de Bocchetta di Valenzana, niet vast gevonden maar vooral dicht bij den top van de Pegherolo en op enkele toppen van de M^te^ Secco liggen groene, zeegroene en bruinroode mergelfragmenten overal verspreid.

De Raibler, die hier voorkomt, heeft nog medegedaan aan de opschuivingen in het Muschelkalk-Esinopakket. Juist, door het voorkomen van Raibler, op den kam M^te^ Pegherolo-M^te^ Secco, konden een paar opschuivingen, zij doen zich in 't veld als breuken voor, vastgesteld worden. Zooals later zal worden uitgelegd in Hoofdstuk II, F. *b* en *c*, zijn de breuken hier de laatste resten van twee groote opschuivingen die van Oost naar West liepen. Door de erosie op de

Oosthellingen van dit kalk-dolomietcomplex zijn de opschuivingsvlakken daar zoo goed als verdwenen.

Diluvium en Alluvium.

Jongere sedimenten dan de Raibler zijn, behalve de diluviale erratica en alluviale puinhellingen, in dit gebied niet aangetroffen. In de Brembo di Foppolo, tusschen Cambrembo en Branzi worden slechts hier en daar groote erratica gevonden, vooral even ten Noorden van Branzi.

De Orobische waterscheiding verloopt in het kristallijn over een reeks hooge toppen, die door kammen met elkaar verbonden zijn. Meestal vormen de toppen met gedeelten van de verbindingskammen de hoogste deelen van verschillende „Karen'' waarin dikwijls nog enkele z.g. „Laghi alpini di circo'' (Lit. 11) liggen. Mooie voorbeelden zijn de Laghi di Porcile in de „Kar'' van de Pizzo Cadellegroep en de Laghi di Corno Stella en Laghi di Caldirolo ten Zuiden van het Corno-Stella-complex.

Bij de behandeling van de Verrucano werd aangestipt, dat de porfierserie niet overal onder de Colliolagen aanwezig is.

Wanneer men bedenkt, dat de porfierserie in de Bergamasker Alpen submarien ontstaan is, is de veronderstelling, dat de Colliolagen reeds bezig waren zich te vormen tijdens de uitvloeiingen der porfierische lavastroomen, niet van allen grond ontbloot.

Het toenemen der dikte van de Collioserie in Oostelijke richting, terwijl juist de porfierserie, afgezien van locale porfierculminaties, in dikte afneemt, zou er op kunnen wijzen. Ten Noord-Oosten van Carona en Porta bijv. neemt de porfierserie onder de daar zoo mooi ontsloten Collio zeer zeker gestadig in dikte af. Bij het Lago del Prato is de porfier al verdwenen.

Bijna overal waar de kristallijne ondergrond te voorschijn komt, vindt men in het Westen porfier tusschen de Collio en het kristallijn. Bij het Salmuranovenster, een culminatie van den kristallijnen ondergrond bijv. niet. In 't algemeen echter kan worden opgemerkt, dat hoe verder men naar het Westen gaat des te grooter de ontwikkeling van de porfierserie wordt, terwijl de dikte van de Collioserie gestadig afneemt. Eindelijk wordt zelfs in 't geheel geen Collio meer aangetroffen en ligt de Verrucano direct op porfier. Ten Westen van het Comomeer schijnt de porfierserie nog dikker te worden, waardoor de dikte der Verrucano beinvloed wordt. In het porfiergebied van Lugano volgt zelfs Servino direct op porfier.

Afgezien van tektonische factoren, die natuurlijk een verandering in de primaire ligging van de formaties ten opzichte van elkaar hebben teweeggebracht, kan in 't algemeen het volgende worden gezegd:

Tijdens de Onder-Permische periode bestond een, in Oostelijke richting, steeds dieper wordende zee. De Westkust liep o. a. langs het huidige Luganogebied. Dit was toen een vulkanisch land met meerdere vulkanen, die groote lavastroomen uitbraakten, welke meermalen in

zee vloeiden waarin de Colliolagen zeeds bezig waren zich af te zetten. De vulkanische werkzaamheid was groot, zoodat in het westelijk deel der zee, waarin waarschijnlijk ook submariene vulkanen lagen, zoo goed als geen sedimentatie van niet vulkanisch materiaal plaats vond. [De Collioserie ontbreekt.]

Naar het Oosten hielden de lava's op en kon de afzetting van klastisch niet vulkanisch materiaal, doch veelal tufachtig door ascherupties, ongehinderd voortgaan. [Collioserie aanwezig. Neemt naar het Oosten gestadig in dikte toe.]

Daar, waar de porfier boven water kwam, vormden zich de psammitische en konglomeratische tuffieten op een soortgelijke wijze als VON RICHTHOFEN zich de vorming van de „Grödener Sandstein" voorstelt. Bij de bespreking van deze tuffieten werd er reeds de aandacht op gevestigd, dat de discordantie tusschen de porfierserie en deze gesteenten hier en daar best primair kan zijn.

De porfierserie zou dus niet ouder zijn dan de Colliolagen, ja misschien zelfs, bijv. ten Westen van het Comomeer, ten deele even oud als de Verrucano (terrestrisch ontstaan).

De Collioserie begon zich reeds in het Oosten te vormen, toen in het Westen de porfier uitvloeide. Langzamerhand nam de vulkanische activiteit van Oost naar West af. De lava's bleven steeds meer en meer tot het Westelijk deel van de Onder-Permische zee, die zich steeds verder in Oostelijke richting terugtrok, beperkt, afgezien van locale uitvloeiingen.

Nog tot vrij ver ten Oosten van het Comomeer is geen Collio ontwikkeld, terwijl ten Westen van het Comomeer tot aan het Luganogebied, de lava's nog werden neergelegd toen de vorming van de Collio in het Oosten reeds was afgeloopen. Want de dikte der Verrucano tusschen het Lago di Como en het Lago di Lugano is door de porfierserie beinvloed, zelfs zoo sterk, dat bij het Luganomeer bijna geen Verrucano meer wordt gevonden.

Denkt men nog eens terug aan hetgeen over de ouderdom der kristallijne schisten gezegd is, dan is het nu mogelijk om de resultaten van GORTANI en VINASSA DE REGNY met de hierboven gevolgde redeneering in overeenstemming te brengen.

HOOFDSTUK II.

TEKTONIEK.

A. Overschuivingen in het kristallijn en de z.g. Orobische breuk.

Uit de jongste onderzoekingen is oogenschijnlijk gebleken, dat de Orobische breuk, tusschen de Bocchetta di Trona en de transversaalverschuiving van Terzera, opgevat moet worden als de dagzoom van een groote overschuiving.

KLOMPÉ heeft getracht aan te toonen, dat men in het zich ten Noorden van dezen dagzoom bevindend kristallijn de wortel van een Boven-Oost-Alpien dekblad moet zien.

Ten Oosten van de transversaalverschuiving van Terzera moet de Orobische breuk niet worden beschouwd als de dagzoom van één enkele overschuiving en, zooals zal blijken, is het wenschelijk om ook verandering te brengen in de opvatting, die bestaat omtrent de „Orobische breuk" ten Westen van deze transversaalverschuiving.

Bij beschouwing van de geologische kaart (Lit. 8) merkt men op, dat onmiddellijk ten Oosten van de transversaalverschuiving van Terzera niet, zooals onmiddellijk ten Westen ervan, de fylliet-glimmerschisten, maar de gneisgroep voorkomt. Eerst ten Westen van de „Kar" van de M^te^ Torogroep worden de gneizen wederom door fyllieten en glimmerschisten vervangen. Aan den weg naar de Passo di Dordona, op ± 200 Meter van de pas af, is duidelijk waar te nemen, dat de „gneiss chiari" (gneisgroep) op de „micascisti a gneiss" (fylliet-glimmerschisten) liggen en er door een wrijvingszone van gescheiden zijn. Iets dergelijks is waar te nemen op de noordelijke buitenhellingen van de „Kar" van de M^te^ Torogroep. Hierdoor komt men tot de overtuiging, dat er een verschuiving heeft plaats gehad van de „gneiss chiari" ten opzichte van de „micascisti a gneiss".

Gaat men de grens na tusschen de „gneiss chiari" en de sedimenten, die er ten Zuiden van gelegen zijn, dan valt op, dat direct ten Oosten van de transversaalverschuiving van Terzera, de „gneiss chiari" in contact zijn met Verrucano. De „gneiss chiari" zijn over de Permische en Onder Triadische sedimenten geschoven, want als men de grens tusschen deze gneizen en de sedimenten in Oostelijke richting vervolgt, wordt al heel gauw de Verrucano door Servino vervangen. Het is alsof de Verrucano en Servino van onder de gneis vandaan komen. Verder behoeft men slechts het verloop van de formatiegrenzen in de Permische en Onder Triadische sedimenten, op de Zuidhellingen van de Monte Arete en Monte Valegino, ten Noorden van Foppolo, na te gaan, om

in te zien, dat het kristallijn (hier „gneiss chiari") over de sedimenten heen ligt.

In het Oosten van dit gebied is waar te nemen, dat de door de „gneiss chiari" overschoven „micascisti a gneiss" eveneens de sedimenten ouder dan de Muschelkalk, ja, zelfs in de Valle Carisole, bij punt 2125, ten Oosten van de Baita Siltro, ook de Muschelkalk overschoven. (De Orobische overschuiving).

De kristallijne gesteenten van de Valle di Carisole dragen over groote afstand hetzelfde karakter, waaruit volgt, dat een bepaalde zone van de fylliet-glimmerschisten dagzoomt en dus vrij vlak ligt, terwijl op andere plaatsen, zooals in het gebied ten Westen van de transversaalverschuiving van Terzera, over kleine afstand reeds een groote verscheidenheid van typen in het kristallijn werd aangetoond (Lit. 8, blz. 135). Doch ook in die deelen van het onderzochte gebied, waar de „gneiss chiari" op sedimenten geschoven zijn, moet men de overschuiving van de „micascisti a gneiss" op deze sedimenten aannemen, maar minder groot en door de z.g. „gneiss chiari" overschuiving aan het oog onttrokken. Dat er werkelijk in het Westen van het onderzochte gebied glimmerschisten en fyllieten onder de gneisgroep voorkomen, bewijst het optreden van een smal strookje van tot de fyllieten en glimmerschistengroep te rekenen gesteenten, op ± 1650 meter ten Oosten van het pad, dat van Forno naar de Baita Fontanini leidt. Er komen daar, evenals op de M^te^ Arete nog complicaties voor, die later besproken zullen worden, tezamen met de Verrucano-Servino strookjes langs de breuk van de „Laghi di Porcile". Duidelijkheidshalve zal de breuk in het kristallijn, die op de kaart en ook op de kaart van PORRO (Lit. 13), vanaf de transversaalverschuiving van Terzera in Noord-Oostelijke richting te vervolgen is, in dit werkje, naar de drie meertjes, de Laghi di Porcile worden genoemd, die ten Zuiden van deze breuklijn in de „Kar" van de Pizzo Cadellegroep zijn gelegen.

Waneeer men met SALOMON aanneemt, dat de Colmieten en andere tot de Rendenaschiefer behoorende gesteenten ouder zijn dan de fyllieten en glimmerschisten, zijn Edoloschiefer, dan kan men in de breuk van de Laghi di Porcile de dagzoom zien van een overschuiving, die de gneisgroep overschoof en wel zoodanig, dat nu echte Edoloschiefer onmiddellijk met Rendenaschiefer in contact zijn. Verder naar het Oosten verdwijnt de gneisgroep en loopt de dagzoom van de „Laghi di Porcile" overschuiving in de fylliet-glimmerschistengroep, de Edoloschiefer, gewoon door.

Nu vermoed ik, dat door een culminatie in den ondergond, de Orobische- en de „gneiss chiari"-overschuiving een culminatie vertoonen in de overschoven deelen. Zooals uit de kaart blijkt, wordt de „gneiss chiari" in de Corno Stellagroep weer teruggevonden. In de tusschen de „gneiss chiari" van het Westen en van de Corno Stellagroep in, gelegen gesteenten, vooral op de Noordelijke hellingen van de graat, die de M^te^ Toro met de Passo di Valcervia verbindt, werden sporen gevonden van een, in Noord-Zuidrichting samengeperst, domvormig verloop der gelaagdheid. De erosie heeft hier de gesteenten van de gneisgroep, de „gneiss chiari", doen verdwijnen. Dat werkelijk de

„gneiss chiari", ook hier over de „micascisti a gneiss" hebben gelegen, bewijst het voorkomen van een erosierest ten Zuiden van het Lago delle Trote.

Voor het verloop van de overschuiving der „Laghi di Porcile" moet men dan nog aannemen, dat deze overschuiving meer Oostwaarts zoover doorging, dat de wortels van de „gneiss chiari"- en Orobische overschuivingen voor een deel aan het oog onttrokken zijn.

Er zijn dus drie overschuivingen vastgesteld. Twee in het kristallijn zelf en één van het kristallijn op de in het Zuiden voorkomende sedimenten. Deze laatste is de Orobische overschuiving. Daar de Orobische overschuiving niet overal zoover doorging als de „gneiss chiari"overschuiving, treft men in het Westen van het onderzochte gebied, gneiss chiari in anormaal contact met sedimenten aan.

De grens tusschen het kristallijn en de, daar ten Zuiden van, voorkomende sedimenten, moet in dit gebied niet opgevat worden als de dagzoom van één enkele overschuiving, maar in het Westen, als de dagzoom van de „gneiss chiari" — en in het Oosten, als de dagzoom van de Orobische overschuiving.

In het door JONG (Lit. 7) opgenomen gebied werd een vrij breede overschuivingszone aangetroffen. Bij de Passo di Verobbio eindigt deze zone. Zooals in JONG's publicatie op blz. 89 staat, werden in deze zone naast gesteenten, die van Permische ouderdom zijn, chloriet-edolieten, door druk veranderd, aangetroffen. Is de overschuivingszone tusschen de Bocchetta di Trona en de Passo di Verobbio een dubbele dekgrens? Zijn de Edoloschiefer over de Colmieten (gneisgroep) geschoven, terwijl deze op hun beurt over de, oorspronkelijk ten Zuiden ervan gelegen, eveneens tot de Edoloschiefer van SALOMON behoorende schisten, zoover naar het Zuiden schoven, dat ook de sedimenten overschoven werden, zoodat, zooals er van zelf uit volgt, de grens van de Orobische overschuiving aan de waarneming onttrokken werd? Ik meen, op grond van de volgende bewijsvoering, deze vragen bevestigend te moeten beantwoorden.

Beschouwt men de kaart benevens de profielen, die bij het werk van JONG behooren (Lit. 7), dan valt direct de rol op, die de culminatie van Salmurano moet hebben vervuld. Het kan niet anders of deze culminatie oefende invloed uit op de overschuivingen. Waarschijnlijk ligt de echte Orobische overschuiving hier heel vlak, evenals zij dat doet onder invloed van de voortzetting van de culminatie van Foppolo, in de M^te^ Torogroep en heeft verder Noordwaarts eerst haar wortel. Dit aangenomen hebbend, wijst verder het aanwezig zijn van de tot de gneisgroep te rekenen gesteenten en van de basale tuffoïdachtige gesteenten, die in de „Orobische overschuivingszone" voorkomen, op de ook hier bestaande „gneiss chiari" overschuiving. Deze twee genoemde overschuivingen worden echter, zoo goed als geheel, bedekt door een derde overschuiving, die men, in het door mij onderzochte gebied, onder den naam van overschuiving der „Laghi di Porcile" heeft leeren kennen. De breede overschuivingszone, die in het door JONG opgenomen gebied afzonderlijk gekarteerd is, is, volgens de hierboven gegeven beschouwing, eveneens verklaard. De veronderstelling van

JONG (Lit. 7, blz. 99), dat de „gneiss chiari", die verder Oostwaarts gevonden worden, met de z.g. „Orobische overschuivingszone" verband houden, is juist gebleken. JONG toch zag in deze overschuivingszone o. a. porfierachtige gesteenten tusschen de Edoloschiefer van de overschuiving der „Laghi di Porcile" en de epi-serizietgneizen van de „gneiss chiari"overschuiving (Lit. 7, blz. 88). Dit wijst op tusschengeklemde Permische gesteenten, die op den rug van de „gneiss chiari"-overschuiving zijn meegevoerd en later door de „Laghi di Porcile"-overschuiving werden overschoven.

Hoe moet het kristallijn beschouwd worden ten Noorden van de „Orobische breuk" tusschen de Passo di Verobbio en de transversaalverschuiving van Terzera? Zooals door de onderzoekingen van KLOMPÉ is komen vast te staan, bestaat er een groote verscheidenheid van typen, gaande van Noord naar Zuid. De schisten hellen tamelijk steil (drukgelaagdheid). Beschouwt men de kaart van dit gebied (Lit. 8), dan merkt men op, dat daar, waar geen breede overschuivingszone meer tusschen de sedimenten en het kristallijn optreedt, verder naar het Noorden een gneisgebied met granietkern (M^te^ Azzaredo en M^te^ Fiorare) voorkomt. KLOMPÉ is geneigd, hoewel in het veld niet duidelijk waarneembaar (zie profielen Lit. 8), de Zuidgrens van dit gneizencomplex als een tektonische grens op te vatten. Jammer genoeg is de Noordgrens nog niet in kaart gebracht. Vermoedelijk zal deze grens eveneens tektonisch zijn en wel zullen de Edoloschiefer, de fyllieten en glimmerschisten, van de „Laghi di Porcile"overschuiving op gesteenten van de gneisgroep geschoven zijn. Waarschijnlijk zal deze grens in het veld niet duidelijk waarneembaar zijn omdat ik verwacht, dat de overschuiving van de „Laghi di Porcile" hier meer het karakter van een opschuiving zal hebben en het heel goed mogelijk is, dat daar, waar de gneizen ophouden en de overgangen tusschen de gneizen en de fyllieten en glimmerschisten beginnen, nog niet de grens der opschuiving loopt.

