VERSLAG BIJ DE GEOLOGISCHE KAART VAN DE BERGKAM M.TE SECCO-P.ZO ARERA EN VAN HET STROOMGEBIED VAN DE TORRENTE RISO (VALLE SERIANA)

DOOR

H. C. A. SWOLFS.

Met plaat 6 en 8.

INHOUDSOPGAVE.

Blz.

I. Inleiding 114
II. Facieele, stratigrafische en petrografische beschrijving van de sedimenten 115
A. De Servino 115
B. De Valsecca 115
C. De Esino 118
D. De Raibler 124
E. De Hauptdolomiet 125
F. De Rhät 126
III. De intrusieve gesteenten 126
IV. De hydrothermale afzettingen 127
V. Tektonische beschrijving van het gebied 127
1. Algemeen 127
2. De tangentiale structuren 129
A. De Valcanale-flexuur 129
B. De Ardesio-opschuiving en de Pte Seghe-breuk . . 129
C. De Presolana-overschuiving 130
D. De synclinale van de Bta del Fop 131
E. De Bta Zuccone-opschuiving en de Bta Vaccaro-breuk 133
F. De Cme di Belloro-breuk en de S. S. Trinitá-breuk 134
G. De Arera-terugschuivingen 134
H. De Valcanale-breuk 138
I. De Clusone-breuk 139
3. De N—S-breuken 140
A. De Bta Pradello-breuk 140
B. De Cma di Grem-breuk 140
C. De Oneta-breuk (Cavlera-breuk en Arera-breuk). . 141
D. De Mte d'Asla-slenk 142
VI. Tektonisch overzicht 143
VII. Literatuur 145

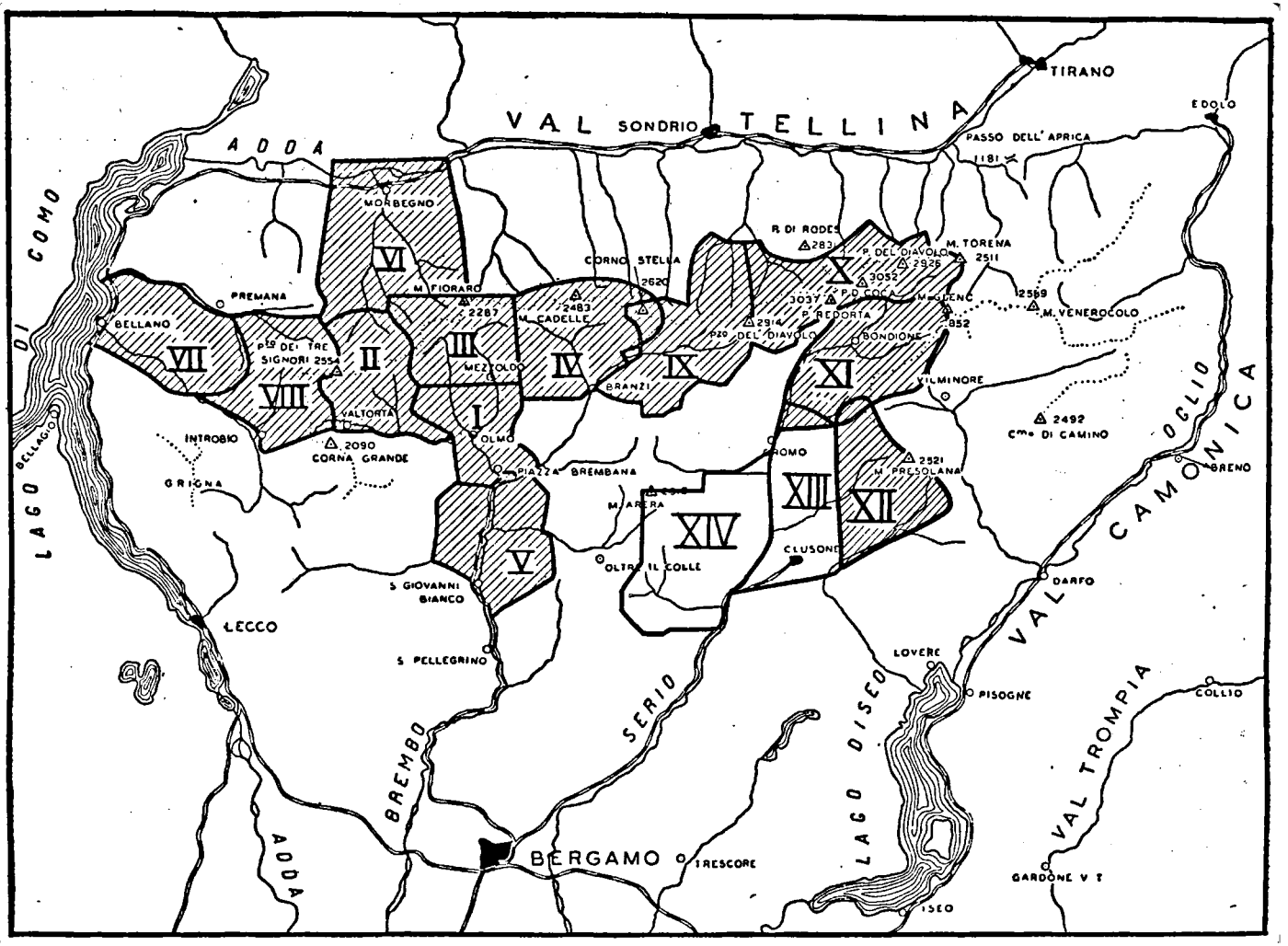
VAL TELLINA
SONDRIO
TIRANO
EDOLO
PASSO DELL' APRICA
1181
ADDA
LAGO DI COMO
MORBEGNO
VI
M. FIORARO
2287
CORNO STELLA
2620
2483
M. CADELLE
R. DI RODES
2831
P. DEL DIAVOLO
2935
M. TORENA
2511
X
3052
P. D. COCA
3037
M. LENC
852
P. REDORTA
2914
P.zo DEL DIAVOLO
BONDIONE
2569
M. VENEROCOLO
PREMANA
BELLANO
VII
P.to DEI TRE SIGNORI 2554
II
III
MEZZOLDO
IV
IX
BRANZI
XI
VILMINORE
VIII
VALTORTA
I
OLMO
2090
CORNA GRANDE
INTROBIO
GRIGNA
PIAZZA BREMBANA
M. ARERA
2521
M. PRESOLANA
2492
C.mo DI CAMINO
OGLIO
BRENO
CAMONICA
VAL
XIII
XII
XIV
CLUSONE
OLTRE IL COLLE
V
S. GIOVANNI BIANCO
DARFO
LECCO
S. PELLEGRINO
LOVERE
PISOGNE
COLLIO
VAL TROMPIA
SERIO
BREMBO
LAGO DI ISEO
BERGAMO
TRESCORE
ISEO
GARDONE V. T.

Fig. 1. Overzichtskaart van de Bergamasker Alpen, 1: 500.000.

De op de kaart aangegeven gebieden werden opgenomen door:

I J. Cosijn, 1926—1927
II W. J. Jong, 1926—1927
III Th. H. F. Klompé, 1927—1928
IV J. H. L. Wennekers, 1928—1929
V G. L. Hofsteenge, 1929—1930
VI S. W. Tromp, 1930—1931
VII W. L. Buning, 1929—1931
VIII R. D. Crommelin, 1929—1931
IX J. J. Dozy, 1931—1932
X J. J. Dozy en P. D. Timmermans, 1933
XI J. Weeda, 1931—1933
XII W. A. Visser, 1935—1936
XIII H. C. A. Swolfs, 1935—1936
XIV H. C. A. Swolfs, 1937

Dit werk zal ook gepubliceerd worden in de „Leidsche Geologische Mededeelingen", Dl. X.

Als „Bijdrage tot de Geologie van de Bergamasker Alpen" zijn reeds verschenen:

No. 1. J. Cosijn, De Geologie van de Valle di Olmo al Brembo. 1928, L. G. M. II, S. 251—324.

No. 2. W. J. Jong, Zur Geologie der Bergamasker Alpen, nördlich des Val Stabina. 1928, L. G. M. III, S. 48—104.

No. 3. Th. H. F. Klompé, Die Geologie des Val Mora und des Val Brembo di Mezzoldo. 1929, Diss.

No. 4. J. H. L. Wennekers, De Geologie van het Val Brembo di Foppolo en de Valle di Carisole. 1930, L. G. M. III, S. 265—333.

No. 5. G. L. Hofsteenge, La Géologie de la Vallée du Brembo et de ses Affluents entre Lenna et San Pellegrino. 1931, L. G. M. IV, S. 25—82.

No. 6. S. W. Tromp, La Géologie du Val del Bitto et la Tectonique des Alpes Lombardes. 1932, L. G. M. IV, S. 123—230.

No. 7. W. L. Buning, De Geologie van den Cimone di Margno en den Monte di Muggio. 1932, L. G. M. V, S. 321—399.

No. 8. R. D. Crommelin, La Géologie de la Valsassina et de la Région, adjacente au Nord. 1932, L. G. M. IV, S. 400—459.

No. 8*a*. J. H. L. Wennekers, The Structure of the Bergamo Alps compared with that of the Northwest Highlands of Scotland. 1932, L. G. M. IV, S. 83—93.

No. 9. G. L. Hofsteenge, Mineragraphisch onderzoek der Loodzinkertsen uit de Bergamasker Alpen. 1934, L. G. M. VI, S. 59—78.

No. 10. J. J. Dozy, Die Geologie der Catena Orobica zwischen Corno Stella und Pizzo dell Diavolo di Tenda. 1935, L. G. M. VI, S. 133—230.

No. 10*a*. J. J. Dozy, Ueber das Perm der Südalpen. 1935, L. G. M. VII, S. 41—62.

No. 11. J. J. Dozy, Beitrag zur Tektonik der Bergamasker Alpen. 1935, L. G. M. VII, S. 63—84.

No. 12. J. J. Dozy und P. D. Timmermans, Erläuterungen zur Geologischen Karte der Zentralen Bergamasker Alpen. 1935, L. G. M. VII, S. 85—109.

No. 13. J. Weeda, La Géologie de la Vallée Supérieure du Serio. 1936, L. G. M. VIII, S. 1—54.

No. 14. W. A. Visser, Die Geologie der westlichen und suedlichen Abhaenge des Pizzo della Presolana und des Monte Ferrante. 1937, L. G. M. IX, S. 108—176.

I. INLEIDING.

In het voorjaar van 1937 werd mij vanwege het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie te Leiden voorgesteld in aansluiting aan mijn, toen reeds beëindigd, geologisch onderzoek ten Oosten van de Serio, ook het gebied terzelfder hoogte ten Westen van de Serio, te gaan bewerken.

Ten einde de hieraan verbonden onkosten voor reis en verblijf en een gedeelte der publicatiekosten te kunnen bestrijden, deed ik een beroep op de Stichting „Molengraaff-fonds'' te Delft. Dit beroep is niet tevergeefsch geweest.

Nu, bij de publicatie van de resultaten, voel ik mij verplicht uiting te geven aan mijn groote dankbaarheid.

Bij de bestudeering van het verslag, de kaart en de profielen van PARODI, opgenomen in het „Bollettino della Società Geologica Italiana'', Vol. LV, Fasc. 1 van 30 Juni 1936 kwam ik al gauw tot eenzelfde conclusie, als welke PARODI zelf in zijn hoofdstuk „Tettonica'' vermeldt, n.l.: „La struttura tettonica della regione considerata nel presente studio è nel complesso abbastanza semplice''. Mijn karteering van het aangrenzend gebied aan de linkerzijde van de Serio deed mij echter een meer ingewikkelde bouw vermoeden. Bepaalde structuren toch van groot belang voor de bouw van de Bergamasker Alpen moesten haar voortzetting vinden in deze Serio-oever. Wel had PARODI op zijn kaart eenige verbeteringen aangebracht in de grenzen der laagpakketten, zooals door PORRO aangegeven, vooral wat betreft het optreden van Raibler op de Mte Trevasco, en heeft hij een drietal, tot nu toe onbekende, kleine breuken waargenomen, maar zijn tektonische opvatting verschilt toch zeer weinig van die van zijn groote voorganger.

De bouw van het gebied teekent zich hier wel zeer duidelijk af in de algemeene topografie. B.v. van Clusone uit ziet men prachtig de anticlinale welving van de zuidflank van de Mte Secco—Pzo Arera-kam. Ook de synclinaal van de Bta del Fop komt op fraaie wijze in de topografie tot uiting. Opmerkelijk is ook, dat zoo gauw als een stortbeek er in geslaagd is de mergelschalies van de bedekkende Raiblerformatie te doorsnijden, een geweldige erosie inzet in de daaronder liggende Esino-kalken. Het is duidelijk, dat hier de chemische erosie de mechanische op grootsche wijze heeft ondersteund, gezien de (tot 900 m) diepe ravijnen in deze kalk uitgeslepen.

Voor de karteering werd gebruik gemaakt van de oude topografische kaart 1:25.000 blad Serina en van de nieuw bewerkte bladen Clusone, Ardesio en Roncobello. Later werden de geologische gegevens van de oude kaart op het inmiddels verschenen nieuwe blad Serina overgebracht.

Om de orientatie op de kaart te vergemakkelijken werd gebruik gemaakt van het op de nieuwe topografische kaarten voorkomend coördinatennet. Plaatsaanduidingen werden nu op de volgende wijze aangegeven, b.v.: Mte Secco (G 6).

Het ten Oosten van de Serio gelegen gebied werd bewerkt met het doel de gegevens te verwerken in een proefschrift. Om deze reden zijn de beschrijvingen der twee gebieden geheel gescheiden gehouden. De kaart echter werd ten behoeve van een waardevol overzicht en wegens geringer drukkosten als een geheel bewerkt en gedrukt.

Mijn collega's, die mij met hun kennis en hulpvaardigheid steeds ten dienste stonden, betuig ik hierbij mijn welgemeende dank.

II. FACIEELE, STRATIGRAFISCHE EN PETROGRAFISCHE BESCHRIJVING VAN DE SEDIMENTEN.

A. De Servino.

Lagen, behoorend tot de Servino-facies, werden door mij in dit gebied niet aangetroffen. Evenwel werden bij Bani di Ardesio, gelegen boven de gehuchten Rizzoli en Albareti in het Val Canale door CAFFI (1903) even onder het kerkje schalies, bijna verticaal staand en gericht N 80° E, gevonden. Er werden slecht geconserveerde afdrukken van Naticella costata in waargenomen, zoodat deze lagen tot het Werfenien moeten worden gerekend.

Reeds CURIONI geeft op zijn geologische kaart van Lombardije aan, dat zich bij Bani „conglomerati, scisti en arenarie fini" (Servino-facies) moeten bevinden. Hij schreef aan deze lagen echter een Permische ouderdom toe, terwijl het Verrucano-conglomeraat door hem tot het Carboon gerekend werd. Toen ik, onbekend met voornoemde onderzoekingen, de Valcanale-breuk langs Bani trachtte te vervolgen, heb ik van een ontsluiting bij de kerk niets bemerkt en dus geen Servino op mijn kaart ingeteekend. Het is natuurlijk mogelijk, dat deze ontsluiting midden in het dorp niet meer bestaat.

De Valcanale-breuk is over groote afstand door puin bedekt, zoodat het niet mogelijk was deze bij Bani precies vast te stellen. Echter treedt even ten S van het dorp Esino-kalk op en waarnemingen, gemaakt van de overzijde van het dal af, deden eveneens vermoeden, dat de breuk iets ten S van het dorp verloopt. In dit geval is het dus mogelijk, dat de Servino normaal op het Verrucano-conglomeraat ten N van de breuk rust. De kans, dat de Servino thuis behoort onder de meer oostelijk voorkomende Valsecca-lagen, schijnt mij toe, wegens de richting van de breuk, niet groot te zijn.

B. De Valsecca.

PORRO verstaat onder *„Muschelkalk"* alle gesteenten tusschen Servino en Raibler. Hij onderscheidt twee facies, n.l. een kalk-schaliefacies en een riffacies. De facies komen naast elkaar voor, maar steeds komt ook de riffacies boven de kalk-schaliefacies voor. COSIJN, JONG en WENNEKERS gebruikten deze term echter om de lagen aan te duiden tusschen de Servino en de Esino (rifkalk), dus alleen de lagen met de kalk-schaliefacies. Andere Leidsche geologen als HOFSTEENGE en WEEDA deelden in

naar de gedeeltelijk vermoede ouderdom. Dit laatste verdient in zooverre geen aanbeveling, omdat het veelal onmogelijk is deze stratigrafische grenzen te bepalen bij gebrek aan of slechte conservatie van de fossielen; wel echter moet steeds zoo nauwkeurig mogelijk worden nagegaan op welk niveau van de relatieve tijdschaal een bepaalde facies zich bevindt en omgekeerd.

De riffacies van PORRO heeft een naam, n.l. „Esino". De kalkschaliefacies dreigt nu echter een stratigrafische naam te krijgen, n.l. „Muschelkalk", maar deze naam behoort thuis in de stratigrafische verdeeling van de Duitsche Trias en is dus niet geschikt als faciesnaam in de Bergamasker Alpen. Hierbij komt dus nog het bovengenoemd bezwaar van afwijkend gebruik door verscheidene onderzoekers in de Bergamasker Alpen.

In het *Val Secca,* een zijdal van het Valle Brembana, komt nu goed ontsloten een strook voor van onze kalk-schaliefacies, waarin verschillende bekende fossielvindplaatsen liggen, b.v. de beroemde vindplaats onder de Corna Buca (1292 m) SSW van Roncobello. Ik zal nu voortaan de naam *„Valsecca"* gebruiken om het complex lagen aan te duiden, begrepen tusschen de Servino-facies en de Esino-facies.