Het kristallijn ten Noorden van de lijn Passo di Verobbio-transversaalverschuiving van Terzera staat steiler, is niet zoover overschoven in zich zelf en over het voorland, respect. achterland, wanneer men het geheel „im Rahmen der Alpentektonik" beschouwt, als het kristallijn ten Westen van de Passo di Verobbio en ten Oosten van de transversaalverschuiving van Terzera.

Zooals ook weer uit het bovenstaande blijkt, is de transversaalverschuiving van Terzera voor de tektoniek van het kristallijn van groot belang.

Hoe het ten Noorden van de Passo di Verobbio is, is moeilijk te zeggen. Misschien loopt de grens van de „Laghi di Porcile"overschuiving met een bocht naar het Noorden om dan, ten Noorden van het gneiscomplex van de M^te^ Fiorare en M^te^ Azzaredo, zich voort te zetten tot aan de transversaalverschuiving van Terzera. Reeds werd vermeld, hoe de grens van de overschuiving der „Laghi di Porcile" ten Oosten van de transversaalverschuiving van Terzera, in het door mij onderzochte gebied, is gelegen.

Alvorens tot de bespreking van de transversaalverschuiving van

Terzera over te gaan, is het gewenscht het voorkomen van Verrucano-Servinoresten ten Zuiden van de Baite Fortanini benevens die van de Mte Arete te bespreken, terwijl in verband hiermee, de Verrucano-Servinostrooken langs de grens van de „Laghi di Porcile''overschuiving zullen worden behandeld.

Wanneer men vanaf Forno het pad naar de Baita 1904, één der Baite Fontanini, volgt, gaat men over weiden, die op Servino gevormd zijn. Op ± 1650 meter hoogte treft men dan langs het pad Boven-Servino aan benevens veel los materiaal, dat tot de fylliet-glimmerschistengroep behoort. Wanneer men daar het pad verlaat en in Oostelijke richting zijn weg vervolgt, merkt men op, dat de hoeveelheid los kristallijn materiaal veel grooter wordt, terwijl ook steeds meer „gneiss chiari'' materiaal overal verspreid ligt. In een klein beekje, even ten Zuiden van de plaats, waar de „gneiss chiari'' vast wordt aangetroffen, worden ook gesteenten, die tot de fyllieten en glimmerschisten behooren, vast gevonden. Teruggaande naar het pad van de Baite Fontanini en vervolgens dit verder volgend, treft men wederom Servino en daarna Verrucano aan en eindelijk kan men nog hoogerop de grens vinden tusschen de laatstgenoemde Verrucano en de „gneiss chiari'', die over de laagst gelegen schrale weiden van de hoogst gelegen Baita der Baite Fontanini te vervolgen is. Vervolgens is het mogelijk een grens te karteeren in de hier aanwezige Servino. Deze grens is de Orobische breuklijn. De ten Noorden van deze lijn voorkomende sedimenten behooren weliswaar tot de Permische en Onder Triadische afzettingen, maar moeten opgevat worden als een erosierest, die later, toen de overschuiving van de „gneiss chiari'' sterker geprononceerd werd, gedeeltelijk tusschen geklemd geraakte. En daar de „gneiss chiari''-overschuiving niet alleen de Orobische overschuiving ten deele geheel overschoof, ja zelfs het, door deze laatste zelf, overschoven deel van de Permische-Onder Triadische schubstapel, was het mogelijk, dat nu de Orobische lijn in Servino verloopt, dat nu dus Servino van de erosierest onmiddellijk ligt op Servino, die behoort tot de schubstapel.

Een soortgelijke erosierest bevindt zich op de hoogst gelegen deelen van de Mte Arete. Vanaf de Baita 1882 in pal Oostelijke richting voortgaand, stoot men plotseling op vaste gneisachtige gesteenten. Verder Oostwaarts zet de Servino, die langs het gansche pad voorkomt of op grond van los materiaal onder de verweeringsaarden en vegetatie vermoed wordt, zich nog wat voort, om dan plaats te maken voor Verrucano. Volgt men de gneisgrens, dan loopt men over Verrucano, terwijl de toppen van de Mte Arete weer uit Servino bestaan, die overal naar beneden toe door Verrucano wordt begrensd. Men heeft hier te maken met een overblijfsel van dat gedeelte der Permische-Onder Triadische afzettingen, die op den rug van de „gneiss chiari''-overschuiving werden medegevoerd. De Permische en Onder Triadische sedimenten omhullen hier, als 't ware, de voorkant van de „gneiss chiari''overschuiving. Ook hier weer zijn zij, om de zelfde redenen als bij de Baite Fontanini, in contact met sedimenten van de schubstapel.

Ik kon, zij het dan ook bezwaarlijk, een wrijvingszonne in de Verrucano op de Zuid-Oosthellingen van de Mte Arete, vaststellen.

Over het voorkomen van de Verrucano-Servinostrooken, ten Noorden van de weiden der Baite Fontanini en bij de Laghi di Porcile, kan ik kort zijn. Resten van Permische-Onder Triadische sedimenten, doch behoorende bij de „gneiss chiari"overschuiving — zij werden op den rug der overschuiving meegevoerd — liggen geklemd tusschen de overschuiving van de „Laghi di Porcile" en de „gneiss chiari"overschuiving. Verder Noord-Oostwaarts wordt nogmaals door Porro een soortgelijk Verrucano-Servinovoorkomen aangegeven. Ik ken dit laatste voorkomen niet uit eigen aanschouwing. Hoogstwaarschijnlijk kan de verklaring, die over het voorkomen ten Noorden van de Laghi di Porcile is gegeven, ook voor dit gelden.

In deze uiteenzetting is gesproken over de „Laghi di Porcile" — de „gneiss chiari" — en de Orobische overschuiving. In het tectonogram, fig. 9, zijn zij respectievelijk met I, II en III gemerkt.

Ter illustratie van de hierboven uitgewerkte idee, zie men drie profielen door het kristallijn, in de resp. door JONG, KLOMPÉ en mij onderzochte gebieden, aangebracht (fig. 2).

B. De horizontale transversaalverschuiving van Terzera en de verschuivingszones van de Muschelkalk-Esino en de Haupt dolomiet.

De transversaalverschuiving ten Westen van de Passo San Simone, die van Terzera, werd door KLOMPÉ wederom aangegeven, zij het dan ook anders dan PORRO deed. (Zie kaartje van een gedeelte der Bergamasker Alpen naar PORRO, fig. 3).

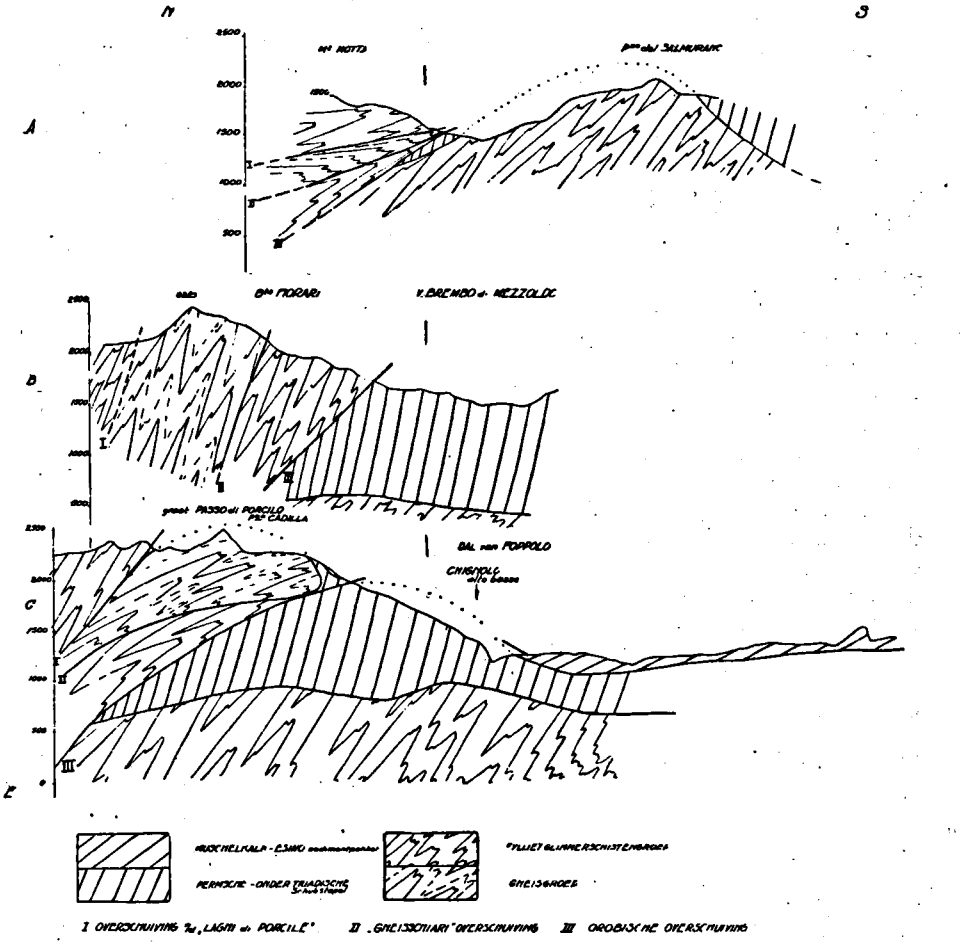
KLOMPÉ vermoedt, dat deze verschuiving een verschuiving is, die in het kristallijn doorgaat. Op zijn kaart (Lit. 8) trekt hij haar nog een eindweegs in het Noordelijk kristallijn door. Men kan zeggen, dat deze verschuiving een min of meer horizontale transversaalverschuiving is, die in het kristallijn ontstond. De, er ten Zuiden van de Orobische lijn, boven liggende sedimentpakketten hebben de invloed van de, in den ondergrond geboren wordende, horizontale transversaalverschuiving ondervonden. Op de kaart van KLOMPÉ is waar te nemen, dat in de sedimenten van Permische- en Onder Triadische ouderdom een breuk verloopt boven de plaats waar in den ondergrond, het verloop naar het Zuiden, van de horizontale transversaalverschuiving vermoed moet worden.

Het ontstaan van deze horizontale transversaalverschuiving moet gezocht worden in de verdeeling der weerstanden in den kristallijnen ondergrond van het voorland der overschuivingen in het kristallijn, dat men nu door de werking der erosie kan waarnemen.

Hoe deze verdeeling der weerstanden is, kan men slechts gissen. Of echter een welving, in den ondergrond van het voorland der overschuivingen, ook een grootere weerstand moet vormen voor deze overschuivingen, wil ik in het midden laten. Mijns inziens zal de ligging van het ovedschuivingsvlak d. w. z., de diepte, waarop de op(over)schuiving voor het eerst optreedt, van groote invloed zijn. Waarschijnlijk

FIG. 2 Profielen betreffende de overschuivingen in het Kristallyn

SCHAAL 1:75 000 (Wortelzone der B.O. ALPIENE dekladen)



is het Orobische overschuivingsvlak, in het gebied ten Westen van de horizontale transversaalverschuiving van Terzera, ofschoon de welvingen van den ondergrond van het voorland in de vensters van Caprile en Mezzoldo gezocht moeten worden, zoo gelegen, dat, vergeleken bij de toestanden ten Westen van de Passo di Verobbio en ten Oosten van de horizontale transversaalverschuiving van Terzera, de bedragen der overschuivingen in het kristallijn zelf en van het kristallijn op de sedimenten, veel kleiner zijn.

Reeds KLOMPÉ nam waar, dat de ligging der sedimenten, ter weerszijden van de breuk van Terzera, verschilde. O. a. op grond van de verschillen in ligging kwam hij tot de conclusie, dat de breuk van Terzera een horizontale transversaalverschuiving is. Dit is volkomen juist. Maar na ingesteld onderzoek is mij gebleken, dat de Servino aan de basis van de Muschelkalk bij de Passo San Simone en verder Oostelijk, behoort tot Servino, die gediend heeft als glijmiddel voor de kalk-dolomietmassa's van de Monti Cavallo, Cavallino, Pegherolo en Secco, die in hoofdzaak tot de Muschelkalk en Esino gerekend moeten worden. Zooals uit de kaart blijkt, ligt de,. men zou kunnen zeggen, verschuivingszone van de Muschelkalk-Esino, in het weidengebied ten Oosten en ten Noord-Oosten van de Passo San Simone, aan de oppervlakte. In de Brembo en vnl. op den Westelijken oever tegenover Forno, ziet men dat de schubben van Permische schubstapel discordant door de verschuivingszone-gesteenten van de Muschelkalk-Esino worden bedekt. In het oog houdend, dat de Servino bij de Passo San Simone, die daar zeer steil staat, tot genoemde verschuivingszone behoort en dat de schubstruktuur vertoonende Permische-Onder Triadische afzettingen eronder liggen, moet men in de Verrucano bij de Passo San Simone een gedeelte van een schub zien. De N-S profielen van KLOMPÉ (Lit. 8) krijgen dan een geheel ander aanzien. Ten Oosten van de breuk van Terzera vormen de sedimenten geen synclinale met een steile vleugel maar ook hier bestaat een schubstruktuur in de Permische-Onder Triadische afzettingen, terwijl de Muschelkalk en Esino met hun glijmiddel (= Servino) zoo kwamen te liggen, dat de schubben bij de Passo San Simone en verder Oostelijk tot aan de Brembo, voor het grootste deel aan het oog onttrokken zijn. Bij de Passo San Simone ziet men nu Servino, steil Zuidwaarts hellend, op Verrucano rusten. De Servino daar behoort tot de verschuivingszone van de Muschelkalk-Esino en de Verrucano is een deel van een schub van de Permische-Onder Triadische schubstapel.

Dat de Servinoafzettingen van de weidengronden van Cambrembo werkelijk gesteenten van een verschuivingszone zijn, bewijst mede de aard en het sterk secundair geplooid zijn der lagen. Men behoeft slechts een blik te werpen op het groot aantal verschillende hellingen en richtingen, die, over geringe afstand bijv. tegenover Forno, zijn opgemeten en op de kaart zijn geteekend. Verder is nog een erosierest, bestaande uit Esino met aan de basis wat Muschelkalk, in de omgeving van het Lago dell'Arale aanwezig, zoodat weinig twijfel overblijft omtrent de rol, die de hier voorkomende Servino heeft gespeeld.

Ten Westen van de horizontale transversaalverschuiving van Ter-

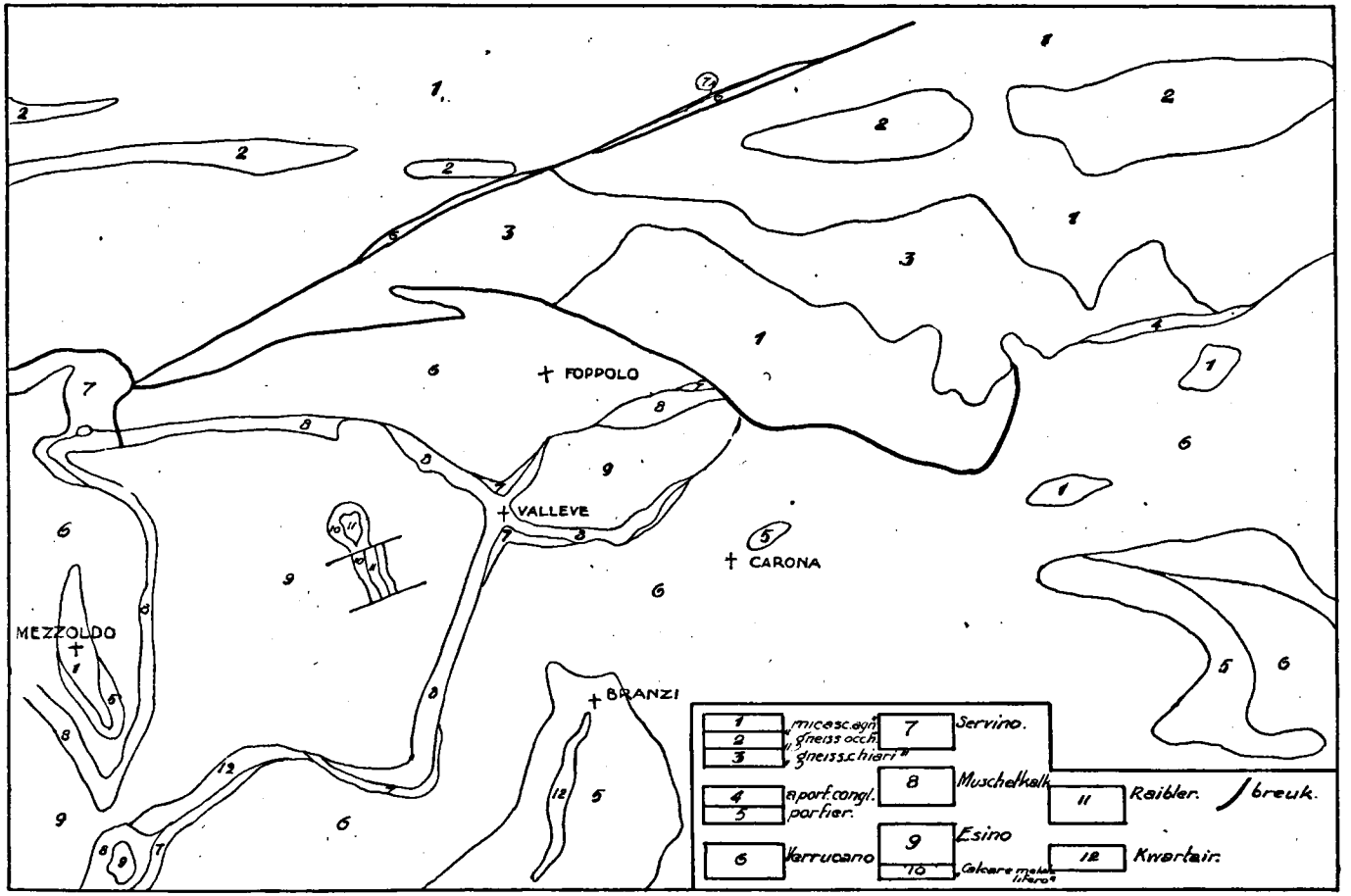


FIG. 3. SCHETS naar een gedeelte v/d GEOL. KAART v/d. BERGAMASKER ALPEN opgenomen door PORRO 1895-1901.

zera werden door KLOMPÉ wel schubben, o. a. met het oog op de geweldige dikte der tot de Collioserie te rekenen lagen, vermoed, maar niet op zijn kaart ingeteekend. Over het verloop van deze schubben kan ik niet oordeelen. Wel vermoed ik, dat zij veel vlakker liggen dan ten Oosten van de horizontale transversaalverschuiving van Terzera, omdat de culminatie van Mezzoldo nog vrij ver weg is. Later zal nader worden teruggekomen op de groote invloed, die de culminatie van den ondergrond op de vorming en de ligging van de schubben hebben uitgeoefend.