De Valsecca-formatie wordt gevonden in twee onderling parallel verloopende strooken in de noordwand van een E—W gerichte machtige bergkam in het N van het gebied, welke als uiterste toppen heeft de Mte Secco en de Pzo Arera. De hoogst gelegen strook is wegens de zeer steile wanden slecht te bereiken. Ik moest mij tevreden stellen met het op enkele plaatsen aanslaan van de laagst ontsloten lagen en de gegevens over stratigrafie en facies verkrijgen door bestudeering van het overvloedige puin. Het bleek echter overduidelijk, dat de facies geheel overeenkomt met die van de lager gelegen strook, welke overal goed toegankelijk is en waarin de stortbeken fraaie ontsluitingen hebben uitgeslepen. De strooken worden gescheiden door Esino-kalk, die normaal rust op de laagste Valsecca-strook, doch een anormaal contact te zien geeft met de hooger gelegen strook. In de onderste Valsecca-strook werden zoo nauwkeurig mogelijk profielen opgenomen, waaruit het hierna volgend detailprofiel werd samengesteld. Ook de grens van deze laatste Valsecca-formatie met de onderliggende Esino- en Raibler-lagen is over zijn geheele lengte een anormale.

Profiel door de Valsecca-formatie.

Esino.

f.	4—10 m	donkere dungelaagde kalken met dunne laagjes gele kalk op het oneffen laagvlak, z.g. knobbelkalk. 2de knobbelkalkhorizont.
	± 6 m	breccieuse kalk (plaatselijk door storing).
e.	± 53 m	lichtgrijze kalksteen in dikke banken
	n.l. ± 13 m	lichtgrijs tot lichtgeel verweerende kalk met mergelige inslag.
	± 12 m	lichtgrijs tot lichtgeel verweerende zandige kalken.

	± 14 m	kalkbanken met Esino-facies en gelaagdheid tengevolge van wormachtige structuren.
	± 14 m	afwisseling van kalksteenbanken uit de vorige niveaux.
d.	± 62 m	donkergrijze kalksteenen, afwisselend dun en dikbankig met oneffen laagvlak.
c.	± 60 m	dungelaagde zwarte tot donkerblauwe kalksteenbanken met oneffen laagvlak, waarop weinig of geen gele kalk, afgewisseld met zwarte mergelschalie.
b.	± 80 m	2—3 dm dikke banken van donkerblauwe kalk afgewisseld met zwarte mergelschalie.
a.	> 130 m	donkerblauwe tot zwarte tot grijze kalken met zeer oneffen laagvlak, waarop vrij veel gele dolomietische kalk voorkomt, periodiek afwisselend met eenige meters dikke lagen gele kalk. 1ste knobbelkalkhorizont.

Op de volgende wijze is uit dit profiel een eenvoudige indeeling van de Valsecca-formatie te verkrijgen.

De onder *a* genoemde lagen vormen een op zichzelf staande horizont; *b* en *c* laten zich samenvoegen als een schalierijke horizont getypeerd door een zeer donker uiterlijk. Verder ligt het voor de hand de onder *d* en *e* genoemde horizonten samen te nemen als een schalievrije horizont van vrij dikke, over het algemeen lichtgekleurde kalkbanken. De onder *f* genoemde kalken teekenen zich duidelijk af tegen de lichte Esino-kalk en de eronder liggende lichtgrijze kalken. Zij vormen aldus een mooie grenshorizont.

Kort resumeerend wordt de indeeling van de Valsecca-formatie dus als volgt:

	Esino-kalk	Ladinien.
4.	2de knobbelkalkhorizont	Ladinien.
3.	lichte schalievrije horizont	Ladinien.
2.	donkere schalierijke horizont	--- Boven-Anisien (Recoaro-kalk en Trinodosus-schisten)
1.	1ste knobbelkalkhorizont	--- Onder-Anisien (Gracilis-schisten)

De totale dikte van de Valsecca-formatie kon, daar geen Servino in normaal contact ontsloten is, niet worden bepaald, maar bedraagt in ieder geval meer dan 400 m.

Met betrekking tot de ouderdom is niets met zekerheid te zeggen; er werden n.l. geen fossielen gevonden. Parallelisatie met Valsecca-lagen ontsloten in andere deelen van de Bergamasker Alpen, heeft echter tot resultaat, dat de bovengrens van het op het Werfenien volgend Anisien komt te liggen tusschen de lichte schalievrije en de donkere schalierijke horizont. Deze parallelisatie berust vooral op de groote overeenkomst tusschen de onder *b* en *c* genoemde lagen met de Recoaro-kalk en Trinodosus-schisten, zooals dezen in het door TRÜMPY bewerkte Grigna-gebergte voorkomen, waar hun ouderdom als Boven-Anisien kon worden bepaald. De eerste knobbelkalkhorizont (in het Italiaansch: Bernocolutto), die dan een Onder-Anisische ouderdom moet bezitten, komt in feite ook zeer goed

overeen met TRÜMPY's kalkig-zandige Gracilisschisten (ook daar als „Bernocolutto'' ontwikkeld!). De hooger gelegen schalievrije horizont en de 2de knobbelkalkhorizont behooren evenals de Esino tot het Ladinien.

Zooals bekend wordt het Ladinien der Bergamasker Alpen verdeeld in Buchensteiner, Wengener en Cassianer lagen. Deze onderverdeeling is echter nergens zuiver door te voeren. Door het ontbreken van de fossielen moet ik dan ook van correlatie-pogingen afzien.

Van de twee boven elkaar gelegen strooken Valsecca-lagen werd de onderste strook door PORRO en ook door PARODI als Raibler gekarteerd. De bovenste strook werd door hen niet van de Esino onderscheiden.

ENE van Bani komt nog een strook Valsecca-lagen voor, n.l. in de noordwand van de Cna Panzera (I 8, J 8). Deze serie is òf met veel puin bedekt òf met zwaar bosch begroeid, zoodat slechts hier en daar waarnemingen konden worden verricht. Zoo is het mij tot mijn spijt niet mogen gelukken het contact met de Esino te zien. Aan de andere Serio-oever bleek het contact Valsecca—Esino anormaal te zijn, n.l. scheiding door een steile breuk. Met het oog op deze storing en het voorkomen van Valsecca tot vrij hoog in de Cna Panzera heb ik ook hier een anormale grens op de kaart aangegeven.

C. De Esino.

Een belangrijk deel van het gebied wordt ingenomen door lagen ontwikkeld in de Esino-facies, de facies van wittig verweerende, goed of slecht gelaagde, over het algemeen lichtgekleurde kalken en dolomieten. Deze formatie vertoont zich aan ons in langgerekte dagzomen en in, in den regel, zeer diepe vensters (tot 900 m diep). Deze vensters hebben een cañon-achtig uiterlijk en zijn van een overweldigende schoonheid. De voornaamsten zijn: het Valle Nossana, het Valle Fontagnone en het Boven-Val Parina.

In het oostelijk deel van het gebied is de Esino ontwikkeld als een ongelaagde witte tot lichtgrijze tot leverkleurige kalk-dolomietmassa [1]). Hij wordt door een onregelmatig verloopende overgangszone verbonden met de in het Westen optredende goed gelaagde Esino.

Alleen in de nabijheid van de grens met de Valsecca is de Esino als zuivere dolomiet ontwikkeld, donkergrijs van kleur en voor dolomiet betrekkelijk fijnkorrelig. Hij is daar fijn gelaagd (2—3 cm), maar wegens zijn geringe hardheid heeft de erosie in sterke mate vat op deze lagen, zoodat het complex een ongelaagde indruk maakt. Ik meen te hebben opgemerkt, dat deze lagen slechts plaatselijk in belangrijke mate ontwikkeld zijn, b.v. in het amphitheater (H 7) op 1200 m ten NE van de Mte Secco. De dikte bedraagt hier volgens schatting 60—70 m. Vergelijking van Valsecca en Esino met die van aangrenzende gebieden heeft tot resultaat een mogelijke correlatie van deze onderste Esino met de zandige facies uit de z.g. Wengener lagen. Het complex zou dan een

[1]) Wordt van „Esino-dolomiet'' gesproken, dan wordt hiermede vrijwel zuivere dolomiet bedoeld, wordt echter van „Esino-kalk'' gesproken, dan bedenke men hierbij, dat die kalk meestal een zeker percentage aan dolomiet bevat.

Midden-Ladinische ouderdom bezitten. Daar in het Westen van het onderzochte gebied geen Valsecca-lagen ontsloten zijn, is het mij niet bekend hoever deze Esino-dolomiet zich naar die zijde uitstrekt. De eventueele voortzetting in oostelijke richting zal worden besproken bij de behandeling van het gebied aan de linkerzijde van de Serio.