In het kort kan men zeggen, dat de breuk van Terzera een horizontale transversaalverschuiving is, die in het kristallijn ontstond en invloed heeft uitgeoefend op de ligging der sedimenten van de Permische-Onder Triadische schubstapel en van de Muschelkalk-Esino. Ten Westen van deze horizontale transversaalverschuiving komen vlak liggende schubben voor. Ten Oosten ervan enkele veel steiler staande schubben, die ten deele door de verschuivingszone-gesteenten van de Muschelkalk-Esino worden bedekt.

In de Muschelkalk-Esino zet de horizontale transversaalverschuiving zich ook nog voort, maar heeft dan reeds meer het karakter van een breuk, (M^te^ Begna, zie kaart Lit. 8).

Bij de bespreking van de horizontale transversaalverschuiving van Terzera kwam vanzelf één der grootè verschuivingszones, die in de sedimenten van de Bergamasker Alpen voorkomen, ter sprake. Reeds COSIJN vermoedde, dat de Servino, aan de basis van de Muschelkalk-Esino bij Cusio, een typisch „overschuivingszone''gesteente is, dat in verband kan worden gebracht met de Servinostrooken, die in de dalen van Mora en Mezzoldo de Muschelkalk begeleiden. JONG vermoedde, dat deze Servino verband houdt met de Servino, die aan de basis van de kalk-dolomietmassa's van de Monti Cavallo, Cavallino, Pegherolo en Secco, Vescovo en Valgussera aanwezig is. Ook KLOMPÉ is van hetzelfde gevoelen. Door het aantoonen van een verschuivingszone, ten Oosten en ten Noord-Oosten van de Passo San Simone, geloof ik wel gerechtigd te zijn de vermoedens, door COSIJN, JONG en KLOMPÉ geuit, te mogen bevestigen (Lit. 2, blz. 309; Lit. 7, blz. 98 en Lit. 8, blz. 297).

De verschuivingszone van de M^te^ Pegherolo-M^te^ Seccomassa kon geheel in kaart worden gebracht. Moeilijker was dit voor de Pizzo del Vescovo-M^te^Valgusseramassa. Ten Noorden van dit kalkcomplex is dan ook de grens van de verschuivingszone onder voorbehoud aangegeven.

In de Raibler, op den top van de M^te^ Secco en op de graat, die de M^te^ Secco met de M^te^ Pegherolo verbindt, geloof ik te doen te hebben met de laatste resten van de basis der Hauptdolomietverschuiving. De daartoe geschikt zijnde Raiblerlagen hebben als glijmiddel gefungeerd. Zooals uit de bespreking der Raibler door COSIJN blijkt, zijn vele horizonten in deze formatie aan te wijzen, die als glijmiddel zeer geschikt zijn (Lit. 2, blz. 291—298).

Op de toppen van het M^te^ Pegherolo-M^te^Seccocomplex is nog slechts de „Plattenkalk'', de Onderste-Raibler, voor de erosie gespaard gebleven (waarover later).

Wanneer men een verschuivingszone in de Raibler aan de basis

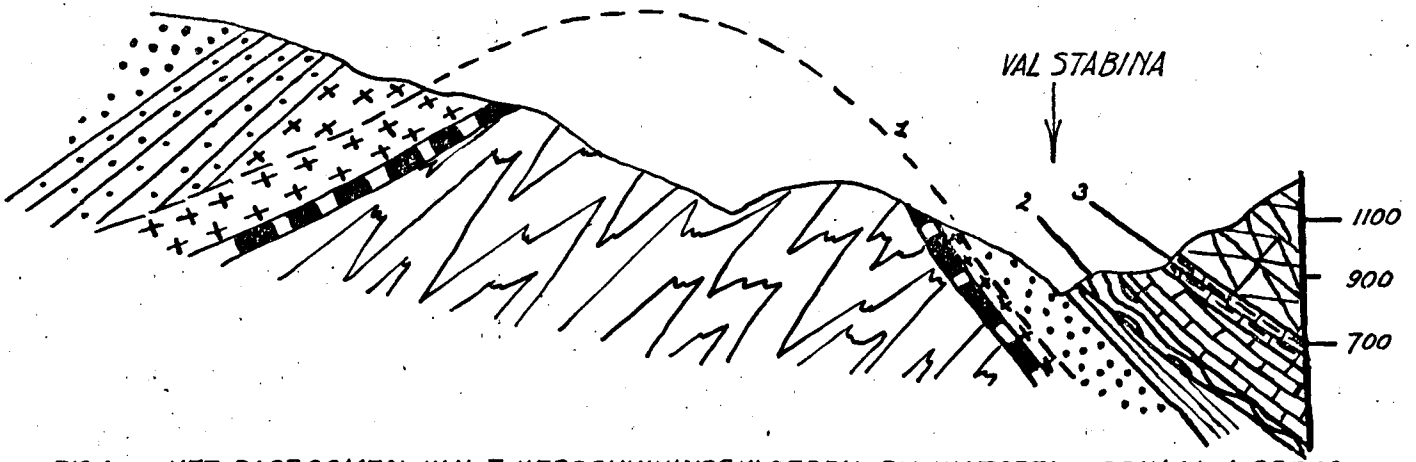


FIG.4. HET DAGZOOMEN VAN 3 VERSCHUIVINGSVLOEREN BY VALTORTA. SCHAAL 1:25.000

1. VERSCHUIVINGSVLOER VAN DE PERMISCHE-ONDERTRIADISCHE AFZETTINGEN
2. IDEM VAN DE MUSCHELKALK-ESINO.
3. IDEM VAN DE HAUPTDOLOMIET.

VERGELYK PROFIEL 2. LIT. 7

van de Hauptdolomiet aanneemt, kan men een goede verklaring geven voor het voorkomen van Hauptdolomiet boven Servino ten Zuiden van de lijn Valtorta-Ornica (Lit. 7, zie kaart). Door het plaatselijk niet aanwezig zijn der Raibler „Plattenkalk'' komen soms de op deze volgende bonte mergels en zandsteenen direct boven de Boven-Esino voor (Lit. 2, blz. 292). Deze mergels, soms ook tuffen enz. kunnen door de verschuiving sterk uitgewalsd zijn. Waarschijnlijk is dat ook het geval met de Raibler onder de Hauptdolomiet van de Corna Grande ten Zuiden van het Val Stabina.

Ten Zuiden van Valtorta geeft JONG achtereenvolgens Servino, Muschelkalk, Servino en Hauptdolomiet aan (zie kaart en profiel 2, Lit. 7). De door JONG voor Servino gehouden strook, tusschen de Muschelkalk en de Hauptdolomiet, bestaat waarschijnlijk uit tot de Raibler te rekenen gesteenten. COSIJN wijst erop en ik weet het ook uit eigen ervaring, dat het zeer moeilijk is, om de Servino van sommige zones uit de Raiblerlagen te onderscheiden (Lit. 2, blz. 295), vooral als zij in breuk- of verschuivingszones voorkomen.

De breuklijn, die JONG teekende tusschen de Servino (= Raibler) en Hauptdolomiet vervalt. De breuklijn tuschen de Servino (= Raibler) en de Muschelkalk is hier op te vatten als de grens van de verschuivingsvloer van de Hauptdolomiet. [BOERRIGTER zal meer mededeelen over de rol, die de Raiblerlagen gespeeld hebben, gelet op het voorkomen van de Noord-Zuid verloopende breuk, die de Hauptdolomiet in het Westen begrenst (Lit. 13, zie kaart) en het daarlangs optreden van partijtjes Raibler]. De grens van de Muschelkalk-Esinoverschuiving ligt in de Servino, die aan de basis van het Muschelkalkstrookje voorkomt. Door de erosie bedekt nu de Hauptdolomiet bijna de geheele Muschelkalk en Esino. Alleen het glijmiddel met een klein gedeelte van de Muschelkalk komt nog aan den dag (Lit. 7, zie kaart) ten Zuiden van de lijn Valtorta-Ornica. Ook PORRO gaf al ten Zuiden van Valtorta, Servino aan.

De verschuivingszone van de Muschelkalk-Esino zet zich dus onder de Hauptdolomiet voort en komt bij Cusio (reeds vermeld) en even ten Zuiden van de lijn Valtorta-Ornica weer te voorschijn. Bij Cusio en ten Zuiden van Valtorta komen kalken van het Muschelkalk-Esinotype voor. Op die plaatsen zijn gedeelten van de verschoven Muschelkalk-Esino nog te zien. Vanaf Averara tot aan Valtorta liggen de grenzen van de verschuivingsvloeren der Muschelkalk-Esino en Hauptdolomiet zeer dicht bij elkaar. Ten Zuiden van de lijn Ornica-Valtorta en bij Cusio dagzoomen zij beiden. De breuk, die van Valtorta naar Baiedo verloopt (Lit. 13, zie kaart), is vermoedelijk geen voortzetting van de grens van den verschuivingsvloer, die bij de Hauptdolomiet behoort, maar van de grens van den Muschelkalk-Esinoverschuivingsvloer. Er treedt bij de breuklijn tusschen Valtorta en Baiedo nog een complicatie op, waar ik hier niet verder op wil ingaan. BOERRIGTER zal ook daarover meer mededeelen.

Fig. 4 toont U de veranderingen, die in verband met het bovenstaande in het N-S profiel 2 (Lit. 7) van JONG zijn aangebracht.

C. De rol van de porfierserie.

Alvorens tot een bespreking van de rol, die de porfierserie in de tektoniek van dit Alpengebied heeft gespeeld, te kunnen overgaan, is het noodzakelijk eerst in korte trekken de tektoniek van de Permische-Onder Triadische afzettingen te behandelen. Later wordt hier nader op teruggekomen.

Wanneer men de kaart met het overeenkomstig gedeelte van de kaart van PORRO (Lit. 13 of fig. 3) vergelijkt, valt het op, dat de Servino veel meer voorkomt dan PORRO aangeeft. Dit vindt zijn oorzaak in het feit, dat PORRO eerst dan Servino karteerde, als er ook werkelijk fossielen gevonden waren (Lit. 13, Lit. 7, blz. 79, Lit. 15, blz. 117). Zooals bijv. op de Zuidhellingen van de Pizzo Tre Signori in de buurt van Valtorta en Valletto, waar hij een strookje Servino in de „conglomerati ad arenarie a Porfido" (= konglomeraten met porfierrolsteenen) aangeeft (Lit. 13, zie kaart).

Ook nu weer zijn de echte konglomeraten en Sernifieten tezamengevoegd, zooals reeds in Hoofdstuk I te vinden is, omdat op verschillende plaatsen duidelijk is waar te nemen, dat de echte konglomeraten langzaam in fijngelaagde Sernifieten overgaan en dat zij doorelkaar voorkomen. De gesteenten, die tusschen de Verrucano en de porfierserie optreden, de z.g. Colliolagen, zijn eveneens wederom apart in kaart gebracht.

Wanneer men de stratigrafische eenheden, Servino, Verrucano en Collio afzonderlijk gekarteerd heeft, merkt men op, dat in de door PORRO op zijn kaart aangegeven „Conglomerati ad arenarie a Porfido", nu een vrij regelmatige afwisseling dezer formaties optreedt. Men heeft ook hier weer te maken met een schubstruktuur, zooals door COSIJN ten Zuiden van de Piano dell'Avaro, door JONG in het geheele Perm.-Onder Triasgebied, ten Noorden van het Val Stabina, door KLOMPÉ vnl. in de ten Oosten van de welving van Salmurano gelegen Permische-Onder Triadische afzettingen, werd aangetoond.

Reeds uit hetgeen onder B werd medegedeeld bleek, dat door een culminatie in den ondergrond der sedimentserieën, de schubben worden beinvloed en wel zoo, dat zij een grootere helling hebben als zij dicht bij een culminatie zijn gelegen dan wanneer zij, zooals ten Westen van de horizontale transversaalverschuiving van Terzera, er vrij ver van verwijderd zijn. Bij beschouwing van het tectonogram (fig. 9) bemerkt men, dat de opschuivingen, die behooren bij schub a V en a VI zeer steil staan (gebied ten Noord-Oosten van Carona). Er is hier, weliswaar, zooals in de W-E profielen C en D uitkomt, een kleine culminatie in den ondergrond aanwezig, doch deze alleen zou niet in staat geweest zijn, een dergelijke steile stand der opschuivingen te veroorzaken. De porfier, in de groote depressie, waarin, naar het Oosten, de culminatie overgaat, hielp mede de weerstand sterk te vergrooten, deed, als 't ware, dienst als culminatie van het grondgebergte (porfierculminatie van Porta).

Bij de bestudeering van de hier op de kaart aangegeven richtingen en hellingen valt op, dat de Colliolagen op de meeste plaatsen tegen

de porfier van Porta opstaan. Echter heeft de porfier, in het Zuid-Oosten, de Collio overschoven. Hieruit volgt, dat de porfierserie nog aan de schubvorming in de Permische-Onder Triadische afzettingen meedeed. De vermoedens van JONG (Lit. 7, blz. 99), omtrent de rol van de porfierserie zijn in hoofdzaak juist gebleken.

Ten deele doet de porfierserie aan de schubvorming mede, ten deele vervult zij de rol van den kristallijnen ondergrond.

De consequenties leiden tot het bestaan van min of meer duidelijke discordanties tusschen de Collioserie en de porfier en tusschen de porfier en het kristallijn. Men kan deze consequenties gerust aanvaarden, temeer daar nog enkele feiten in die richting wijzen.

Dat er een beweging van de Collio ten opzichte van de porfier heeft plaats gehad, is onomstootelijk bewezen door de ligging van de Colliolagen om de porfier van Porta. Dat er glijdende bewegingen konden plaats vinden, bewijst de aard van de gesteenten aan de basis van de echte Collio. Men treft daar n.l. de reeds in Hoofdstuk I besproken tuffieten aan, die nu eens meer, dan weer minder ontwikkeld zijn. Men moet niet gelooven, dat in de tuffieten een aaneengesloten verschuivingszone ligt, maar in de schubben hadden bewegingen plaats tusschen de porfier en de sedimenten jonger dan de porfier, met behulp van de tuffiet, die als glijmiddel dienst deed. Niet overal, in elke schub, gebeurde iets dergelijks, afgezien van het feit, dat soms de porfierserie heel dun of zelfs niet aanwezig is. In het dal van Mezzoldo bijv. gaan zelfs de porfieren, door middel van de konglomeratische en psammitische tuffieten, onmerkbaar in de Collio over, hetgeen te verklaren is, doordat de schubben daar vrij vlak liggen. In het Val Mora daarentegen ziet men wel degelijk een discordantie. De schubben staan daar steil (Lit. 8, blz. 296).

Hoe intensiever de schubvorming in de Permische-Onder Triadische afzettingen plaats vond, zooveel te duidelijker treedt de discordantie tusschen de Collio en de porfier op den voorgrond.

De schubben gaan in de porfierserie door. Er heeft dan ook, dat volgt hieruit, een beweging tusschen de porfierserie en het kristallijn plaats gehad. Deze, eveneens een glijdende beweging behoeft evenmin overal even groot geweest te zijn ja, dat zou zelfs, volgens het hierboven gezegde, onwaarschijnlijk zijn. Ook COSLIJN, JONG en KLOMPÉ gelooven, o. a. op grond van de mylonitiseering der direct onder de porfierserie volgende kristallijne schisten, benevens op grond van het voorkomen van basale tuffoïden, aan een beweging van de porfier over het kristallijn. In het door mij onderzochte gebied wordt nergens de porfierserie in contact met het kristallijn gevonden, doch een anormaal contact tusschen deze beiden, ontstaan door de schubvorming, is voor de geheele Bergamasker Alpen waarschijnlijk.

Het voorgaande in 't kort samengevat, leert ons het volgende: Er bestaan twee overschuivingen in het kristallijn en één van het kristallijn op de sedimenten van de Bergamasker Alpen. Verder een verschuiving van de Permische-Onder Triadische sedimenten, die in zich zelf een schubstruktuur vertoonen, over het grondgebergte en wel zoo, dat de basis van de porfierserie, voor zoover aanwezig, geen aaneengesloten

verschuivingsvloer ten opzichte van het grondgebergte vormt, terwijl de sedimenten jonger dan de porfier, door middel van de tuffieten, aan de basis van de Collioserie, weer ten opzichte van de porfier, in elke schub afzonderlijk, verschoven zijn.

Dan merkt men nog op, een verschuiving van de Muschelkalk-Esino ten opzichte van de Permische schubstapel en wel zoo, dat de Servino, voor een deel, als glijmiddel dienst deed, en, voor een ander deel, nog aan de schubvorming mededeed.