Op de dolomiet volgt een zeer dik grof gelaagd tot ongelaagd kalksteenpakket, waarvan de lithologische kenmerken reeds vele malen beschreven werden.

Het bovenste deel van de Esino-formatie wordt gevormd door grofkristallijne dolomietlagen. Deze lagen bieden betrekkelijk weinig weerstand aan de erosie, zoodat deze horizont in het veld gemakkelijk is te scheiden van de Midden-Esino (Esino s.str.) door zijn glooiende hellingen. Bovendien vertoont deze Boven-Esino bij weinig of geen begroeiïng een intens witte kleur en schittert wegens de grove korrel in het zonlicht. Dikte 50—60 m.

Esino-profiel in het Oosten.

3. Boven-Esino: witte grofkorrelige dolomiet, goed gelaagd.
2. Midden-Esino: ongelaagde kalk (Esino s.str.)
1. Onder-Esino: donkergrijze, grofkorrelige dolomiet.

De geheele Esino bereikt hier in het oostelijk deel een maximale dikte van 800 m.

De overgangszone.

Zooals gezegd, wordt de in het Oosten voorkomende vrijwel ongelaagde Esino verbonden met de in het NW (Arera) voorkomende goed gelaagde door een overgangszone (Fig. 2).

Deze overgangszone wordt gekenmerkt door een grootere dikte en duidelijker gelaagdheid van de Boven-Esino, die hier niet meer als zuivere dolomiet ontwikkeld is. Ook de daaronder liggende Esino s.str. laat geleidelijk aan steeds duidelijker een grove gelaagdheid zien en de afzonderlijke banken vertoonen soms reeds, zij het zwak, de eigenaardige zeer fijne gelaagdheid, veroorzaakt door uiterst dunne mergelinschakelingen, waarop ik bij de bespreking van de Raibler-formatie zal terugkomen. De Boven-Esino wordt echter niet alleen dikker, hij wordt ook fijner van korrel en harder, terwijl de Midden-Esino als gevolg van de gelaagdheid gemakkelijker ten prooi valt aan de erosie. De grens tusschen de Midden- en Boven-Esino en tusschen deze laatste en de kalkige Onder-Raibler wordt dus steeds minder duidelijk, hetgeen groote moeilijkheden veroorzaakte bij de karteering. Ik ben tot mijn groote spijt niet in staat geweest dit grensincident tijdens mijn veldwerk tot klaarheid te brengen.

De Italiaansche geologen, die in dit deel van de Bergamasker Alpen gewerkt hebben, onder wie vooral Porro dient genoemd te worden, vatten de kalkdolomiet- en mergelbanken tusschen de Esino en de Raibler s.str. samen onder de naam „Dolomia metallifera" of „(Calcare) metallifero". Deze horizont had zijn naam te danken aan het veelvuldig voorkomen van mineralen en erts, ongeveer op de grens van Esino en Raibler, dus op de grens van twee verschillende facies. De karteering van deze „Metallifero" moet echter geheel als een facieskarteering worden opge-

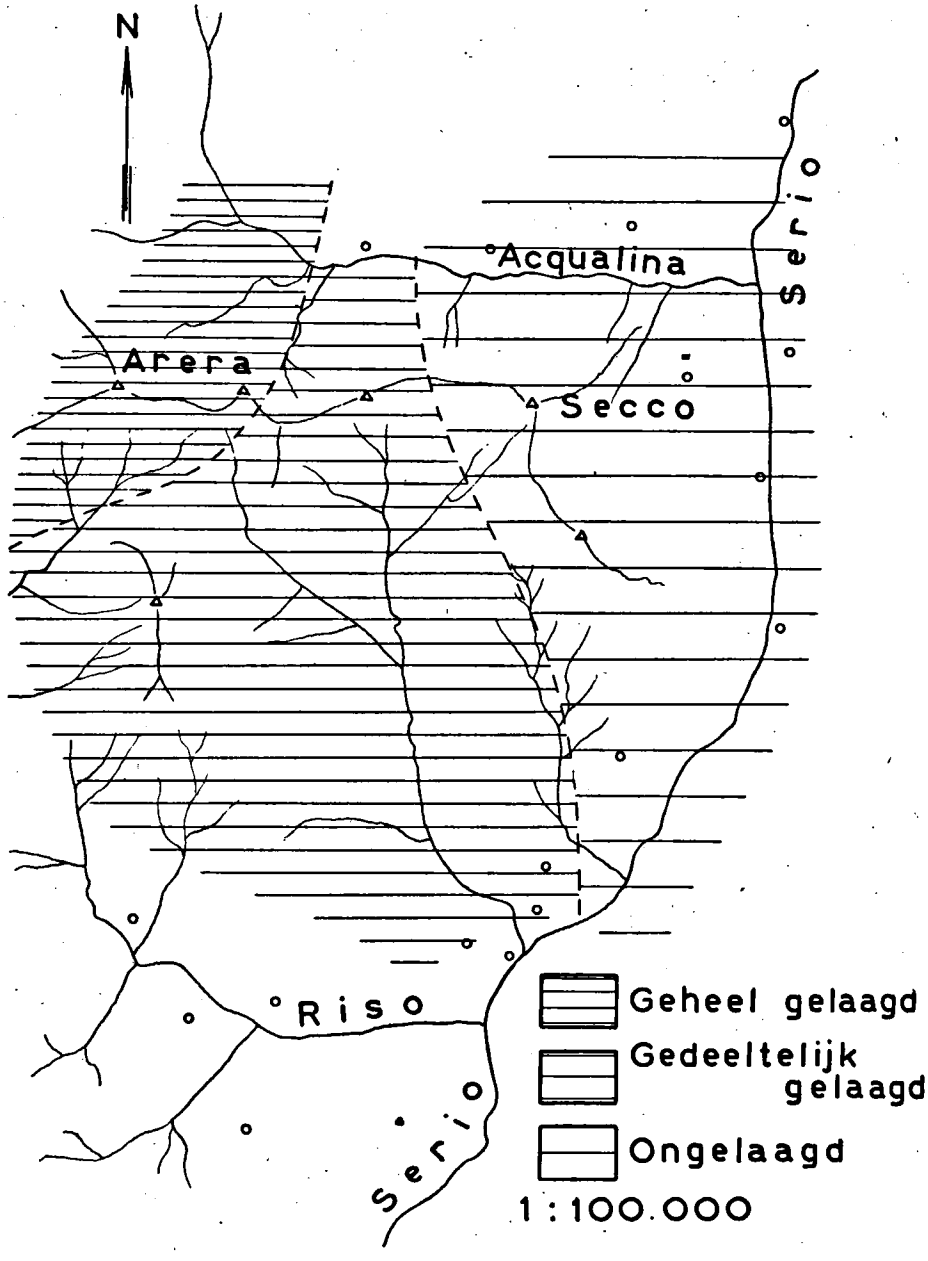

Fig. 2.
Begrenzing van de zones met afwijkende gelaagdheid in de Esino.

vat. PORRO' geeft b.v. de volgende beschrijving: lichtgrijze dolomieten met enkele Esino-fossielen (Chemnizia's); deze lagen worden naar boven toe donkerder en gaan met mergel-intercalaties over in de Raibler. Hierna volgt: „Het mineraal zink, dat *dikwijls* in deze lagen wordt gevonden, enz.''. Ook COSIJN en HOFSTEENGE karteerden een overgangszone van sterk wisselende dikte (0—100 m) als Metallifero. Deze overgang is ongeveer als volgt:

Raibler.

---

kleischalielaagjes en dunne zwarte hoornsteenbankjes.
ertshoudende donkere kalken.
10 m steriele kalk (lichtgrijs en met veel calcietaders).

Calcare rosso (Esino).

Deze „calcare rosso'' uit het Valle Brembana gaat in het gebied van Oltre il Colle in een roode, vermoedelijk primair-stratigrafische breccie over. 1 m dik in de Mte Menna, wordt zij naar het Oosten geleidelijk dikker met een maximum van 5 à 6 m. Bij Oltre il Colle nu ligt direct op de breccie een ± 20 m dik kalkcomplex, de z.g. „calcare nero'' (zwarte kalksteenbanken met bitumineuze zwarte tusschenlaagjes), waarop weer kleischalies liggen. (Vormen tezamen de Metallifero.)

Beschouwen wij nu de volgende overgangsprofielen, opgenomen in het onderhavige gebied.

Samengesteld profiel langs de Serio bij de Pte Seghe (Ardesio).

IV. donkerblauwe kalkbanken met zwarte schalies.
III. ± 60 m zeer lichte dikbankige kalk met mergelige inslag, afgewisseld door dunne mergelige laagjes bruin tot zwart van kleur.
II. ± 33 m afwisseling van lichte kalkbanken, felgekleurde mergels, tuffen en breccie, benevens een „calcare rosso'' niveau.
I. grofkristallijne Boven-Esino-dolomiet.
— Ongelaagde Esino s.str.-kalk.

Samengesteld profiel loopend ongeveer van Oneta-Vall'Orso naar de Mte Golla. (D 3, D 4, D 5).