Vervolgens is vermeld, dat ook een deel der Raiblerlagen fungeerde als glijmiddel van de Hauptdolomiet. Vermoedelijk vormt ook een gedeelte van het Rhät een verschuivingszone. Tot nu toe ontbreken te dien opzichte de noodige gegevens.

Gevolgtrekking: *In de sedimentpakketten van de Bergamasker Alpen hadden bewegingen plaats van Noord naar Zuid langs zones, die geschikt waren om als glijmiddel dienst te doen.* [Vorming van aaneengesloten verschuivingsvloeren in deelen van de Servino en de Raibler, terwijl aan de basis van de Collio- en de porfierserie eveneens glijdende bewegingen plaats vonden. Daar konden echter geen aangesloten verschuivingsvloeren worden gevormd, ten deele omdat het materiaal niet plastisch genoeg was, ten deele door de tektoniek van de Permische-Onder Triadische schubstapel.]

D. De invloed van de culminaties en depressies in het grondgebergte op de tektoniek van de sedimentpakketten.

Reeds met een enkel woord werd melding gemaakt van de invloed der culminaties op de helling der opschuivingvlakken, die de schubben begrenzen, in de Permische-Onder Triadische afzettingen. Daar, waar een culminatie in den ondergond bestaat, hebben de opschuivingsvlakken der schubben in den regel een grootere helling dan daar, waar een depressie aanwezig is. In sommige gevallen, zooals onder C is uitgelegd, vergroot de porfierserie de culminatie soms in niet geringe mate. Behalve op het hellen der opschuivingsvlakken, hebben de welvingen en inzinkingen nog een andere invloed.

a. De horizontale transversaalverschuiving van Maiocco.

Wanneer men het stroomgebied der beekjes bezoekt, ten Noorden van Maiocco (dal van Carona), die hun water enz. in de Carisole storten, valt het eerst de ongelijke hoogte op, waarop de Verrucano, aan weerszijden van de meest Zuidelijk gelegen beek, vast wordt aangetroffen. Onmiskenbaar is dit door een transversaalverschuiving veroorzaakt.

Volgt men in Oostelijke richting de breuk, dan worden, zooals op het kaartje (fig. 5) is aangegeven, enkele verschillen in richting en helling der Colliolagen waargenomen. Daarenboven treft men gesteenten aan, ongeveer daar, waar de beekjes met de Carisole samenkomen, die drukverschijnselen vertoonen. Het zijn leikleurige zandsteenen met vele, door kwarts en calciet opgevulde breukjes, terwijl veel limoniet aanwezig is.

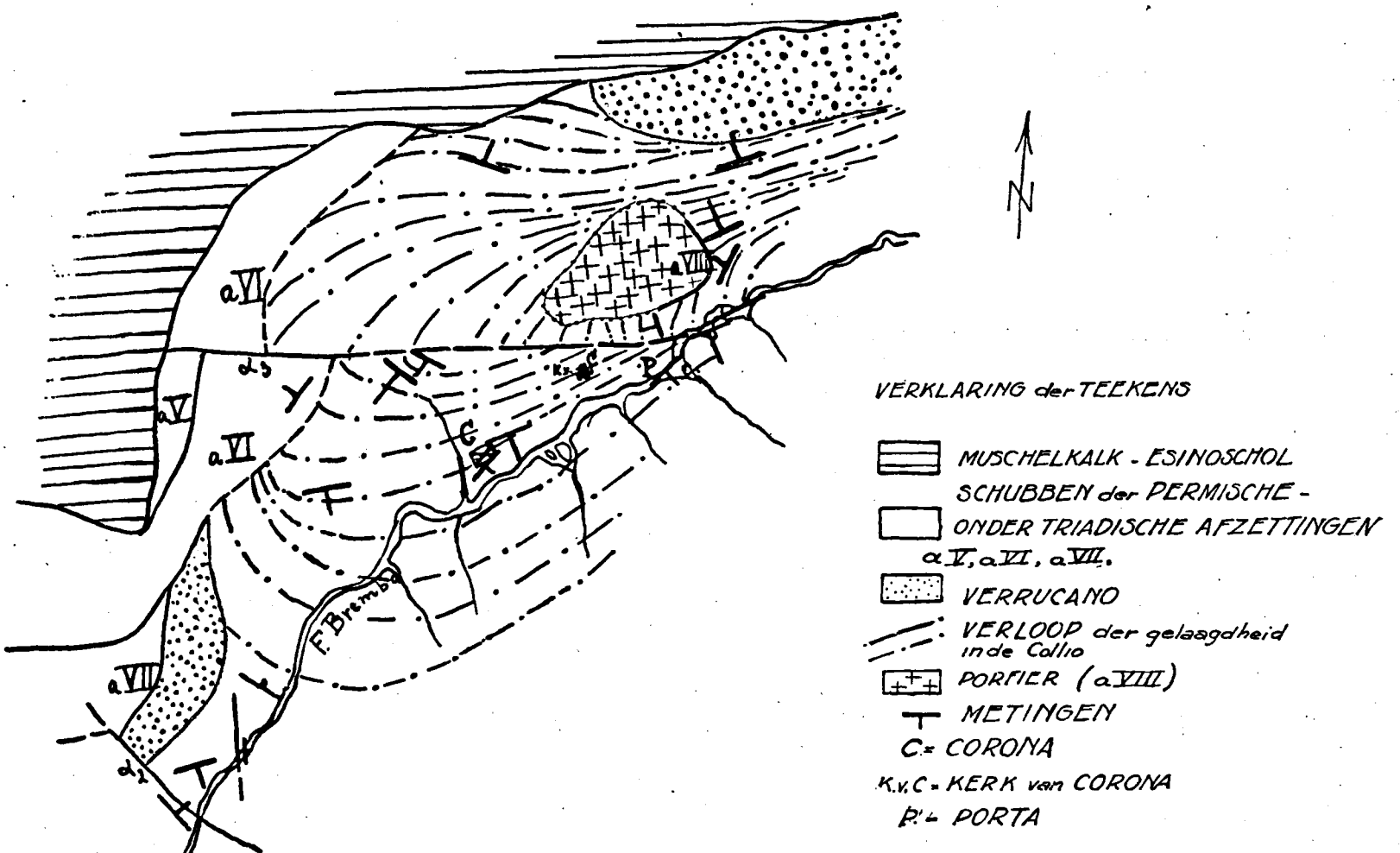


FIG. 5 DE LIGGING VAN DE COLLIO OM DE PORFIERCULMINATIE VAN PORTA IN HET DAL VAN CORONA
SCHAAL 1:25.000

Eerst later, na een nauwkeurige studie van de verschillende richtingen en hellingen in dit Colliogebied, kon de horizontale transversaalverschuiving verder Oostwaarts worden ingeteekend. Bij beschouwing van het kaartje (fig. 5) merkt men op, dat ten Zuiden van de transversaalverschuiving bij sterk wisselen van de richting der gelaagdheid, nooit een, naar de transversaalverschuiving toe, gerichte helling werd opgemerkt. Evenmin ten Noorden ervan. Men ziet, uit het verloop der richtingen, dat de Colliolagen koepelvormig liggen om de porfier van Porta, met uitzondering van het gedeelte ten Zuid-Oosten van deze porfier, omdat daar de porfier op de Collio geschoven ligt.

Door de horizontale transversaalverschuiving van Maiocco wordt het geheel in twee ongeveer halfkoepelvormige deelen verdeeld en wel zoo, dat het stuk ten Zuiden van de transversaalverschuiving verder Oostwaarts verschoven is, dan het ten Noorden ervan liggend stuk.

Het ontstaan van deze horizontale transversaalverschuiving vindt zijn oorzaak in een verschil in weerstand van den kristallijnen ondergrond. Blijkbaar was ten Noorden van de horizontale transversaalverschuiving de weerstand het grootst. De weerstand daar werd gevormd door een kleine welving van den ondergrond, sterk vergroot door de daarachter gelegen porfiermassa van Porta, die eigelijk in een depressie van het kristallijn ligt (zie profiel C).

Door de verschillen in de weerstanden, de verdeeling van de culminaties en depressies, konden de opschuivingen niet overal vrij doorgaan in de oorspronkelijke bewegingsrichting. Bepaalde gedeelten van de opschuivingen gingen door een culminatie in het kristallijn steiler staan, de weerstand werd grooter. Andere deelen van deze opschuivingen konden nog verder doorgaan, doordat voor die deelen bijv. juist geen culminatie of een lager gedeelte eener culminatie, een weerstand vormde .

De opschuivingen in de Permische-Onder Triadische afzettingen vormen de grensvlakken tusschen de achterelkaargelegen schubben. Men kan zich voorstellen, dat bepaalde stukken der schubben verder schoven dan de rest juist omdat de opschuivingen die bij de schubben behooren, plaatselijk minder weerstand ontmoetten en dus minder helling hebben. Het gevolg was, dat er transversaalverschuivingen in de schubben werden gevormd en dat bijna alle opschuivingsvlakken in de Permische-Onder Triadische sedimenten een golvend verloop bezitten. Alleen als de verschillen in weerstand groot werden, zijn transversaalverschuivingen ontstaan.

Men moet aannemen, dat de opschuivingen, de schubben dus, na elkaar zijn ontstaan. Hieruit volgt, dat ook na elkaar, in een, tusschen twee opschuivingen in gelegen pakket sedimenten, in elke schub dus, een bepaalde vergrooting of verkleining van den weerstand haar invloed heeft doen gelden. Zoo'n horizontale transversaalverschuiving in de Permische-Onder Triadische schubstapel heeft dus geen rechtlijnig verloop, maar bestaat uit een reeks van achter elkaar gelegen kleine transversaalverschuivingen, die alle ongeveer dezelfde richting hebben.

b. De horizontale transversaalverschuiving van de Cava d'Ardesia.

Deze verschuiving is duidelijk te zien even nadat men door het tunneltje voor de Cava d'Ardesia, komende uit de richting Branzi, gegaan is. Jammer genoeg kon deze breuk niet ver in de Verrucano vervolgd worden. Zooals de kaart leert, zijn de schubben ten Oosten van de breuk iets verder geschoven dan ten Westen ervan. Blijkbaar was de weerstand in het Westen iets grooter. Men zou vermoeden, dat de uitlooper van de groote culminatie van Trabuchello, ten Westen van de breuk, een veel grootere weerstand zou vormen, maar de Collioserie bedekt hier de, in Oostelijke richting, weer dikker wordende porfierserie ongeveer konkordant en hielp mede de weerstand te vergrooten in dier mate, dat ten Westen van de breuk (= hor. transversaalverschuiving) nog maar juist een iets grooter weerstand aanwezig was dan ten Oosten ervan. Daarbij komt nog, dat het kristallijn ook weer wat hooger kwam te liggen, zooals profiel D laat zien.

Dat de Collioserie, in hooge mate de invloed van den druk ondervonden heeft, bewijst het golvend verloop der laagvlakken (zie profiel VII).

Gezien het kleine bedrag der horizontale verplaatsing, mag wel worden verondersteld, dat al waren andere gesteenten dan alleen Verrucano, ten Noorden van de Cava d'Ardesia, ontsloten, de horizontale transversaalverschuiving niet ver meer te vervolgen zou zijn.

c. Het breuksysteem Valleve-Branzi.

Dit breuksysteem moet als een reeks achter elkaar gelegen transversaalverschuivingen worden beschouwd. Vanuit Valleve komend, ziet men, even voorbij de kerk tot voor de brug over de Brembo, langs den weg in de Colliolagen, drie vrij groote breukvlakken op eenige afstand van elkaar gelegen. Zij hebben nagenoeg dezelfde richtingen en hellingen. Deze drie breukvlakken behooren bij elkaar. Vermoedelijk gaat deze breuk door in de Servino van de verschuivingszone der Muschelkalk-Esino.

Vlak bij de brug over de Brembo is de ligging der gesteenten ingewikkelder. De Servino van één der schubben is aan den linkerkant van de Brembo reeds ontsloten, terwijl aan den rechterkant de Colliolagen van de volgende schub nog gevonden worden. Waarschijnlijk is dit door een dwarsbreukje veroorzaakt. Gaat men den weg verder af, dan ontmoet men vervolgens Boven-Servino tusschen andere deelen van de Servinoserie gelegen. Het kan niet anders zijn of twee soorten Servino van dezelfde schub zijn met elkaar in anormaal contact onder invloed nog van genoemd dwarsbreukje. Verder den weg afgaand, ontmoet men verscheidene mergels en kleileien van de Servino. Te midden van deze mergels enz. ligt een zeer kleine Verrucanomassa, die o. a. aanleiding gaf om de Servino hier te beschouwen als te behooren tot twee schubben. Vervolgens treft men wederom konglomeraat aan en daarna een breukvlak in Servino aan. Het Verrucanokonglomeraat kan men vanaf den weg als een wigvormig verloopend strookje in de Brembo vervolgen te midden van Servino. Zooals de kaart aangeeft, teekende

ik in de Servino een ± Noord-Zuid verloopende breuklijn en een kleine dwarsbreuk, die naar het Oosten vervolgd kon worden over een geringe afstand in een klein zijdal, dat hier den weg bereikt. Naar het Westen wordt dit breukje door het wigvormig strookje Verrucano verraden. Ook de Noordgrens van de meer Zuidelijk voorkomende Verrucano wijst hier op het bestaan van een dwarsbreuk. De Noord-Zuid verloopende breuk vormt de Oostgrens van het Verrucanostrookje. Dan, verder den weg af, kwam Verrucano langs den weg voor, terwijl de Brembo door Servino stroomt. Hier en daar konden breukvlakken worden waargenomen, die alle ongeveer in dezelfde richting loopen en ± dezelfde hellingen hebben.

Daar waar de Colliolagen weer aan den weg ontsloten zijn, schijnt het alsof het breuksysteem verdwenen is en geruimen tijd meende ik dat ook. Doch door het voorkomen van wrijfzones en breukvlakken in de porfierserie even ten Noorden van Branzi, alsmede door het verloop der grenzen van de Collio ten opzichte van de Verrucano en van de porfierserie ten opzichte van de Collio besloot ik, tot het aannemen van nog een breukvlak, dat zich in de porfierserie voortzet.

d. Breuken in de kalken.

Men kan onderscheiden de kalk-dolomietmassa's ten Westen en ten Oosten van de Brembo.

1°. De kalk-dolomietmassa's ten Westen van de Brembo liggen, zooals de profielen demonstreeren, in een duidelijke depressie, die ten Oosten van de Brembo liggen in een depressie op de Zuidvleugel van de ingewikkelde culminatie van Foppolo. Deze Zuidvleugel heeft een depressie in Noord-Zuidrichting, die naar het Zuiden steeds sterker geprononceerd wordt om later weer te vervlakken en in de Noordelijke uitlooper van de culminatie van Trabuchello over te gaan.

In het dal van de Brembo di Foppolo bij Valleve is een Noord-Zuid verloopende breuk geteekend, die de kalken van de Pizzo del Vescovo-M^te^ Valgussera van die der M^te^ Pegherolo-M^te^ Secco scheidt. Deze breuk dankt haar ontstaan aan het feit, dat het Oostelijk deel van de M^te^ Pegherolo-M^te^ Seccomassa nog juist over de meest westelijk gelegen Noord-Zuid gerichte welving van de Zuidvleugel van de ingewikkelde culminatie van Foppolo schoof.

De breuk, die ontstond dankt haar ontstaan aan de verdeeling der culminaties en depressies in het grondgebergte (zie profiel C). Deze breuk heeft dus eigenlijk dezelfde ontstaanswijze als de serie achter elkaar gelegen transversaalverschuivingen in de Permische-Onder Triadische afzettingen tusschen Valleve en Branzi.

2°. In het kalk-dolomietmassief, Pizzo del Vescovo-M^te^ Valgussera, verloopt een breuk in Noordwest-Zuidoostrichting. Deze breuk is eveneens op te vatten als te zijn ontstaan door de verdeeling der welvingen en inzinkingen van het grondgebergte (zie profiel VIII). Deze breuk is dus door dezelfde oorzaak ontstaan als de horizontale transversaalverschuiving van Maiocco.

Hoe de samenhang van deze breuken in de kalken met de horizontale transversaalverschuivingen van de Permische-Onder Triadische schubstapel is, kan ik slechts vermoeden. Waarschijnlijk zijn, door de gesteldheid van de gesteenten in de verschuivingszone der Muschelkalk-Esino, geen duidelijke breukvlakken, die de breuken in de kalken met de horizontale transversaalverschuivingen van de schubstapel verbinden, aanwezig. Er is dan ook niet getracht in de profielen verbindingsvlakken, tusschen de breuken in de kalken en de horizontale transversaalverschuivingen in de Permische schubstapel, samen te stellen. Wel is bijv. in profiel C te zien, dat de Servino der verschuivingszone de invloed der bewegingen ondervond.

Alvorens over te gaan tot de behandeling der schubben, die, zooals later zal worden uitgelegd, eigenlijk ontstaan zijn door het aanwezig zijn der culminaties, zal eerst nader op de ligging en het onderling verband der welvingen en inzinkingen worden ingegaan.

E. De culminaties en depressies van het grondgebergte.

Reeds is het een en ander over de culminaties en depressies van den ondergrond der sedimenten in 't algemeen gezegd. Gebleken is, uit het voorgaande en uit de profielen, dat het grondgebergte enkele grootere en kleinere welvingen en inzinkingen vertoont, die min of meer met elkaar verband houden.

Uit de werken van Porro en Cacciamali is het al bekend geworden, dat de groote „anticlinalen" met secundaire depressies en culminaties een groote invloed uitgeoefend hebben op de tektoniek van de Bergamasker Alpen. Cacciamali vermoedde reeds, dat de groote anticlinale, Val Sassina, Ornica, Caprile en Mezzoldo enz. nog een culminatie heeft in het dal van Foppolo. In principe is dit juist gebleken. Maar de welving van Foppolo is geen eenvoudig culminatie, doch een groote welving, die in zich weer enkele secundaire culminaties en depressies vertoont.