7. zwarte kalken afgewisseld met donkere mergelige schalie.
6. ± 35 m zwarte kalken afgewisseld met 2—5 cm dikke laagjes van roode mergelschalie.
5. ± 80 m afwisseling van grijze tot geelgrijze tot donkergrijze kalkbanken, hier en daar gescheiden door schalies of zeer mergelige kalkbanken.
4. ± 30 m zelfde als onder 5, maar geen schalie. Aantal lichte Esino-achtige banken neemt zeer toe (soms grofkorrelig).
3. zelfde als onder 5. Geen schalie. Esino-achtige lagen overheerschen sterk (soms zeer grofkorrelig).

2. uitsluitend lichte tot leverkleurige kalkbanken, evenwel met eenigszins mergelige inslag.
1. zelfde als onder 2 genoemd. = Ongelaagde Esino s.str.-kalk.

De onder IV en 7 genoemde horizonten laten zich direct paralleliseeren als zeer schalierijk. De fossielvoering is in beide zeer groot. De andere horizonten vertoonen over het algemeen weinig punten van overeenkomst, b.v. in II en 6 komt roode mergel voor, maar de verschillen zijn overigens zoo groot, dat parallelisatie uitgesloten is. Nemen we echter II en III samen en eveneens 5 en 6, dan blijken beide groepen betrekkelijk schaliearm te zijn. Tevens valt op de sterke kleurwisseling. 3 en 4 onderscheiden zich van de rest door een grovere korrel. Zelfs treden banken op met een kristalgrootte van 1—2 cm, b.v. bij de 2091 m hooge top ten NE van de Cma di Grem (D 5). Opvallend in het veld is de betrekkelijk gemakkelijke erosie en de schittering van het puin in het zonlicht. We zien dus in korrelgrootte en verweering overeenstemming met de onder I genoemde horizont. Goede gelaagdheid en het optreden van donkerder banken blijven echter belangrijk verschil opleveren.

Bij het Pte Seghe-profiel valt verder het duidelijk verschil tusschen de horizonten I, II en III, en IV op. Dus een driedeeling! IV bezit een kalk-schaliefacies. II en III echter bezitten eveneens een kalk-schaliefacies, en nog wel een kleurrijke typeerend voor de Raibler-facies. I daarentegen behoort stellig tot de Esino. Vandaar dat ik IV als Midden-Raibler en II en III als Onder-Raibler heb gekarteerd. Er doet zich hier dus niet de minste behoefte gevoelen aan karteering van een overgangsfacies (Metallifero).

We hebben nu gezien, dat deze driedeeling zonder de feiten geweld aan te doen ook doorgevoerd kan worden in het Vall'Orso-profiel, n.l.:

c.	een schalierijke zeer donkere horizont	7
b.	een schaliearme kleurrijke horizont	6 en 5
a.	een grofkorrelige schalievrije horizont	4 en 3

terwijl 2 en 1 met een wat mergelige Esino-facies buiten beschouwing kunnen blijven.

De faciesgrens tusschen Esino en Raibler ligt dus ook hier tusschen *a* en *b*, terwijl *c* de Midden-Raibler vertegenwoordigt en *b* de Onder-Raibler.

De vaststelling van de Esino—Raibler-grens is geschied na de karteering van het gebied van de geheel of gedeeltelijk gelaagde Esino, zoodat in dit gebied deze grens later aan de hand van verzamelde gegevens op de kaart is ingeteekend d. m. v. een afwijkende grensaanduiding (—.—).

In de Onder-Raibler van het Pte Seghe-profiel (Valle Seriana) ligt een rood, geel en grijsgekitte breccie direct boven het „calcare rosso"-niveau en de Esino-Raibler-grens moest hier een 20-tal meters lager

getrokken worden. In het Valle Brembana werd de Esino-Metallifero-grens getrokken direct boven de „calcare rosso''(-breccie).

Naar aanleiding van bovengenoemde overwegingen zou ik nu willen voorstellen de Esino—Metallifero-grens van het Valle Brembana vast te stellen direct onder het „calcare rosso''-niveau, zoodat deze grens dan overeenkomt met de Esino—Raibler-grens in het Valle Seriana. Op de tweede plaats stel ik voor, de Metallifero als behoorend tot de Raibler-facies in de Raibler op te nemen, terwijl voortaan de grens Esino—Raibler daar dient te worden gekozen, waar de Esino-kalken worden onderbroken of vervangen door regelmatige in kleur afwijkende kalk- of schaliebanken. Door in te gaan op dit laatste voorstel wordt tevens meer overeenstemming bereikt met de karteering van de in het W der Bergamasker Alpen gelegen gebieden.

De dikte van de Boven-Esino is in de overgangszone wegens gering verschil met de onderliggende zone niet te bepalen.

De Esino in het NW.

De grens Valsecca—Esino is in het noordwestelijk deel niet ontsloten.

In de Pzo Arera komt op ± 2000 m hoogte een bijna horizontaal verschuivingsvlak voor. Onder het vlak ligt de betrekkelijk gemakkelijk verweerende Boven-Esino in seminormaal contact met de daaronder voorkomende jongere Raibler. Erboven ligt tot de top een ruim 500 m dik goedgelaagd pakket, uit het N stammend, van Esinoachtige kalk, die aan het verweerde oppervlak haar mergelige inslag verraadt door een wittiggelig verweeringshuidje of door lichtgolvende dunne bandjes. Deze bandjes zijn, in tegenstelling met die uit de Onder-Raibler, bijna nooit op het versche breukvlak waar te nemen. Ten N van de Arera kan men boven het verschuivingsvlak Valsecca-lagen waarnemen, die zich daar op normale wijze onder de gelaagde Esino bevinden. We hebben dus in de Arera te maken met Midden-Esino gescheiden door een anormaal contact van de eronder liggende grofkorrelige Boven-Esino. Ten W van de groote NNW—SSE-breuk is eveneens de gelaagde Esino ontwikkeld. Deze Esino is in tegenstelling met die van de Arera strikt autochtoon, zoodat we bij de beschouwing van het zonekaartje (Fig. 2) geen rekening behoeven te houden met de ingewikkelde tektonische bouw.

De overgang Boven-Esino—Midden-Esino, b.v. ontsloten in het Boven-Parina-dal, is ook hier, evenals in de overgangszone, uitermate geleidelijk.

Voor het Ladinien kenmerkende fossielen zijn door mij in de Esino nergens gevonden. Niettemin is het zeker, dat de Esino in zijn geheel tot het Ladinien moet worden gerekend en wel, zooals we reeds hebben gezien, waarschijnlijk voor een deel de plaats inneemt van de Wengener lagen en voor de rest de Cassianer lagen, zij het misschien niet in haar geheel, vertegenwoordigt. De grens Ladinien—Carnien is dus niet met zekerheid aan te geven, ligt echter waarschijnlijk in de Onder-Raibler.

De dikte van de Esino-formatie neemt van Oost naar West geleidelijk aan iets toe, n.l. in het Oosten meet zij een 780—800 m en in het Westen ruim 840 m.

Voor fossielvoering, zie PARODI!

D. De Raibler.

De Raibler beslaat een zeer groot deel van de oppervlakte van het gebied. In het S grenst zij met een gedeeltelijk anormaal contact aan de Hauptdolomiet. Zij vormt verder de glooiende, betrekkelijk vlakke zuidhelling van de Mte Secco—Pzo Arera-bergkam, om vóór deze kam te eindigen in een imposante liggende synclinale. Ten Westen van de Arera—Oneta-breuk is de Raibler sterk gedaald ten opzichte van het door de bekende diepe Esino-vensters onderbroken oostelijk deel en is zoodoende in mindere mate aan de erosie ten offer gevallen. Verder komt Raibler voor in de steile Serio-oever boven de Festi-Rasini (vooral Midden- en Onder-Raibler), gescheiden door een anormaal contact van de hooger liggende Esino. De geheele Raibler is verder nog in vele ontsluitingen te bestudeeren ten NE van de Mte Secco.

Parodi heeft de Raibler-kalken en -schalies in extenso beschreven. Hij heeft detailprofielen opgenomen welke, hoewel van geringe afmeting, het karakter van de Raibler-facies goed doen uitkomen. Deze profielen stellen deelen voor uit mijn Boven- en Midden-Raibler. Ik kan dus volstaan met een globaal profiel op te geven, waardoor mijn driedeeling van de Raibler duidelijk in het oog springt.

Profiel:

c. *Boven-Raibler,* dikte ± 350 m.

Wordt gevormd door een kleurrijke afwisseling van kalken, mergelige kalken, al of niet zandige mergelschalies en kleischalies.

De kleuren zijn wit, grijs, geel, rood, groen, blauw en zwart.

Mooie ontsluitingen kan men vinden in het Rogno-dal (F 2, F 3), in het Musso-dal (D 2, E 3) en op het groote pad van de Bta Zuccone (C 6) naar Plassa (D 3).

b. *Midden-Raibler,* dikte ± 250 m.