De culminatie van Mezzoldo gaat naar het Oosten in een depressie over waarin de kalken en dolomieten van de M^{te} Pegherolo enz. zijn blijven liggen. Waarschijnlijk loopt de culminatie van Mezzoldo in Noord-Oostelijke richting onder de kalken voort. Misschien speelde ook de horizontale transversaalverschuiving van Terzera hier een rol. Hoe het ook zij, in het Westen van het onderzochte gebied, ten Noorden en ten deele nog onder de kalken ligt een welving, die in Oostelijke richting doorgaat en dan de ingewikkelde culminatie van Foppolo vormt. In deze groote welving van Foppolo zijn vermoedelijk enkele min of meer Oost-West gerichte secundaire welvingen voorhanden met, daar tusschen in, een, naar het Oosten en Westen, steeds flauwer wordende inzinking. Onder het kristallijn van de M^{te} Toro en onder de verschuivingszone der kalken van M^{te} Pegherolo-M^{te} Secco is waarschijnlijk nog slechts één welving, zonder veel belangrijke secundaire welvingen en inzinkingen, aanwezig. De zuidelijkst gelegen secundaire culminatie van de culminatie van Foppolo verloopt ongeveer sikkelvormig en het Colliovenster van Chignolo alto en basso dankt er zijn ontstaan aan.

De depressie van de M^te^ Pegherolo en de M^te^ Secco vormt, naar het Oosten gaande, ongeveer onder het Brembodal tusschen Valleve en Branzi een ± Noord-Zuid loopende langgerekte welving die tegelijk de meest Westelijk gelegen welving op de Zuidvleugel van de culminatie van Foppolo is.

Zooals reeds eerder gemeld werd, bij de bespreking van de breukbewegingen in de kalken (D. *d.*), is op de Zuidvleugel van de culminatie van Foppolo een depressie aanwezig, die naar het Zuiden in grootte toeneemt om daarna, nog verder Zuidwaarts, ter hoogte van Branzi te vervlakken en in de uitlooper van de culminatie van Trabuchello, een culminatie op de groote „anticlinale" Branzi-Fiumenero, over te gaan. De ingewikkelde culminatie van Foppolo is de voortzetting van den grooten rug in het kristallijn, Val Sassina-Ornica-Caprile-Mezzoldo. De synclinale, gelegen tusschen deze groote welving en die van Branzi-Fiumenero ligt in het onderzochte gebied onder de kalk-dolomietmassa M^te^ Pegherolo-M^te^ Secco. Deze gaat na enkele, vermoedelijk drie, langgerekte (Noord-Zuid) welvingen, die op de Zuidvleugel van de ingewikkelde culminatie van Foppolo beginnen, in de depressie van Carona over.

F. Over de schubvorming in de Permische-Onder Triadische afzettingen, de met schubben te vergelijken vormingen in de Muschelkalk-Esino en de breuken in de Raibler.

Over de oorzaak der schubvorming in de Permische-Onder Triadische afzettingen hebben Cosijn, Jong en Klompé hun meeningen ten beste gegeven (Lit. 2, blz. 309, Lit. 7 blz. 98, Lit. 8, blz. 311). Cosijn en Jong zochten de verklaring in de overschuiving van het Triasdek. Deze overschuiving zou de oorzaak zijn van de schubstruktuur in het Permdek (Permdek en Triasdek zijn namen, die Cosijn en Jong voor de Permische-Onder Triadische schubstapel en voor de verschoven sedimenten jonger dan de Servino gebruikten). Klompé schrijft aan het Noordelijk gelegen kristallijn een groote invloed toe. Zeer zeker heeft het kristallijn de druk geleverd en is primair de oorzaak van het ontstaan der schubben. Het verloop der opschuivingen, die de schubben begrenzen, wordt echter bepaald door de culminaties en depressies van het grondgebergte (zie het tectonogram).

Onder C. is gezegd, dat er in de sedimentpakketten zones aanwezig zijn, die als glijmiddel konden dienen en dan ook horizontale verschuivingen hebben veroorzaakt. Wanneer men de sedimenten in hun geheel beschouwt, dan onderscheidt men verschillende pakketten, die ten opzichte van elkaar verschoven zijn, doch alle van Noord naar Zuid. In de Permische-Onder Triadische afzettingen is een duidelijke schubstruktuur waargenomen, terwijl in de Muschelkalk-Esinomassa's eveneens opschuivingen zijn opgemerkt, die echter door den aard der gesteenten minder duidelijk te vervolgen zijn. Cosijn teekende reeds een aantal lepelvormige opschuivingen in de Muschelkalk-Esino in het gebied van de Valli di Olmo al Brembo, terwijl ook in de kalken van

de M^te Pegherolo-M^te Secco en van de Pizzo del Vescovo-M^te Valgussera opschuivingen zijn geconstateerd.

Er bestaat dus in de verschoven Muschelkalk-Esinomassa een serie opschuivingen, die gelijk te stellen is — zeer zeker door dezelfde oorzaak ontstaan — aan de serie opschuivingen in de Permische-Onder Triadische schubstapel.

Samenvattend kan men dus het volgende vaststellen: In de sedimenten van de Bergamasker Alpen hebben verschillende bewegingen plaats gevonden door dezelfde kracht. 1°. Bewegingen van sedimentpakketten ten opzichte van elkaar door middel van sedimenten, die als glijmiddel konden dienen. 2°. Opschuivende bewegingen in de sedimenten, die tusschen twee verschuivingszones liggen. 3°. Breukbewegingen in de sedimentpakketten tengevolge van de verdeeling der culminaties en depressies in het grondgebergte.

De bewegingen onder 1°. genoemd, doen zich in het veld voor als verschuivingszones. Die onder 2°. genoemd vormden de schubstruktuur in de Permische-Onder Triadische afzettingen en de opschuivingen in de Muschelkalk-Esino. Die onder 3°. genoemd, de transversaalverschuivingen in de Permische-Onder Triadische schubstapel en de, daaraan gelijk te stellen, breuken in de Muschelkalk-Esino.

Over de verschuivingszones, de transversaalverschuivingen en daarmee gelijk te stellen breuken is reeds gesproken. Nog blijft over de opschuivingen, dus de schubben, van de schubstapel en de opschuivingen in de Muschelkalk-Esino te behandelen. Bij de laatste zullen ook de breuken in de Raibler ter sprake komen.

a. De opschuivingen in de Permische-Onder Triadische afzettingen.

Ten Oosten van de lijn Passo di Piadavalle-Passo San Simone-Passo del M^te Col zijn in de Permische-Onder Triadische sedimenten verschillende achter elkaar gelegen opschuivingen waargenomen, die de schubstruktuur in het leven riepen. Deze opschuivingen hebben over 't algemeen een eenigszins Noordwest-Zuidoost gericht verloop. Plaatselijk liggen zij zeer dicht bij elkaar, soms zelfs ten deele over elkaar (zie kaart). Het komt voor, dat een opschuiving verdwijnt, tegen een volgende oploopt (schub a VII ten opzichte van a VI). Ook kan het voorkomen, dat een opschuiving slechts tot de oudste deelen van het Perm beperkt is (schub a VIII).

Bijna nergens waren de opschuivingen werkelijk te zien. Om hun dagzoomen vast te stellen werd vnl. afgegaan op het verloop van de stratigrafische eenheden Servino, Verrucano, Collio en porfier. Normaal zijn, in elke schub afzonderlijk, deze eenheden voorhanden. Op vele plaatsen echter liggen de schubben zoodanig, dat slechts enkele dezer eenheden of slechts één eenheid dagzoomen. Het is dan dikwijls zeer lastig de dagzoom, de grens, der opschuiving vast te stellen. Bijv. was dit het geval in de Servino bij Teggie en Piano en in de Verrucano bij Caprini en ten Noorden van Carnello. Bij Teggie en Piano behoort de Servino tot twee schubben. Bij Caprini en Carnello is dat zoo met de Verrucano. Het inteekenen van de grens der opschuiving bij Teggie en Piano volgde uit de constructie der profielen. De opschuiving van

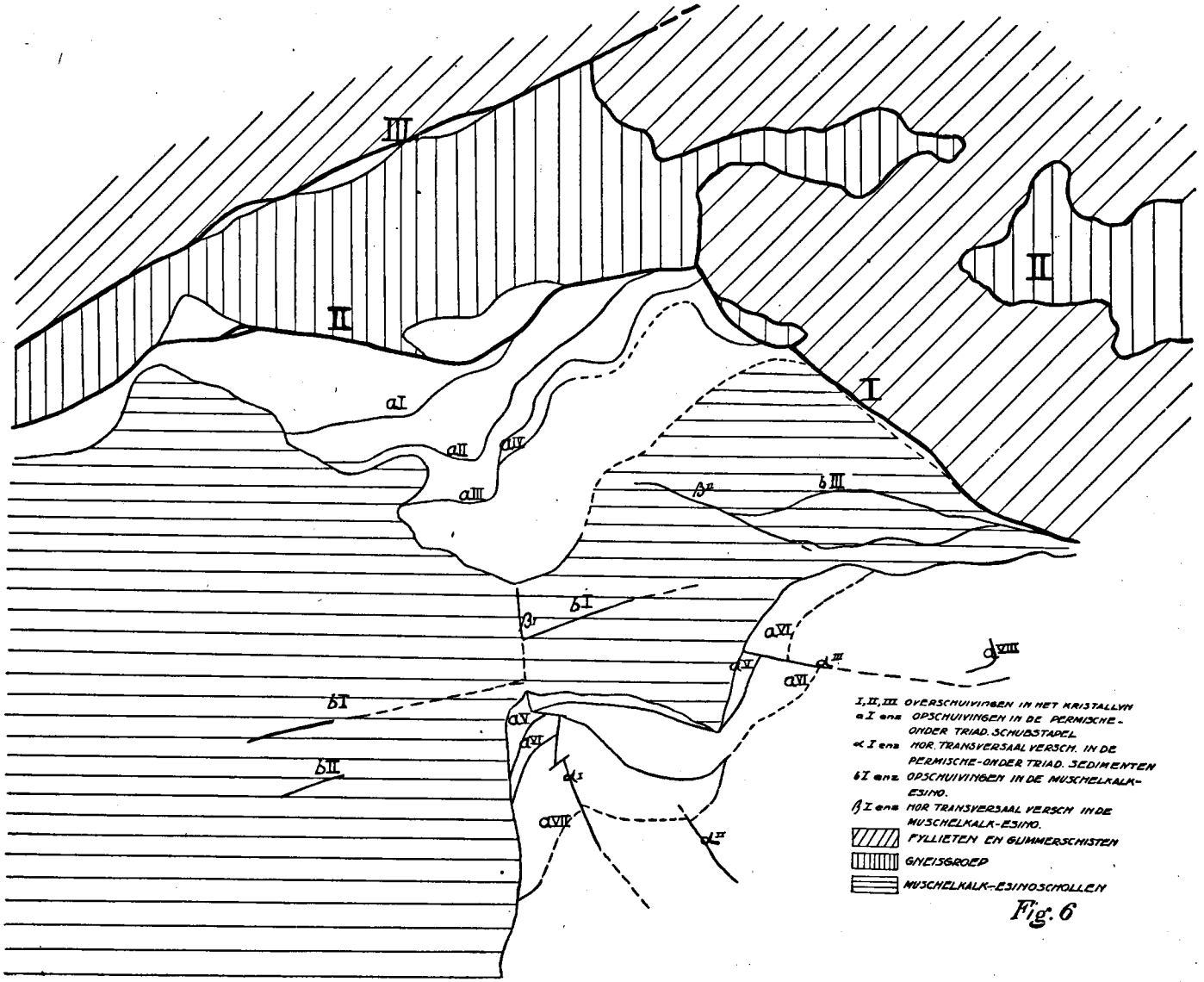

III
II
I
II
aI
aII
aIV
aIII
bIII
bI
bII
aVI
aV
aVII
I, II, III OVERSCHUIVINGEN IN HET KRISTALLYN
aI en z OPSCHUIVINGEN IN DE PERMISCHE-ONDER TRIAD. SCHUBSTAPEL
α I en z HOR. TRANSVERSAAL VERSCH. IN DE PERMISCHE-ONDER TRIAD. SEDIMENTEN
bI en z OPSCHUIVINGEN IN DE MUSCHELKALK-ESINO.
β I en z HOR TRANSVERSAAL VERSCH IN DE MUSCHELKALK-ESINO.
PYLLIETEN EN GLIMMERSCHISTEN
GNEISGROEP
MUSCHELKALK-ESINOSCHOLLEN

Fig. 6

Carnello kon worden vastgesteld, na een bezoek aan een „galleria", die daar op ± vier meter diepte, gerekend loodrecht op de topografische helling, onder de aardoppervlakte verloopt. In de „galleria" werd Servino gevonden. Wanneer geen opschuiving zou bestaan, kan men het aantreffen van Servino niet verklaren, evenmin de geweldige dikte van de Verrucano. Toen ik later, ten Noord-Oosten van de Croce del Col, nog een in de Verrucano wigvormig toeloopend Servinovoorkomen ontdekte benevens, in de beek bij Prati, een passend breukvlak in de Verrucano, aarzelde ik niet langer om deze vondsten met het optreden van Servino in de „galleria" in verband te brengen. Zoo ontstond de grens der opschuiving, die ten Noorden langs de wigvormig toeloopende Servinomassa, gelegen ten Noord-Oosten van de Croce del Col naar Prati loopt en aan de andere zijde van de Brembo volgens de zwarte streeplijn verder gaat.

Het verloop van de verschillende schubben (fig. 6).

Schub a I. Passo San Simone—Forno—Stalle Ortino—Zuidhellingen van de M^te^ Arete. (Verrucano en Servino aan de oppervlakte). Ten Oosten en ten Noord-Oosten van de Passo San Simone, tot aan de Brembo bij Forno, wordt deze schub door de verschuivingszone der Muschelkalk-Esino bedekt. In Hoofdstuk I is gewezen op de aard van de Servino van deze schub n.l., dat deze Servino eerst aan de verschuiving der kalken zou hebben medegewerkt en daarna pas in de schub zou zijn opgenomen. Tevens kwam ook reeds het voorkomen van een partijtje Muschelkalk ter sprake.

Schub a II. Cambrembo—Zuidhellingen van de M^te^ Arete—bovengedeelte van het zijdal van het dal van Foppolo, dat van de „Kar" der Pizzo Cadellegroep komt. (Collio, Verrucano en Servino aan de oppervlakte).

Ten Westen van Cambrembo wordt deze schub door de verschuivingszone van de Muschelkalk-Esino bedekt.

De Collio komt juist aan de oppervlakte als de Servino door schub a I wordt overschoven. Men zou zich kunnen voorstellen, dat de Servino uitwigt en de Collioserie dikker wordt. De opgemeten richtingen en hellingen wijzen echter op een grooter worden der helling van het opschuivingsvlak, dat bij schub a I behoort, in Noord-Oostelijke richting.

Schub a III. Stalle Rovina—Costana—Westkant van de beek, die van de „Kar" der Pizzo Cadellegroep komt—Zuidhellingen van den berg 2287. (Verrucano en Servino aan de oppervlakte).

Duidelijk ziet men de Servino van Stalle Rovina nog een eindweegs over de volgende meer Zuidwaarts gelegen schubben doorgaan, tot even boven Chignolo alto. Volgt men de Oostgrens dezer Servino vanaf het pad boven Chignolo alto in Noordelijke richting, dan ziet men achtereenvolgens Collio, Verrucano, Collio, Servino en Verrucano er onder vandaan komen, terwijl de Servino, boven de laatstgenoemde Verrucano, er een voortzetting van is.

Ik heb gemeend de laatstgenoemde Verrucano en de eerst zeer vlak liggende en daarna tamelijk steil staande Servino tot één schub te moeten rekenen. Het opschuivingsvlak van deze schub gaat dan daar, waar de meer Zuidwaarts gelegen schubben overschoven worden in een echt overschuivingsvlak over (zie profiel IV).

Schub a IV. Teggie—Piano—Moretti. (Collio, Verrucano en Servino aan de oppervlakte).

Even ten Oosten van den stal Costana ziet men in een droog zijdal van de Foppolovallei een dunne strook Servino en daar beneden een klein voorkomen van tot de Collioserie te rekenen lagen. Naar het Oosten verdwijnt de Collio. De Servino zet zich voort, als een tamelijk breede strook, in Noord-Oostelijke richting, in het Zuid-Oosten, naar het dal toe, door Verrucano begrensd. Alleen door het aannemen van een opschuiving in deze schub, die daar, waar de Collio verdwijnt, ophoudt, kan men het voorkomen van Collio in het droge zijdal, ten Oosten van Costana, verklaren. Naar het Westen wordt deze opschuiving waarschijnlijk grooter, zooals in de profielen uitkomt doch, doordat de Servino van schub a III over deze schub geschoven is en omdat, verder naar het Westen, de verschuivingszone van de Muschelkalk-Esino enz. er over heen ligt, kan er verder niets over gezegd worden. In de profielen is zij geconstrueerd. Zooals men zal opmerken is de Collio ter weerszijden van de verschuiving zeer verschillend in dikte. Ik kan hiertegen inbrengen, dat er vermoedelijk nog meer opschuivingen in deze schub zullen bestaan. Zij zijn niet ingeteekend. Daarom heeft de Collio ten Zuiden van de opschuiving schijnbaar een te groote dikte.

De Verrucano waar Teggie, Piano en Foppolo op liggen behoort niet meer tot schub a IV. De grens van de opschuiving, die de sedimenten van a IV op die van a V bracht, moet men zoeken in de Servino ten Noorden van de Verrucano van Foppolo. De grens verdwijnt, na eerst een soort boog in de Servino beschreven te hebben en de Verrucano ten Noorden van Moretti te hebben verdeeld, onder het kristallijn. (Zie het tectonogram).

Schub a V. Dal van Foppolo (Collio, Verrucano en Servino aan de oppervlakte) en de strook Colliolagen ten Zuiden van Valleve.

De ligging van de, tot deze schub behoorende, lagen hangt nauw samen met het relief van het grondgebergte. Het Colliovenster van Chignolo alto en basso ligt ongeveer boven een secundaire, meest Zuidelijk gelegen welving van de groote culminatie van Foppolo. Zooals uit de aangegeven richtingen en hellingen blijkt, vertoonen de sedimenten eveneens een gewelfvormigen bouw. Duidelijk is aan den weg Valleve-Cambrembo waar te nemen, dat de Colliolagen onder de kalken en dolomieten van de M^{te} Pegherolo-M^{te} Secco duiken, terwijl voorbij Sottocorna, o. a. daar, waar een zigzagpad, dat vele hutten met den weg naar Branzi verbindt, de Collio naar het Zuiden helt en onder de Verrucano duikt. De Verrucano weer onder de Servino.

De Colliolagen, die ten Zuiden van de kerk van Valleve aan beide zijden van den weg ontsloten zijn, moeten worden beschouwd als te

behooren bij schub a V. De Verrucano is op een zeer kleine Verrucanomassa na, dat trouwens evengoed door de verschuivingsgesteenten der kalken meegesleurd kan zijn, niet ontsloten.

Schub a V vertoont dus in zich zelf een flauwe anticlinale, terwijl op diens Zuidvleugel de Pizzo del Vescovomassa ligt. Deze Zuidvleugel vormt verder Zuidwaarts wederom een opschuiving, de Zuidgrens van de schub, die ten Zuiden van Valleve bij de brug over de Brembo ontsloten is en zooals uit de profielen blijkt (zie profielen IV en V), vrij steil staat, terwijl naar het Westen de helling veel minder wordt (zie ook het tectonogram).

Vanzelf stelt men zich de volgende vraag. Waarom vertoont dit gedeelte van de Permische-Onder Triadische schubstapel zoo'n afwijkenden bouw? De oorzaak moet gevonden worden in de verdeeling van de culminaties en depressies van het grondgebergte.

Reeds de ligging der opschuivingen, ten Noorden van Chignolo alto, wijst op een culminatie in den ondergrond. Deze culminatie is één der secundaire culminaties van Foppolo. In de sedimenten, die op deze culminatie zijn afgezet, zijn geen schubben aangetroffen. Wel had weer meer in het Zuiden een opschuiving plaats, die ten Zuiden van de kerk van Valleve de invloed van de, naar het Zuiden grooter wordende Noord-Zuid gerichte welving (de meest Westelijke), op de Zuidvleugel van de culminatie van Foppolo gelegen, ondervond. Bij de brug over de Brembo staat de opschuiving tamelijk steil. Naar het Westen ligt dit vlak veel minder steil, vandaar dat de grens naar het Zuid-Zuidwesten buigt om boven Stalle Luchini, even ten Westen ervan, onder de verschuivingszone der Muschelkalk-Esino te verdwijnen. De, 't meest, naar het Westen gelegen, langgerekte culminatie op de Zuidvleugel van de culminatie van Foppolo heeft daar nagenoeg geen invloed meer kunnen uitoefenen en de groote culminatie van Trabuchello is nog te ver af om reeds een steil staande opschuiving te hebben kunnen veroorzaken. Vandaar dat de opschuiving, die bij schub a V behoort, tamelijk flauw hellend onder de verschuivingszone der kalken van de M^te^ Pegherolo en M^te^ Secco verdwijnt.

In het Oosten ondervond de opschuiving de invloed van de andere langgerekte welvingen op de Zuidvleugel van de culminatie van Foppolo (zie profielen VI en VII).

Door de transversaalverschuiving van Maiocco wordt het verloop ten Noorden van deze verschuiving niet meer aan de oppervlakte gevonden, maar ligt onder de kalken van de M^te^ Valgussera. Zooals het tectonogram en de profielen VII en VIII toonen, is getracht het vermoedelijk verloop onder de Valgussera-kalkmassa te construeeren.

Schub a VI. Stalle Luchini—Ronco—Le Forcelle—tot aan de horizontale transversaalverschuiving van Maiocco. (Collio, Verrucano en Servino aan de oppervlakte). Door deze horizontale transversaalverschuiving vindt men, ten Noorden ervan, Verrucano en Collio, die nog tot schub a VI behooren op grooter hoogte terug.

In het Westen komt de schub als een breede strook Servino van onder de verschuivingszone der M^te^ Pegherolo-M^te^ Seccomassa te voor-

schijn en loopt tegen de serie achter elkaar gelegen horizontale transversaalverschuivingen tusschen Valleve en Branzi op, met een toeneming der helling van het opschuivingsvlak. Ten Oosten van dit breuksysteem gaat het opschuivingsvlak veel steiler staan. De Verrucano komt daar aan de oppervlakte als een, naar het Oosten toe, breeder wordende strook. De Servino wordt smaller en verdwijnt even ten Zuiden van punt 1801. Nog verder Oostwaarts wordt ook de Verrucano weer smaller en de Collio dagzoomt. De toeneming van de helling van het opschuivingsvlak vindt ook hier weer haar oorzaak in de verdeeling der culminaties en depressies van het grondgebergte (hier, de langgestrekte Noord-Zuidwelvingen op den Zuidvleugel van de groote culminatie van Foppolo). De profielen VI en VII benevens profiel D laten het verloop van dit opschuivingsvlak uitkomen. In het veld is de opschuiving in de Collio ten Noorden van Carona niet te vervolgen. De constructie werd uit de profielen afgeleid toen uit de bestudeering der richtingen en hellingen in dit uitgestrekte Colliogebied bleek, dat de opschuiving van schub a VI in deze Collio haar grens moet hebben. Ook van deze schub heb ik de voortzettingen onder de kalken van de M^te^ Valgussera trachten te construeeren (zie profiel D en voor het verloop der opschuiving het tectonogram).

Schub a VII. Prati—Baita del Bugia—ten Westen van Piazze—Le Forcelle (Verrucano en Servino aan de oppervlakte).

Om redenen reeds in het begin van F. onder *a* vermeld, veronderstelde ik hier nog een opschuiving. In het Oosten loopt zij tegen de voorgaande uit (bij Le Forcelle).

Ten Zuiden van deze opschuiving ligt de Servino, die slechts ten Noord-Oosten van Croce del Col aan de oppervlakte komt, op de Verrucano en deze weer op de Collio. De Collio bedekt de porfierserie. Zooals men ziet de gewone regelmatige volgorde.

In de Cava d'Ardesia is een schitterende drukgelaagdheid in de Colliolagen ontstaan, waardoor het mogelijk werd hen te ontginnen. (Bijna overal in de Valle Brembana worden de ontgonnen leien als dakbedekking gebruikt). De drukgelaagdheid is waarschijnlijk veroorzaakt door een anders gerichte druk dan die waardoor primair de schubstruktuur ontstond. (Deze druk werkte ook hier nog en bracht een sterk golvend verloop der afzettingsgelaagdheid tot stand). De anders gerichte druk dan, is vermoedelijk afkomstig van de Orobische overschuiving. De Orobische overschuiving is juist in het Oosten veel verder over het voorland geschoven dan in het Westen. De toeneming van het bedrag der overschuiving verloopt van Noord-West naar Zuid-Oost. De drukgelaagdheid in de Colliolagen heeft ongeveer dezelfde richting.

In de Cava d'Ardesia valt nog op te merken, dat de beweging langs de horizontale transversaalverschuiving een vrij groote vertikale component had. De algemeene helling der gelaagdheid van de Collio is naar het Zuiden gericht, naar de transversaalverschuiving toe, terwijl men juist door het aanwezig zijn van de porfier van Branzi-Trabuchello een helling naar het Noorden zou verwachten.

Schub a VIII. Deze schub is slechts in de onderste zone van de Permische-Onder Triadische afzettingen ontwikkeld, blijft beperkt tot de porfierserie en de Collio. Bij Porta ziet men dat het Zuid-Oostelijk deel van de porfierculminatie van Porta op de Collio geschoven ligt. Naar het Westen en Oosten verdwijnt deze opschuiving en ligt de Collio weer normaal op porfier d. w. z. in zooverre normaal, dat het daar niet tot een opschuiving gekomen is, maar wel had, zooals reeds onder C besproken werd, een beweging van de Collio ten opzichte van de porfier plaats. In de profielen IX en X is duidelijk de discordantie tusschen porfier en Collio waar te nemen.

Resultaat: Vóór de bespreking van de opschuivingen in de Permische-Onder Triadische sedimenten is gebleken, dat de richting en helling der opschuivingen afhankelijk is van de verdeeling der culminaties en depressies in het grondgebergte. Mede werd verondersteld, dat de oorzaak van het ontstaan van den druk, die zich in de Permische-Onder Triadische afzettingen als opschuivingen manifesteerde, gezocht moet worden in het Noordelijk kristallijn.

Bij de bespreking van schub a V kwam uit, dat wanneer geen voldoende weerstand aanwezig was, er zich geen opschuivingen vormden. De gelaagdheid der sedimenten blijft ongeveer het relief van het grondgebergte volgen.

De opschuivingen in de Permische-Onder Triadische afzettingen (de schubstructuur dus) zijn veroorzaakt door het culminaties en depressies vertoonende grondgebergte. Want, doordat culminaties en depressies in den ondergrond aanwezig waren en doordat de Permische en Onder Triadische sedimenten de golvingen van het grondgebergteoppervlak volgden, toen zij door den terugplooiingsdruk van het kristallijn werden voortgestuwd, ontstonden juist door deze golvingen (culminaties en depressies) de opschuivingen, die de schubstruktuur van de schubstapel bewerkstelligden.

De druk vanuit het Noorden manifesteerde zich in de Permische en Onder Triadische afzettingen als een reeks achter elkaar gelegen opschuivingen door middel van de culminaties in het grondgebergte aanwezig.

b. De opschuivingen in de Muschelkalk-Esino.

Door de verschuivingszone van tot de Servino behoorende gesteenten zijn de kalken en dolomieten van het Muschelkalk-Esinosedimentpakket van de Permische-Onder Triadische schubstapel gescheiden.

Alvorens tot de bespreking van de opschuivingen in de Muschelkalk-Esino over te gaan, moet nog even op het gedrag van de Servino worden teruggekomen. Vast staat, dat de Servino deel uitmaakt van de schubben en bovendien het glijmiddel leverde voor de verschuiving der Muschelkalk-Esino. De oudere Servinoafzettingen waren niet geschikt om een verschuiving te doen ontstaan want, ofschoon het nog niet mogelijk is om een volledig normaalprofiel van de Servino te geven, is toch wel reeds gebleken, dat de oudere horizonten uit weinig plastische gesteenten bestaan (Lit. 2, blz. 273, Lit. 7, blz. 80—81 en Hoofdstuk I, blz. 282). Nu vindt men in de Servino van de schubben heel vaak ook jongere horizonten. Dit is te verklaren uit de omstandigheid,

dat de opschuivingen in de schubstapel heel intensief gevormd werden en daardoor soms zelfs de heele Servino en in enkele gevallen ook nog een deel der Muschelkalk in de schubstruktuur betrokken werden.

1°. De opschuivingen in de M^te^ Pegherolo-M^te^ Seccomassa.

Bekijkt men de profielen, dan ziet men, dat de kalken en dolomieten van het massief, ten Westen van de Brembo di Foppolo, konkordant, eenigszins synclinaalvormig gelegen zijn. Hun ligging volgt uit de depressie, die in het grondgebergte hier aanwezig is. Evenmin als in de eronder liggende sedimenten van de Permische schubstapel zijn om dezelfde reden veel opschuivingen gevormd. Slechts een begin van een duidelijke breuk is te zien op de Bocchetta di Valenzana. De breuk, die daar voorkomt, doet zich kennen aan de ligging van de Raibler „Plattenkalk" en vormt eigenlijk het einde van een opschuiving, die verder Oostwaarts veel dieper doorging. Door de erosie is echter heel veel van de kalken en dolomieten verdwenen en het verloop van de opschuiving is slechts nog waar te nemen door het bestaan van tamelijk kleine verschillen in richting en helling ter weerszijden van de, op de kaart aangegeven, streeplijn. Dat het opschuivingsvlak in Oostelijke richting vrij sterk in afmetingen toenam ja, zelfs tot in de Servino doorging, bewijst het optreden van Servino, gekneed en gedrukt, temidden van tamelijk groote verschillen in richting en helling vertoonende Muschelkalk in het beekje tegenover de kerk van Valleve.

De oorzaak van het afnemen der grootte van dit opschuivingsvlak naar het Westen, gerekend vanaf de kerk van Valleve, is wederom toe te schrijven aan de ligging der culminaties en depressies van het grondgebergte. Bij Valleve schoof de M^te^ Pegherolo-M^te^ Seccomassa juist over de oorsprong van de meest Westelijk gelegen, langgerekte, N-S gerichte culminatie van den Zuidvleugel van de ingewikkelde culminatie van Foppolo. Zoowel de Noord-Zuid gerichte breuk in de kalken bij Valleve (zie C. *d.*), als ook deze opschuiving danken daaraan hun ontstaan. De Noord-Zuid gerichte breuk op dezelfde wijze als de transversaalverschuivingen in de Permische schubstapel, de bijna Oost-West gerichte opschuiving als de opschuivingen, die de schubben van de Permische schubstapel begrenzen.

Voor de breuk op de M^te^ Secco geldt eigenlijk hetzelfde.

In Oostelijke richting is er niets meer van gevonden. De erosie schijnt van dit opschuivingsvlak elk spoor uitgewischt te hebben.

2°. De opschuivingen in de Pizzo del Vescovo-M^te^ Valgusseramassa.

Het verloop van de gelaagdheid der kalken en dolomieten, ten Oosten van de Brembo di Foppolo, is zeer ingewikkeld. Heel mooi is dat te zien op beide oevers van de Brembo di Foppolo bij Valleve.

Van de kalken ten Noorden van de breuklijn, die in de Esino verloopt, vanaf Valleve in bijna Oostelijke richting, is op te merken, dat hun gelaagdheid ongeveer volgens een synclinale gebogen is, waarvan de Zuidvleugel vrij steil staat (duidelijk te zien bij Valleve). Naar het Oosten gaat de synclinale ligging in een flauwe buiging over (te zien vanaf de Bta. Foppelle).

Voor de, ten Zuiden van de breuklijn gelegen kalken valt te ver-

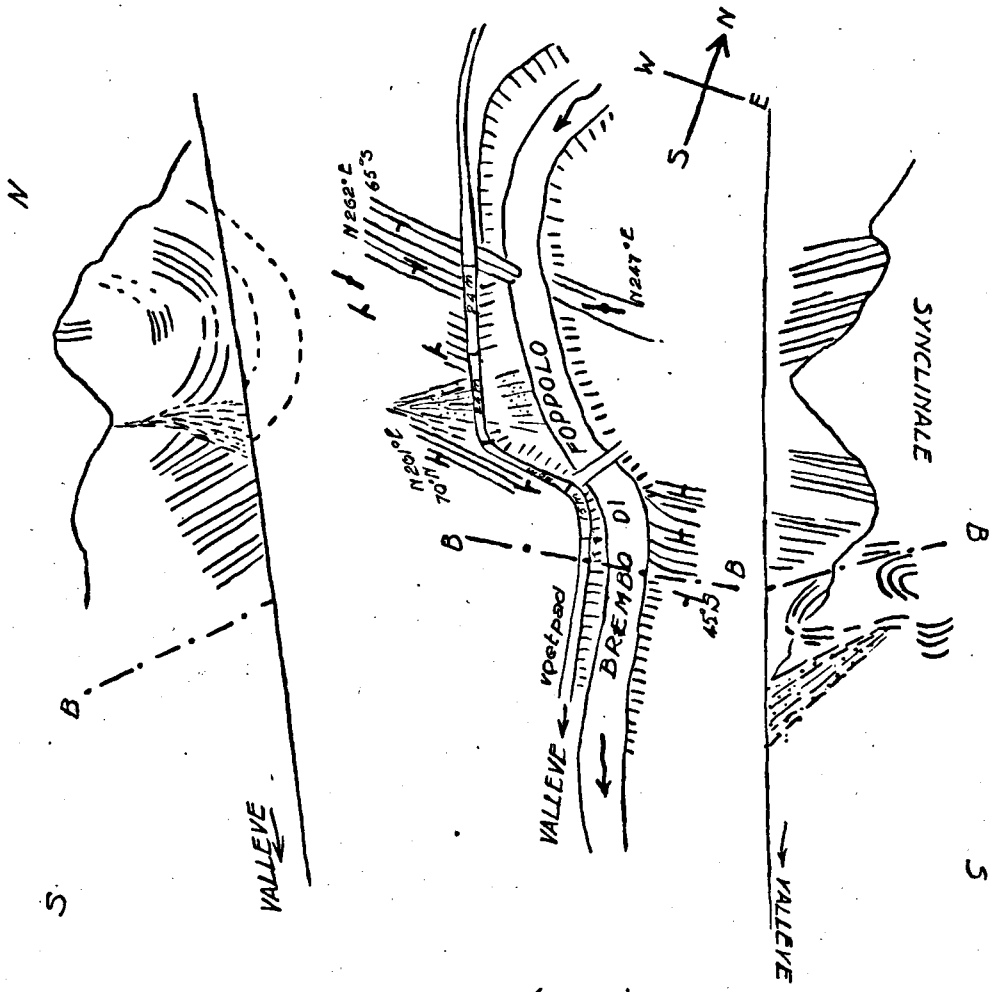


FIG. 7. PLOOIEN in de KALKEN (ESINO) ten N van VALLEYE in het dal van de BREMBO di FOPPOLO

melden, dat zij door een steilstaande opschuiving, waarvan de breuklijn de dagzoom is, overschoven zijn, die naar het Oosten in een flexuur overgaat. (Voor het verloop van de plooiing in de kalken zooals die bij Valleve werd waargenomen zie fig. 7).