Bestaat uit donkerblauwe tot zwarte dungelaagde kalkbanken met oneffen oppervlak, waarop dikwijls gele kalk is afgezet (Bernocolutto), afgewisseld met mergelige of zandige schalie. Deze schalieniveaux kunnen 15—20 m dik zijn.

Deze horizont is donker van kleur, n.l. geel, donkergrijs, donkergroen en zwart.

Mooie ontsluitingen ontmoet men op de Mte Alino (H 4), in de omstreken van Oneta (D 3), ten S van de Arera, en op het pad van Rizzoli naar Cacciamali (I 7).

a. *Onder-Raibler,* dikte ± 125 m.

Over het algemeen een kleurrijke afwisseling van goedgelaagde kalk en van mergelige of tuffige kleischalies. Opmerkelijk is het regionaal optreden van een smalle breccie-laag.

De lagen bezitten witte, grijze, gele, groene, roode, blauwe en zwarte kleur.

Mooie ontsluitingen worden gevonden in het Vall'Orso, ten S van

de Pzo Arera, op de Esino—Raibler-grens ten S van de Mte Secco en in de rechter Serio-oever bij de Pte Seghe.

Zoowel de Boven-Raibler- als de Midden-Raibler-lagen zijn zeer fossielrijk. Bijna overal werden in deze lagen determineerbare fossielen of resten van fossielen (meest Myophoria Kefersteini Münst., Myophoria Whateleyae Buch. en Gervilleia Bouei Hau., gidsfossielen voor het Carnien) gevonden. Terwijl zij nog zeer hoog in de Boven-Raibler gevonden worden, treden zij in de Hauptdolomiet niet meer op. Elders blijkt de Hauptdolomiet vrijwel van Norische ouderdom te zijn, zoodat wij ook hier kunnen aannemen, dat de Raibler-Hauptdolomiet-faciesgrens ongeveer samenvalt met de grens Carnien—Norien.

PARODI geeft in zijn artikel een imponeerende lijst van fossielen, gevonden in de Raibler.

E. De Hauptdolomiet.

De in het S van het gebied voorkomende strook Hauptdolomiet strekt zich uit van de Pso della Crocetta (B 3) in het W tot voorbij de Serio. Zij ligt ongestoord van genoemde pas tot even voorbij de Mte Castello (C 2), daarna maken belangrijke breuken van de Hauptdolomietzone over eenige afstand een horsten- en slenkengebied. Zoo kunnen wij, ofschoon toppen als de Mte Secretondo (1557 m) en de Cima di Cavlera (1317 m) (D 1) uit Hauptdolomiet bestaan, reeds op 900 m hoogte (b.v. in het Musso-dal) Rhät aantreffen.

Als belangrijke bijzonderheid wil ik nog vermelden, het vinden van Hauptdolomiet aan de monding van het Valle Nossana onder het terras van Parre (H 3). Hierdoor kon de breuk, die de Hauptdolomiet van de Raibler en de Esino scheidt en welke over groote afstand met puin en rolsteenafzettingen is bedekt, nauwkeuriger worden bepaald.

Nog nimmer is bij het doorkruisen van de Hauptdolomiet bij mij eenig verlangen opgekomen deze eentonige grauwe kalkdolomiet-massa in horizonten te gaan indeelen. Ik geloof ook, dat dit geheel overbodig werk zou zijn geweest.

De dikte van de Hauptdolomiet-formatie bedraagt, gemeten in een N—S-profiel door de Mte Alben (de H. D. helt onder geringe hoek zuidwaarts), ruim 1200 m.

De grens met de Rhät is zeer abrupt. Zonder eenige overgang volgt direct op de normale kalkdolomiet de zwarte kleisteen van de Rhät. Misschien is een hiaat in de afzetting de oorzaak van deze plotselinge overgang. Dat hier wel degelijk aan een onderbreking van de sedimentatie mag worden gedacht, wordt bewezen door het optreden van een zoodanig hiaat tusschen de Hauptdolomiet en de Rhät in het Meerengebied, waar inschakeling van „terra rossa'' zelfs op een sterke erosie wijst. Ook b.v. in de Oostalpen bij Innsbrück (Vollrath) is een hiaat aangetoond geworden. Een lichte discordantie heb ik niet kunnen vaststellen.

De Hauptdolomiet wordt geacht het geheele Norien te vertegenwoordigen.

F. De Rhät.

De Rhät werd aangetroffen op twee plaatsen in de slenk van het Boven-Musso-dal, n.l. onder het topje 1053 (D 1) en bij de huisjes van de Mte d'Asla (C 1, D 1) op de waterscheiding. Verder is ook de waterscheiding tusschen de Cima di Cavlera en de Pzo Frol (F 1) bedekt met schalies uit de Rhät.

Van de Rhät is slechts het onderste deel door de erosie gespaard gebleven. Het zijn fijn splinterige zachte kleischalies, die dikwijls een blauwe glans vertoonen, waarschijnlijk als gevolg van een groot ijzergehalte. Zij worden slechts hier en daar afgewisseld door kalkrijke hardere lagen. Deze kleischalies behooren tot PORRO's horizont van de plattenkalken en donkere schalies.

Daar geen fossielen zijn gevonden, kon geen verdeeling worden doorgevoerd in de bekende horizonten van STOPPANI, n.l. die met Avicula contorta en een hoogere met Terebratula gregaria. Deze lagen vertegenwoordigen het onderste deel van de Rhät.

III. DE INTRUSIEVE GESTEENTEN.

Op het muildierpad, dat van Parre over de Mte Trevasco (G 3) langs de linker wand van het Valle Nossana voert, werd bij het huis op 677 m zeer veel puin gevonden, afkomstig van een porphyrietgang. Het gesteente werd echter niet vast aangetroffen, maar de groote hoeveelheid puin doet een gang van verscheidene meters dikte vermoeden, die ter plaatse moet voorkomen, echter door puin en verweeringsaarde is bedekt. Andere gangen van porphyriet of een ander intrusie-gesteente werden niet opgemerkt.

Maar op de Costa di Belloro even ten SE van de Cime di Belloro werd de, door PARODI aangegeven, groote porphyrietontsluiting nader bestudeerd en de omtrek in zijn geheel afgeloopen. Het bleek nu, dat de ligging door PARODI niet geheel juist was aangegeven; ook vertoont de erosie-begrenzing een veel grilliger verloop. Wij hebben hier te doen, blijkens de vorm en het effect van de erosie (afname van de doorsnede bij meer diepgaande erosie), met een kleine laccoliet, die hier in zijn geheel is blootgelegd, misschien wel voor het grootste gedeelte door denudatie is verdwenen. De laccoliet is geïntrudeerd in de onderste Raibler-lagen. Aan deze lagen werden geen contactverschijnselen waargenomen.

Het intrusieve gesteente is de bekende hoornblende-diorietporphyriet der Bergamasker Alpen.

IV. DE HYDROTHERMALE AFZETTINGEN.

Aan de westgrens van het gebied ligt het mijngebied van het Boven-Valle Vedra (Arera). Deze mijnen zijn op het oogenblik verlaten. Belangrijker is het mijngebied van Oneta in het Val del Riso, waar sinds eenige jaren weer op volle kracht wordt gewerkt. Ontgonnen wordt, zooals bekend, zinkerts (sfaleriet, smithoniet en calamien) en in geringere mate ook looderts (galeniet).

Terwijl bovengenoemde mineralen van de Boven-Esino tot diep in de Midden-Raibler voorkomen, is het ertshoudend gesteente hier slechts een 30—40 m dik en wordt gevormd door een laagpakket uit de Onder-Raibler.

HOFSTEENGE heeft in 1934 een uitgebreide studie gemaakt van de lood- en zinkertsen van de Bergamasker Alpen en o.a. de door P. VISSER verzamelde ertsmonsters van het Oneta-mijngebied aan een nauwkeurig onderzoek onderworpen. Ik verwijs daarom voor wat de mineraalvoering en de genese betreft naar de publicatie van HOFSTEENGE.