Vanaf de Baita Foppelle is op de Noordhellingen van de M^te^ Valgussera waar te nemen, dat de Muschelkalk naar het Noorden helt. Zooals reeds in Hoofdstuk I gezegd is, heeft de gelaagdheid een knievormig verloop. Wanneer men over de Valgussera naar het Zuiden gaat, op den top helt de gelaagdheid veel minder steil dan op de lagere gedeelten der Noordhellingen, komt men op ± 2050 meter in de Esino. De gelaagdheid dezer Esino is ongeveer gelijk gericht, doch heeft een kleinere helling dan de Muschelkalk, die haar heeft overschoven. Dit is een omgekeerde ligging. Aanvankelijk meende ik met een ingewikkeld plooiingsverschijnsel te doen te hebben, maar een opschuiving, gelijk te stellen met de opschuivingen, die de schubben van de Permische-Onder Triadische schubstapel begrenzen, is meer plausibel.

Ten Zuid-Zuidwesten van de Baita Foppelle ligt flauw naar het Zuiden hellende Esinokalksteen. In de buurt van de Baita Foppelle en in de beken, die van de kalktoppen afkomen, komen steil staande, Noordwaarts hellende z.g. „scisti neri" voor, die in het Westen door genoemde Esinokalken worden vervangen. Een breuk heeft dit anormaal contact veroorzaakt. Verder Oostwaarts is zij volgens de aangegeven lijn ook in de Esino, hoewel met moeite, nog te vervolgen. Deze breuk is op dezelfde wijze ontstaan als de transversaalverschuivingen in de Permische-Onder Triadische schubstapel en een aequivalent van de horizontale transversaalverschuiving van Maiocco. (Zie C. *d.*).

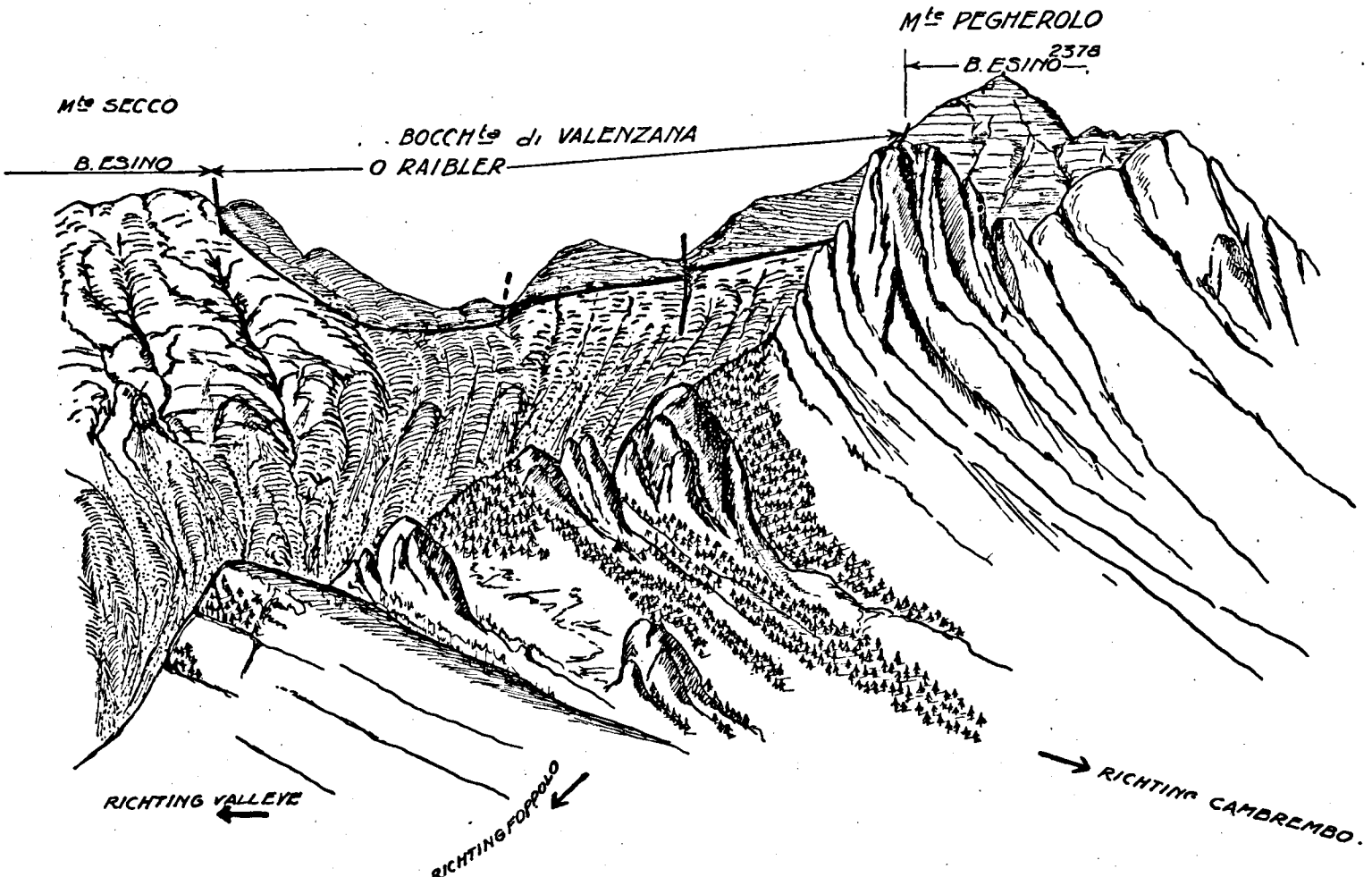
c. De breuken in de Raibler.

Wat aan het begin van de bespreking der opschuivingen in de Muschelkalk-Esino, over de Servino gezegd is, geldt eveneens voor de Raibler. Men heeft op de graat tusschen de M^te^ Pegherolo-M^te^ Secco, Raibler „Plattenkalk", die nog door de opschuivingen in de Muschelkalk-Esino getroffen zijn. De Onder-Raibler is niet als glijmiddel geschikt evenmin als de Onder-Servino, deed dus mede aan opschuivingen, terwijl pas de hoogere Raiblerhorizonten als glijmiddel voor de Hauptdolomiet fungeerden. (Zie fig. 8).

G. Overzicht der Tektoniek.

In de sedimenten, die ten Zuiden van de „Orobische lijn"[1]) aanwezig zijn, zijn bepaalde, daartoe geschikte horizonten aanwezig, die verschuivingen, in ongeveer horizontale zin, van Noord naar Zuid, mogelijk maakten. De, tusschen dergelijke horizonten in, gelegen

[1]) Onder „Orobische lijn" wordt hier de grens tusschen het kristallijn in het Noorden en de sedimenten van de Bergamasker Alpen verstaan. De sedimenten, die op de ruggen der overschuivingen in 't kristallijn zijn medegevoerd worden niet beschouwd als sedimenten van de Bergamasker Alpen.



DE LIGGING VAN DE „PLATTENKALK" (O. RAIBLERLAGEN) OP DE BOCCHETTA DI VALENZANA.
GEZIEN VANUIT HET NNE

FIG. 8

afzettingen vertoonen opschuivingsvlakken, die door een zelfde oorzaak zijn ontstaan. Zij zijn van verschillenden aard. Het verschil in den aard der opschuivingen is teweeggebracht door de ongelijkheid in samenstelling der tusschen de verschuivingszones in gelegen afzettingen. Zoo ontstond in de Permische-Onder Triadische afzettingen een reeks opschuivingen, die een schubstruktuur vormden. In de Muschelkalk-Esino ontstonden in het, door COSLIJN, bewerkte gebied een aantal lepelvormige opschuivingen (stroomgebied van de Valli di Olmo al Brembo tusschen Lenna en Caprile) en eenige opschuivingen in de kalk-dolomietmassa's van de Mte Pegherolo en de Pizzo del Vescovo, die zich in 't veld als breuken voordoen.

Verder zijn te onderscheiden enkele reeksen achterelkaar gelegen horizontale transversaalverschuivingen in de Permische-Onder Triadische schubstapel en eenige, met horizontale transversaalverschuivingen gelijk te stellen breuken in het Muschelkalk-Esino sedimentpakket.

De druk vanuit het Noorden, een terugplooiingsdruk, was de primaire oorzaak van dit tektonische beeld der sedimenten van de Bergamasker Alpen. Deze druk maakte zich in de sedimenten, op de hierboven beschreven wijze kenbaar, door middel van horizonten in de Servino en in de Raibler, misschien is er ook één in het Rhät aanwezig, die als glijmiddel konden dienen, terwijl de schubstruktuur in de Permische-Onder Triadische afzettingen, de opschuivingen in de Muschelkalk-Esino en Raibler „Plattenkalk", benevens de horizontale transversaalverschuivingen en daarmee gelijk te stellen verschuivingen, onstonden door de verdeeling der culminaties en depressies in het grondgebergte, de ondergrond der sedimenten van de Bergamasker Alpen.

In het kristallijn van het Noorden zijn tot nu toe twee overschuivingen en één overschuiving van het kristallijn op de sedimenten van de Bergamasker Alpen, waargenomen. Deze laatste is de Orobische overschuiving. Onder A. is reeds over deze drie overschuivingen geschreven.

Het is van belang het verloop van de overschuiving der „Laghi di Porcile" in Noord-Oostelijke richting te vervolgen. Vermoedelijk zal de breuklijn op PORRO's kaart zich niet nog verder voortzetten. Het is niet onmogelijk, dat de as van deze overschuiving, naar het Oosten toe, duikt en dat het „gneiss chiari"dek door de overschoven deelen van de overschuiving der „Laghi di Porcile" nog ten deele bedekt wordt. In het Oosten is de overschuiving van de „Laghi di Porcile" beter bewaard gebleven dan in het kristallijn ten Westen van de Passo di Publino terwijl ten Westen van de Passo di Verobbio het geheele „gneiss chiari"dek weer door de overschuiving van de „Laghi di Porcile" is bedekt.

Ten Oosten van de Corno Stella zijn de „gneiss chiari"- en Orobische overschuivingen verder over de Permische-Onder Triadische schubstapel geschoven dan in het door mij onderzochte gebied. De grens van de „gneiss chiari"overschuiving duikt bij de Mte Masoni en Pizzo Zerna onder de Permische afzettingen, terwijl als men in Zuidelijke richting de grens tusschen de sedimenten en het kristallijn vervolgt, na de „gneiss chiari" weer „micascisti a gneiss" onder deze afzettingen van-

daankomen. De sedimenten van de M^te^ Masoni zijn vermoedelijk sedimenten, die door de „gneiss chiari"overschuiving zijn medegevoerd. Deze schoof over het, op de Permische-Onder Triadische schubstapel, geschoven deel der Orobische overschuiving ja, schoof verder en bracht de meegevoerde sedimenten in anormaal contact met tot de schubstapel behoorende afzettingen. De „Orobische lijn" loopt ten Oosten van het Val Sambuzzo door Permische-Onder Triadische sedimenten. (Vanaf de Corno Stella is duidelijk waar te nemen, dat op de M^te^ Masoni sterk rood gekleurde afzettingen, vermoedelijk Verrucano, op het kristallijn liggen).

Zooals op de kaart van Porro is aangegeven en ik uit eigen aanschouwing weet liggen het Lago del Prato en het Lago del Diavolo resp. op 1645 en 2095 meter hoogte, in kristallijn. De Permische-Onder Triadische afzettingen zijn niet dik en de porfierserie ontbreekt totaal. Het grondgebergte ligt dus daar heel wat hooger dan in meer Westelijk gelegen streken.

Hieruit volgt, een in 't algemeen hooger gelegen voorland voor de overschuivingen in het kristallijn en zooals men reeds weet uit de gedragingen der kristallijne overschuivingen ten opzichte van de Salmurano en M^te^ Toroculminaties passen zij zich in de overschoven deelen aan deze culminaties aan. Zooiets is dan vermoedelijk ook ten Oosten van de Passo di Publino gebeurd, waardoor de overschuiving van de „gneiss chiari" met het contact tusschen haar bewaard gebleven, meegevoerde sedimenten en de sedimenten van het voorland verklaard is.

Naar het Oosten gaande, komt dus de ondergrond van de Bergamasker Alpen, het voorland van de overschuivingen in het kristallijn van het Val Tellina, hooger te liggen. (Lago del Prato, Lago del Diavolo). Dit brengt met zich mede, dat de overschuivingen in het kristallijn in hun overschoven deelen die culminaties eveneens vertoonen.

Aan den anderen kant echter vertoonen zij in Oostelijke richting een duiking der assen.

Reeds in de profielen IX en X komt de invloed van het hooger gelegen voorland d. w. z. van den ondergrond van het voorland, tot uitdrukking (zie ook het tectonogram).

De schubben in de Permische-Onder Triadische schubstapel verdwijnen. Het is niet onmogelijk, dat in de Permische-Onder Triadische afzettingen verderop naar het Oosten wederom schubben zullen worden gevonden. Misschien zullen zij behooren tot een schubstapel, die ontstond in de, op den rug van de „gneiss chiari"overschuiving, meegevoerde sedimenten onder invloed van de overschuiving der „Laghi di Porcile". Ten Zuiden van de „Orobische lijn" zullen misschien ook weer schubstruktuur en verschuivingszones worden aangetoond.

Het zou wenschelijk zijn de verschuivingen in de Triadische afzettingen ten Zuid-Oosten van het groote kristallijne venster van het Val Seriana (Monte Ferrante, Pizzo delle Presolana) eens in detail te onderzoeken en mogelijkheden onder de oogen te zien, die verband zouden kunnen leggen tusschen de door de „gneiss chiari"overschuiving meegevoerde sedimentpakketten en de daar aanwezige verschuivingen. (Zie Lit. 13, profielen).

Wanneer in het kristallijn van het Val Tellina de wortels der grootste Alpiene dekbladen liggen; hoe moet men zich dan het ontstaan van de overschuivingen, die tot nu toe in dit kristallijn zijn aangetoond, voorstellen?

Men moet aannemen, dat men hier heeft te maken met een typische struktuur in een wortelzone, die zoodanig is, dat vele zones, der Boven Oost-Alpiene dekbladen, die men in de wortels zoo gaarne wil terugvinden niet meer aan den dag komen. Na de vorming der Oost-Alpiene dekbladen werkte de druk van uit het Zuiden door. Er had onderschuiving van het achterland plaats. Daardoor werden in de kristallijne wortels dezer dekbladen opschuivingen gevormd, die in overschuivingen van Noord naar Zuid gaande, overgingen.

Door de onderschuiving hadden ook afglijdingen van sedimentpakketten plaats ten gevolge van verstoring van het evenwicht. Het verband tusschen de achterste deelen der dekbladen, die nog Zuidwaarts helden en de verder Noordwaarts verschoven deelen werd verbroken door de onderschuiving van het achterland.

Gedeelten der afgegleden sedimentpakketten werden door de overschuivingen in de wortelzone passief medegevoerd. De afglijdingen hadden waarschijnlijk ongeveer gelijk plaats met het begin van de vorming der overschuivingen. Later werden de overschuivingen beter ontwikkeld en gingen soms zelfs zoover naar het Zuiden, dat zij meer Zuidwaarts ontstane overschuivingen geheel of gedeeltelijk overschoven en bovendien de, door deze laatsten passief meegevoerde, afgegleden sedimenten. Daarom vindt men nu, zooals ten Noorden van de Baite Fontanini en bij de Laghi di Porcile enz. sedimentmassa's, die langs een dagzoom van een overschuiving liggen. Zij zijn, evenals de overschuiving, die hen op haar rug meevoerde, door een meer Noordwaarts ontstane overschuiving overschoven.

In het kristallijn ten Westen van de horizontale transversaalverschuiving van Terzera tot aan de Passo di Verobbio staan de overschuivingen in de wortelzone steil. Eigelijk hebben zij daar nog het karakter van opschuivingen. Ten Westen van de Passo di Verobbio en ten Oosten van de horizontale transversaalverschuiving van Terzera is de Orobische overschuiving bijna altijd door andere overschuivingen geheel overschoven. Alleen in het Oosten van het door mij onderzochte gebied is het bedrag van dezè overschuiving grooter dan waar ook, voor zoover mij bekend, in de Bergamasker Alpen en voor de waarneming toegankelijk.

Slechts tusschen de Passo di Verobbio en de horizontale transversaalverschuiving van Terzera en ten Zuiden van de M^{te} Toro en M^{te} Bellogroepen tot aan punt 2125 (Valle di Carisole) en waarschijnlijk nog iets verder Oostwaarts komt de Alpino-Dinarische grens, de dagzoom van de Orobische overschuiving, aan den dag. Overal elders wordt zij door andere overschuivingen, die al of niet afgegleden sedimentpakketten in contact brachten met sedimenten van de schubstapel, bedekt.

In de profielen zijn in den kristallijnen ondergrond der sedimenten geen op- of overschuivingen geteekend. Het is echter heel goed mogelijk, dat er culminaties en depressies aanwezig zijn, die door de tertiaire plooiing veroorzaakt zijn.

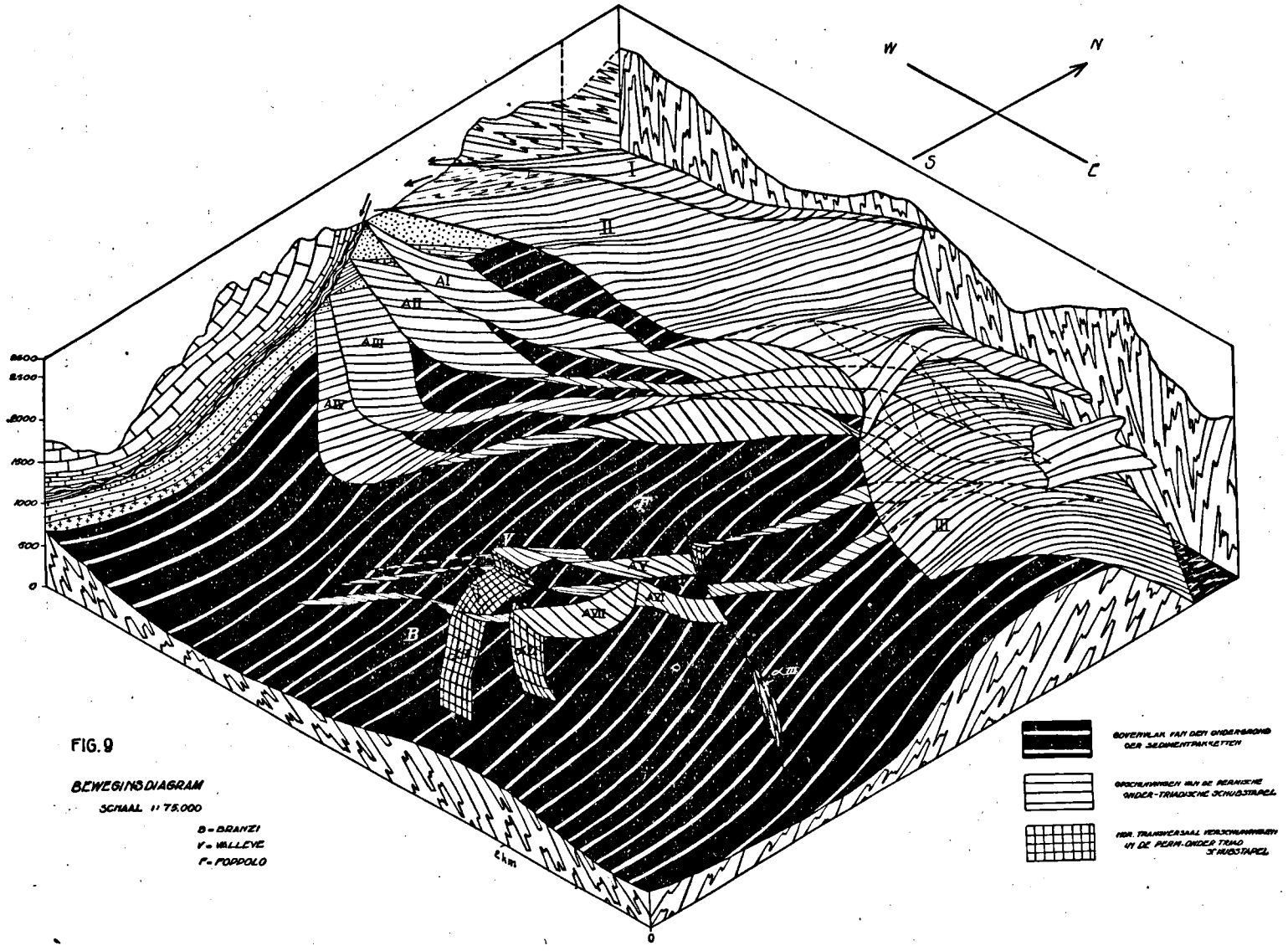


FIG. 9

BEWEGINSDIAGRAM

SCHAAL 1:75.000

B = BRANZI
V = VALLEVE
F = FOPPOLO

BEWEGINGSDIAGRAM OF TECTONOGRAM.

Met I, II en III zijn de overschuivingen in het kristallijn aangegeven.

Van de Permische-Onder Triadische schubstapel zijn de opschuivingen en de horizontale transversaalverschuivingen geteekend. Zij zijn gemerkt met A I, A II enz. en α I, α II enz.

De verschoven kalk-dolomietmassa's van de M^{te} Pegherolo enz. en van de Pizzo del Vescovo enz., die tot de Muschelkalk-Esino behooren, zijn weggelaten om het vermoedelijk verloop der opschuivingen onder deze kalk-dolomietmassa's duidelijk te doen uitkomen. Tevens is getracht om het verloop van de opschuivingen onder de Orobische overschuiving (III) weer te geven.

In het Westen wordt het tectonogram evenals in het Noorden door een profiel afgesloten. Voor de teekens die in die profielen gebruikt zijn, zie men de legenda van de profielenreeksen.

RÉSUMÉ.

Le terrain exploré fait partie du prolongement vers l'est de la zone des Alpes bergamasques que COSLJN et JONG ont commencé à mettre en carte en 1926 (fig. 1).

Il comprend des parties du cristallin situé au nord de la „ligne orobique'' [1]), du paquet d'écailles (série porphyrique, série Collio, Verrucano, partie du Servino) et du paquet charrié consistant en Muschelkalk et en Esino (Muschelkalk, Esino, Esino supérieur, Raibl inférieur, c. à. d. „Raibler Plattenkalk''). Le plancher du Muschelkalk et de l'Esino se trouve dans les couches du Servino qui servent de moyen de glissement. Ce Servino de la zone de charriage apparaît à la surface au nord et au nord-est du Passo San Simone.

Le substratum des paquets sédimentaires consiste en la même substance que le cristallin charrié au nord sur ces paquets. Nous avons constaté la présence de trois chevauchements (les numéros I, II et III du diagramme), qu'il faut considérer comme des charriages dans la zone des racines des nappes alpines orientales supérieures, nés par suite de la continuation du sous-charriage de l'arrière-pays après la formation de ces nappes. Des paquets de sédiments glissés des lèvres méridionals de celles-ci furent entraînés passivement par ces chevauchements vers le sud et serrés ensuite partiellement. C'est ainsi qu'on rencontre actuellement des bandes de Verrucano et de Servino le long de la ligne d'affleurement du chevauchement des Laghi di Porcile.

Le cristallin appartient aux schistes de Rendena et d'Edolo, et à l'exception des intrusions du granit porphyrique, il est probablement d'origine sédimentaire (paragneissique) [2]). La présence de schistes de Tonale n'a été constatée nulle part. Cette division du cristallin en schistes de Tonale, de Rendena, et d'Edolo remonte à SALOMON (Lit. 17).

Les schistes de Rendena sont identiques à notre „gneisgroep'', qui représente les „gneiss chiari'' de PORRO, les schistes d'Edolo à notre „fylliet en glimmerschistengroep'', qui représente les „micascisti a gneiss'' de PORRO.

La série porphyrique, qui constitue le plus ancien élément du recouvrement sédimentaire, fit en partie fonction de substratum et prit part également à la formation des écailles. Celle-ci n'apparaît à la surface qu'à deux endroits, aux environs de Branzi et au nord de Porta, où elle contient

[1]) Par le terme „ligne orobique'' nous désignons la limite entre le cristallin et les sédiments charriés des Alpes bergamasques. Les sédiments entraînés passivement sur la crête des chevauchements ne font plus partie des paquets sédimentaires de ces Alpes.

[2]) En 1910 les recherches de GORTANI et DE VINASSA DE REGNY ont confirmé la théorie de TARAMELLI sur l'âge neopaléozoïque d'une grande partie du cristallin.

des porphyrs et des porphyrites de même que des tufs volcaniques à cristaux, des tufs lapideux et vitreux d'une caractère porphyrique et porphyroïde. Sur les limites de ces effusifs et des couches de Collio se rencontrent des tuffites dits conglomératiques et psammitiques, riches en couches de tuf proprement dit. Ce sont ces couches-là qui ont donné lieu dans les lames du paquet d'écailles aux mouvements des sédiments de formation plus récente par rapport à la série porphyrique, mouvements qui expliquent la discordance entre les séries porphyrique et Collio.

Cette série Collio se compose d'une série de grès contenant des couches de tuf et surmontée d'un paquet d'ardoise sous une couverture concordante de conglomérats et de sernifites de Verrucano qui s'y trouvent entremêlés. On constate dans les ardoises la présence de plusieurs horizons.

Le Verrucano passe insensiblement par des grès mêlés de conglomérats très fins au Servino inférieur. COSLIJN déjà, dans le Résumé de son ouvrage „De geologie van de Valli di Olmo al Brembo'' (Lit. 2), a traité des zones différentes du Servino.

Quand parfois la formation des écailles a été très intensive, le Servino entier a été soumis à ce procès. Le charriage du Muschelkalk et de l'Esino pourtant s'est produit toujours au moyen des ardoises et des marnes présentes dans le Servino moyen et supérieur.

Le Servino supérieur passe insensiblement au Muschelkalk inférieur. Tout ce que COSLIJN dans l'ouvrage susnommé a constaté au sujet du Muschelkalk et de l'Esino s'applique également aux calcaires du terrain décrit dans la présente étude, la part faite au Muschelkalk, dont la „faciès nord'' seule s'est développée. Surtout au massif du Mont Pegherolo et du Mont Secco nous paraît-il que les zones 2 et 3 y contiennent moins de cement sableux et que les bancs calcaires y sont plus nombreux. Pour ce qui est du calcaire et de la dolomie d'Esino, il faut observer qu'ils ne contiennent guère des fossiles, exception faite des Diplopores, tandis que l'Esino supérieur, en tant que nous avons pu constater, y manque totalement de minerai.

Dans le „Plattenkalk'' de Raibl, qui forme au massif du Mont Pegherolo et du Mont Secco une couverture concordante avec l'Esino supérieur, on a pu constater la présence de fractures, qui très probablement se prolongent vers l'est en s'enfonçant considérablement, quoique l'état avancé de l'érosion les soustraie à l'observation. On peut les comparer aux failles en forme de cuiller étudiées par COSLIJN. Leur formation remonte à la même cause que celle des failles qui séparent les lames dans le paquet d'écailles. Des failles analogues se rencontrent dans le massif du Pic del Vescovo et du Mont Valgussera.

Dans les paquets sédimentaires des Alpes bergamasques ont eu lieu des mouvements plus ou moins horizontaux dans la direction nord—sud le long de zones qui se prêtaient à servir de surface de glissement. La pression occasionnée par le sous-charriage de l'arrière-pays des nappes alpines orientales supérieures se fit sentir du nord. Dans les paquets de sédiments situés entre deux zones de glissement, des failles inverses se produisirent qui eurent pour effet une structure imbriquée dans les sédiments du Perm et du Trias inférieur, et une série de failles analogues dans les couches du Muschelkalk et de l'Esino.

En conséquence de l'action exercée par le porphyr et le tuffite à la base des couches de Collio, le socle du paquet d'écailles ne forme pas un plan uni, par opposition à celui des couches du Muschelkalk et de l'Esino, qui se trouve dans le Servino.

Il est probable qu'un socle pareil se trouve encore dans le Raibl moyen, le long duquel le chevauchement du „Hauptdolomit'' s'est produit. On ne le rencontre plus au terrain étudié ici.

Comme la série porphyrique a servi en partie de substratum et prenait part également à la formation d'écailles, il est légitime d'admettre entre ce porphyr et le socle une discordance, qui du reste a été indiquée ailleurs dans les Alpes bergamasques, tandis qu'il est fort bien possible que cette série porphyrique repose encore par endroits — par exemple dans le terrain porphyrique du Lugano — sur le sol primaire.

Le substratum des sédiments présente des culminations et des dépressions. Cacciamali déjà a admis la présence d'une culmination dans la vallée de Foppolo, et il faut reconnaître le bien fondé de sa supposition. Cette culmination compliquée forme le prolongement vers l'est du grand bombement de Val Sassina, Ornica, Caprile et Mezzolda. Probablement le décrochement de Terzera a eu pour effet une dislocation dans la culmination de Mezzoldo par rapport à celle de Foppolo.

Les lames dans le paquet d'écailles et les failles inverses dans le Muschelkalk et l'Esino ont été causés par une pression dans la direction nord—sud, qui tient au sous-charriage au moyen des culminations dans le socle des paquets de sédiments de l'arrière-pays.

La présence de décrochements horizontaux, qui se bornent aux paquets sédimentaires situés entre deux planchers, s'explique par la résistance inégale que les parties diverses des différentes écailles rencontrent, donc en fin de compte également par la distribution des culminations. (Voir sur la carte les décrochements horizontaux de Maiocco, de Cava d'Ardesia, de Valleve-Branzi et la fracture dans la direction nord—sud près de Valleve).

Pour le moment la structure tectonique des Alpes bergamasques se résumera donc comme suit. Il y a trois chevauchements dans le cristallin, zone des racines des nappes alpines orientales supérieures:

1°. Le chevauchement des Laghi di Porcile (I).

2°. Le chevauchement „gneiss chiari'' (II).

3°. Le chevauchement „orobique'' (III).

Hors de la zone située entre le Passo di Verobbio et le décrochement de Terzera, et de la partie orientale du terrain exploré (Valle di Carisole, Valle Sambuzzo), la ligne d'affleurement du chevauchement orobique (chevauchement qui mit le cristallin sur les sédiments) a été partout prèsque entierement charriée par les chevauchements I et II. Aussi la frontière alpino-dinarique, c. à. d. la ligne d'affleurement du chevauchement orobique, ne monte-t-elle à la surface qu'aux endroits susmentionnés.

Le chevauchement „gneiss chiari'' entraîna sur sa crête des sédiments glissés en bas et les mit par endroits — probablement surtout à l'est — en contact immédiat avec les sédiments du paquet d'écailles (Bte Fon-

tanini, Monte Arete), tandis que le chevauchement „gneiss chiari", comme il a été observé déjà, a été charrié à son tour par le chevauchement des Laghi di Porcile.

Dans les paquets sédimentaires mentionnés plus haut se rencontrent dans la direction nord—sud des charriages plus ou moins horizontaux. Les planchers se trouvent dans le Servino, le Raibl et peut-être encore dans le Rhät, tandis que le paquet d'écailles manque de socle uni par suite de l'action excercée par la série porphyrique. Dans les sédiments situés entre deux planchers se sont produits des charriages et des décrochements horizontaux, qui tiennent à la présence de culminations dans le substratum.

Les charriages dans les tuffites ont eu lieu dans les écailles mêmes. L'évolution de ces charriages dépendait de l'inclinaison des surfaces de charriage qui séparent les lames du paquet d'écailles.

Il est admissible que les culminations du substratum n'étaient pas toutes achevées avant les plissements tertiaires.

LITERATUURLIJST [1]).

1. G. B. CACCIAMALI. Schema tectonico-orogenico delle Prealpi Lombarde, Rend. R. Com. Geol. d'Italia, Vol. XLVIII, No. 4. Roma, 1920.
2. J. COSIJN. De Geologie van de Valli di Olmo al Brembo, avec résumé en français. Leidsche Geol. Mededeelingen, II, blz. 251—324. Leiden, 1928.
3. G. CURIONI. Geologica applicata delle Provincia Lombarde (Premiata dal Congresso internationale geografico di Parigi) met kaart. Milano, 1877.
4. U. GRUBENMANN. Die Kristallinen Schiefer, zweite Auflage, 1910.
5. U. GRUBENMANN und P. NIGGLI. Die Gesteinsmetamorfose I, Algem. Teil. Berlin, 1924.
6. C. W. GÜMBEL. Ein geognostischer Streifzug durch die Bergamasker Alpen. Mitt. aus den Alpen VI, Sitz. Ber. der Math. Phys. Kl. der K. Bayr. Ak. d. W. Bd. 10, blz. 114. München, 1880.
7. W. J. JONG. Zur Geologie der Bergamasker Alpen nördlich des Val Stabina. Leidsche Geol. Mededeelingen, III, blz. 49—104. Leiden, 1928.
8. TH. H. F. KLOMPÉ. Die Geol. des Val Mora und des Val Brembo di Mezzoldo. Dissertatie Leiden, 1929.
9. R. LEPSIUS. Das westliche Tirol geologisch dargestellt. Berlin, 1878.
10. L. MILCH. Beiträge zur Kenntnis des Verrucano, I, II. Leipzig, 1892.
11. PL. PATRINI. I laghi delle Alpi Orobiche, La Geografia 1—2. Novarra 1927.
12. L. V. PIRSSON. The microscopical Characters of Volcanic Tuffs. The American Journal of Science 1915, blz. 191.
13. C. PORRO. Alpi Bergamasche, Note illustrative della Carta Geologica e delle Sezione, met kaart en profielen 1: 100.000. Milano, 1903.
14. C. PORRO. Das Gebirge zwischen Como- und Iseosee, in: A: TORNQUIST, Geol. Führer durch Ober-Italien I, blz. 96—140. Berlin, 1902.
15. C. PORRO. Note geologiche sulle Alpi Bergamasche e Bresciane, R. I. L. XLIV, blz. 863. Milano, 1911.
16. F. VON RICHTHOFEN. Geognostische Beschreibung der Umgebung von Predazzo. Gotha, 1860.
17. W. SALOMON. Die Adamellogruppe I, II, Abh. K. K. Geol. Reichsanstalt XXI. Wien, 1908.
18. A. SPITZ. Fragmente zur Tektonik der West-Alpen und des Engadin. (Aus dem Nachlasse) III. Zur Chronologie der Alpinen Bewegungen in den piemontesisch-lombardischen Alpen. Verhandl. der Geol. Reichsanstalt. Wien, 1919, No. 8.
19. A. STELLA. Contributo alla geologia delle formazioni peritriasische nel versante meridionale delle Alpi centrali, Boll. del R. Com. Geol. No. 1. Roma, 1894.
20. T. TARAMELLI. Osservazioni stratigrafiche nell' Alta Valle Brembane e presso a Como, R. I. L. II, XLIII, blz. 202. Milano, 1910.

[1]) In deze lijst zijn alleen werken, die in den tekst zijn aangehaald, opgenomen.

ERRATA.

In fig. 2 moet voor „graat Passo di Porcilo—P^{zo} Cadilla'' gelezen worden: **graat Passo di Porcile—P^{zo} Cadelle.**

In fig. 5 moet voor „Corona'' gelezen worden: **Carona.**