V. TEKTONISCHE BESCHRIJVING VAN HET GEBIED.

1. Algemeen (Historisch overzicht).

De bouw van het gebied werd door PORRO verklaard door van Zuid naar Noord: een vlakke anticlinale welving tot ongeveer ter hoogte van Villa d'Ogna (J 5), daarna een wat scherpe synclinale, de anticlinaal van de Mte Secco, waarop volgde, gedeeltelijk met anormaal contact, de vlak liggende synclinale van Ardesio. Deze synclinale speelt verder een belangrijke rol in PORRO's tektoniek, hetgeen blijkt uit volgend citaat: „Sui fianchi del Mte Secco ed a nord di questo in Val Canale si iniziano quelle pieghe e quelle fratture che hanno poi grande sviluppo nel gruppo della Presolana si da rendere lo studio di questa montagna interessante insieme e difficile"[1]). De storing tusschen de Esino van de Mte Secco en de Raibler van de Ardesio-synclinale laat hij dus ontstaan op de noordflank van de Mte Secco. Deze storing zet zich als een plooi-overschuiving met steeds grooter amplitudo naar het Oosten voort in de Presolana-groep. Maar belangrijker voor ons is de voortzetting van de synclinale naar het Westen. PORRO zegt n.l. iets verder: „Ritornando in Val Canale, noi osserviamo a circa mezza altezza sul fianco sud, lungo le dirupate scogliere dolomitiche correre orizontalmente una esigna fascia di banchi et strati calcarei, la quale però non è continua, etc."[2]). De Ardesio-synclinale zet zich dus horizontaal naar het Westen voort als een bundel kalkbanken, welke hier en daar onderbroken is. Hij teekent deze voortzetting in zijn profielen echter niet precies als een synclinale

[1]) PORRO, C. Alpi Bergamasche, p. 25.
[2]) idem, p. 26.

en laat als het ware de mogelijkheid open voor een interpretatie door middel van een storing. De lagen van de Ardesio-synclinale moeten volgens PORRO tot de Raibler gerekend worden op grond van een determinatie van Myophoria Kefersteini, gevonden bij het dorpje Cacciamali.

In het Westen van het gebied teekent PORRO een N—S-breuk, die echter even ten S van de Arera plotseling in oostelijke richting afbuigt. Zooals wij later zullen zien verbindt PORRO hier twee phenomenen, n.l. de Arera-breuk met de Bta Zuccone-opschuiving.

In 1930 verscheen een tektonisch werk over de Lombardische Alpen. De schrijver, CACCIAMALI, ziet hierin de Bergamasker en Brescianer Alpen als een naar het S gerichte schubstapeling, een serie van negen z.g. „falde". „Falda" kan in dit verband misschien het best vertaald worden door „plooi-overschuiving", daar zijn verschuivingen over eenige afstand in anticlinalen plegen over te gaan. Falda I wordt in drieën verdeeld, n.l. falda I A, I B en I C. Wij hebben, wat ons gebied betreft, slechts met falda I C te maken. CACCIAMALI maakt gebruik van de mogelijkheid, zooals reeds vermeld door PORRO in zijn profielen opgelaten, de storing van Ardesio te verlengen naar het Westen. De synclinale van Ardesio met haar verlenging naar Oost en West wordt dan beschouwd als ondergrond, terwijl de Mte Secco—Pzo Arera-kam behoort tot de bedekking, welke direct haar voortzetting vindt in het gebergte ten N van de Valcanale-breuk. De naar het Oosten afwijkende breuk van PORRO ten S van de Arera scheidt volgens CACCIAMALI ook de bedekking van de ondergrond, zoodat de overschuiving ten Westen van de breuk een veel zuidelijker punt bereikt. Ja, zelfs de top van de Mte Alben zou als klip tot deze bedekking (falda I C) behooren. De Mte Alben moet volgens hem n.l. een verdubbeling zijn, omdat de top dezelfde facies bezit als een niveau op 1600 m. Een zoo vèrstrekkende tektonische gevolgtrekking op zulke losse gronden acht ik echter onverantwoord. De scheiding tusschen bedekking en ondergrond ten S van de Mte Secco—Pzo Arera-kam geschiedt door het verbinden van PORRO's gebogen storing met een breuk even ten S van Villa d'Ogna en een meer oostelijk ten S van de Mte Paré, beiden eveneens aangegeven door PORRO. Ook deze vrije interpretatie van PORRO's gegevens mist een degelijke grondslag.

PARODI's (1936) tektonische opvatting verschilt slechts in zooverre van die van PORRO, dat hij diens aanduiding voor een eventueele voortzetting van de Ardesio-storing negeert en in de zuidwand van het Val Canale een ingeplooide Raibler-strook teekent, die ook hier de directe voortzetting is van de Ardesio-synclinale. Zooals echter reeds in het hoofdstuk handelend over de Valsecca-lagen is gebleken, komt PORRO's westelijke voortzetting van de Ardesio-synclinale overeen met de onderste der twee Valsecca-strooken, welke door een anormaal contact wordt gescheiden van de onderliggende Esino en Raibler (synclinale van Ardesio). Als zoodanig kan deze strook dus in geen enkel verband staan met de synclinale van Ardesio, maar behoort, om met CACCIAMALI te spreken, tot de bedekking gescheiden van het substratum door de voortzetting van de Ardesio-storing.

Wat nu mijn eigen waarnemingen betreft, deze zullen in 2 groepen worden besproken, n.l. in een groep van tangentiale structuren en een groep van structuren, gericht ongeveer evenwijdig met de algemeene drukrichting.

2. De tangentiale structuren.

A. De Valcanale-flexuur.

Bij de Pzo della Marogella is prachtig waar te nemen, hoe de Verrucano-conglomeraten vanuit het Noorden komend hun vlakke ligging verliezen en weldra steil naar het S onderduiken. Hetzelfde volgt uit metingen in deze Verrucano ten Oosten van Gromo en is weer zeer goed waar te nemen in het Val di Scalve. Deze ombuiging heeft dus zeker regionale beteekenis, daar zij ook nog verder naar het Westen en Oosten kan worden vervolgd. De terugbuiging tot vlakke helling, welke iets zuidelijker verwacht kan worden, is nergens ontsloten, mag echter met de grootste stellingheid worden aangenomen, daar de Trias direct volgend op het conglomeraat, in het E vlak liggend, in het W steil staand, vrijwel de normale opeenvolging representeert. Wij kunnen dus gerust van een flexuur spreken. De beteekenis van deze flexuur voor de tektoniek ligt volgens mij vooral in haar functie van stootblok voor de lager gelegen Trias. Op deze kwestie zal echter in het „Tektonisch overzicht" nader worden ingegaan. Daar een breuk de Trias scheidt van het Verrucano-conglomeraat en deze breuk de noordgrens vormt, valt het zichtbare deel van de flexuur buiten het onderzochte gebied.

B. De Ardesio-opschuiving en de Pte Seghe-breuk.

Op het pad, dat van de brug over de Serio bij de electrische centrale van Ardesio leidt naar Cacciamali, ziet men voorbij de huisjes van Pizzoli het contact tusschen Raibler en Esino duidelijk ontsloten. De sterk breccieuse massa, welke direct grenst aan de vrijwel ongestoorde Esino, blijkt bij een nadere beschouwing te bestaan uit zeer sterk gestoorde kalkige Boven-Raibler-lagen. Terecht heeft Porro hier dan ook een storing op zijn kaart aangegeven. Hij laat echter deze randstoring van zijn synclinale van Ardesio ongeveer ter hoogte van Cacciamali eindigen. Maar wanneer wij het pad voorbij Cacciamali vervolgen, zien wij op twee, eenige honderden meters uit elkaar gelegen plaatsen, steil staande dunne lagen van groene en roode mergels, afgewisseld met gele kalkbankjes en dikkere lagen van poreuse gele kalk. Volgens Porro zouden we hier Onder-Raibler hebben moeten vinden; deze Boven-Raibler geeft dus aan, dat de breuk ook voorbij Cacciamali niet alleen nog bestaat, maar zelfs nog een belangrijke spronghoogte bezit. Ook grenst hier Valsecca tegen de Boven-Raibler, want deze donkergrijze tot zwarte lagen liggen geheel normaal onder de Esino. De storing is verder goed te vervolgen tot voorbij Valcanale. Het storingsvlak zelf is uitstekend te zien in de zijdalen voorbij de Corno Negro (H 7) en bij de punten 1191 en 1212. Het storingsvlak vertoont een zuidhelling, die varieert van 30—60°, b.v. 60° bij het punt 1212. Op het pad, dat van Albareti

naar het circus boven de Corno Negro voert, wordt veel puin gevonden van groene en gele kalkige mergel, hetgeen bewijst, dat ook boven de Corno Negro nog Boven-Raibler grenst aan de Valsecca.

Vervolgen we de Onder-Raibler-lagen van de Pte Seghe, dan blijkt, dat zij met toenemende helling de Acqualina volgen, de beek passeeren en recht op Rizzoli toeloopen, waar zij met een E—W-strekking eindigen tegen de Esino van Rizzoli. Deze Onder-Raibler loopt dus niet, zooals aan de hand van PORRO's kaart kon worden verwacht, langs de Corno Negro. Daar men, gaande van Rizzoli tot voorbij Cacciamali, de geheele Raibler van onder naar boven in ongeveer normale opeenvolging doorloopt, is het duidelijk, dat wij hier niet te doen hebben met een eenvoudige synclinale, maar met een tusschen breuken naar beneden geperst pakket van Raibler-lagen, de persslenk van Ardesio.

In het S schuift volgens een vlak met betrekkelijk geringe helling Valsecca op deze Raibler, in het NW grenst de geheele formatie aan Esino, dus eveneens een anormaal contact, alleen in het NE gaat de Onder-Raibler normaal over in de Esino van de Acqualina. Storingen aan de overzijde van de Serio bij de Pte Seghe, waar b.v. Onder-Raibler en Boven-Esino verschuiven over Onder-Esino en Valsecca, vormden voor mij de reden de hoofdstoring te verbinden met de SW—NE-breuk van de Corno Negro. Ook profielconstructie dwingt tot de veronderstelling van een breuk langs Marinoni. De Raibler van Ardesio (veel gidsfossielen werden gevonden) vormt dus een persslenk, begrensd door storingen en geen synclinale. Wel komen in deze persslenk scherpe secundaire synclinalen en anticlinalen voor.

Zooals op de kaart is aangegeven, verdwijnt de steilstaande Corno Negro-breuk onder het meer vlakke verschuivingsvlak van de Ardesio-opschuiving, hetgeen volgens mij, gezien het semi-autochtoon karakter van de Ardesio-opschuiving, duidt op een gelijke ouderdom.

C. De Presolana-overschuiving.

In de Presolana-groep komt een horizontale verschuiving voor met een groote verschuivingsbreedte [1]). Vooral naar het W zet deze overschuiving zich ver voort. Zoo vormt de zeer vlakke overschuiving van de Esino boven de Festi Rasini (J 5) over de geheele Raibler en verder meer noordelijk over de Esino van de Ardesio-opschuiving, een deel van deze Presolana-overschuiving. De dagzoom van dit verschuivingsvlak is over het grootste deel van zijn lengte met puin bedekt, zoodat alleen boven de Festi Rasini en bij de Bta Sup.re di Mte Secco het vlak met zekerheid op een bepaalde hoogte kon worden vastgesteld. Gegevens omtrent het verloop werden b.v. verkregen in het Valle Poderizza (I 6), waar van een zekere hoogte af plotseling donker puin zich ging voegen bij het lichte Esino-puin. De mogelijkheid is n.l. niet uitgesloten, dat dit puin afkomstig zou zijn van de Raibler van de Festi Rasini, de Ogna-Raibler, dus meegevoerd met de overschoven massa. Verder werd gezocht naar de bekende rose Esino-kalkmylonieten, die ook werden ge-

[1]) W. A. VISSER, Literatuur 19.

vonden, maar niet rijk genoeg ontwikkeld waren om er veel waarde aan te hechten. Vermeldenswaard werden echter pas deze gegevens toen bleek, dat zij afkomstig waren van plaatsen, die ongeveer liggen op de theoretische verbindingslijn van de overschuivingsvlakken boven de Festi Rasini en bij de Bta Sup.re di Mte Secco. PORRO beschouwde de Raibler van Ogna als een naar het E duikende synclinale, vandaar dat hij overal in de nabijheid van het contact met de Esino Metallifero teekende. Onder-Raibler komt echter slechts voor tegen de Esino, welke noordelijk van de Raibler ligt, dus tegen de Esino van Ardesio-opschuiving. Deze Esino staat zeer steil (80° S), maar buigt op de hoogte waar vroeger het verschuivingsvlak moet hebben gelegen, plotseling sterk naar het N. De Onder-Raibler werd natuurlijk eerder afgesneden door het verschuivingsvlak, maar het snelle ombuigen ook van deze lagen wordt nu nog aangetoond door de tong van vlak liggende Onder-Raibler-lagen, direct onder het overschuivingsvlak. Naar het S staat de Raibler steeds minder steil, maar ook hier werden afwijkingen in helling en strekking gevonden dicht onder het overschuivingsvlak. Zoo werd een 20 m lager en ± 25 m horizontaal van de Esino-wand van 908 m donkere Midden-Raibler-kalk met fossielen gevonden met een sterk afwijkende strekking en een betrekkelijk geringe helling.

In de noordwand van de Mte Secco is zeer duidelijk een horizontaal verschuivingsvlak te zien. In hoeverre evenwel dit vlak het Presolana-overschuivingsvlak weergeeft is niet bekend, daar het vlak in ieder geval behoort bij de Arera-terugschuiving. Waarschijnlijk vallen Presolana-overschuivingsvlak en Arera-terugschuivingsvlak hier over eenige afstand samen.

Ook meer westelijk is geen ander vlak dan het Arera-terugschuivingsvlak ontsloten. Daar volgens den heer RAASVELDT in de depressie in de kam tusschen de Cma del Fop en de Cma Valmora het Arera-terugschuivingsvlak door erosie is verdwenen, zou, indien deze terugschuiving het Presolana-vlak voor het oog zou hebben verborgen, dit vlak nu hier moeten dagzomen. Dit nu is volgens den heer RAASVELDT niet het geval. We moeten dus aannemen, dat het bedrag van verschuiving van de Presolana-overschuiving vóór de Cma del Fop tot vrijwel nul is verminderd. Hiermede stemt overeen het ten eenen male ontbreken van eenig verschuivingsvlak in het zeer diepe Valle Nossana. Opmerkelijk blijft echter de zeer snelle afname van het verschuivingsbedrag.

D. De synclinale van de Bta del Fop.

De synclinale ten S van de Mte Secco—Pzo Arera-kam, door PARODI „synclinale della Bta del Fop'' genoemd, werd door PORRO meer beschouwd als de knik voor de steile anticlinale welving van de Esino in de kam. Uit PARODI's profielen blijkt, dat hij meer aandacht aan deze ombuiging heeft besteed. Zoo teekent hij de Raibler-lagen zeer scherp teruggebogen in de Cma di Leten (E 6) en de ombuiging op de juiste wijze in de Costa del Mte Vaccaro (I 5).

Het verloop van deze ombuiging is het beste na te gaan, wanneer men de Onder-Raibler-lagen van de noordflank vervolgt. In de Costa

del Mte Vaccaro vertoonen deze lagen een sterke zuidhelling, hetgeen in dit geval niet behoeft te duiden op een open synclinale, maar eerder te wijten is aan vergaande erosie van de synclinale. Iets voorbij de Cma Vaccaro gaan deze lagen echter noordwaarts hellen (50° N op de grens met de Esino). Ten S van de top 2088 wijken de Onder-Raibler-lagen plotseling sterk naar het Zuiden tot vlak bij de Bta della Forcella (G 5). Hieruit volgt dus een meer dan horizontale ligging van de synclinale en tevens haar sterke toeknijping en haar groote overplooiïng. Zeer fraai is ook een sterke vrijwel horizontale ombuiging van Midden- en Onder-Raibler-lagen waar te nemen boven de Bta del Fop (G 6) Fig. 3.

Fig. 3.

De liggende synclinale van de Bta del Fop ten NW van de baita.
In de kern van de synclinale ziet men zachte (begroeide) Midden-Raibler-lagen.

Opvallend in meer westelijke richting is het wat steiler staan van de toegeknepen synclinale in de Cma di Leten (Fig. 4), in de rug ten N van de Bta Camplano (D 6) en ten S van de Pzo Arera, en eveneens het ontbreken in deze streek van de Onder-Raibler-lagen op de grens met de (Boven-!) Esino.

Op de grens van Esino en Raibler staan in het oostelijk deel van de ombuiging de lagen overal steil, hetgeen bewijst, dat de synclinale as ongeveer evenwijdig aan deze grens verloopt. Ten N van de Bta di Leten (E 6) snijdt deze synclinale as de kam, om dan wat af te buigen naar de Mte Marogella in het door den heer RAASVELDT bewerkte gebied. De zichtbare overplooiïng neemt dus toe naar het Westen.

In het hart van de synclinale is door mij nergens Boven-Raibler aangetroffen, hetgeen als bewijs mag gelden voor het sterk toegeknepen karakter van de plooi. Ten S van de Arera zou misschien, gezien de groote afstand van de synclinale as, Boven-Raibler verwacht kunnen worden. De Arera-terugschuiving snijdt de synclinale hier echter veel dieper aan, zoodat dit de oorzaak kan zijn van het ontbreken van de Boven-Raibler hier ter plaatse.

Fig. 4.

De synclinale van de Bta del Fop ten W van de Bta di Mte Leten, gezien vanaf een punt ten N van de Bta della Forcella. De aangegeven horizont omvat de Onder-Raibler-lagen.

E. De Bta Zuccono-opschuiving en de Bta Vaccaro-breuk

De Bta Zuccone-opschuiving (C 6, D 6) komt overeen met de afbuiging naar het Oosten van Porro's breuk ten S van de Arera. De baita is gebouwd tegen een bultje van waarschijnlijk Boven-Esino, staat echter op Midden-Raibler. Dalen we van hier af in het Parina-dal, dan zien we hoe het verschuivingsvlak parallel loopt aan de topografie. In de beek zelf staat het vlak steil. Mij komt het voor, dat hier in de natuur het moment gefixeerd is geworden, waarop een steile breuk overgaat in een vlakke overschuiving. Het grillig verloop van het anormale contact wordt ook op overtuigende wijze verklaard met snijding van de topografie door een gebogen vlak (Fig. 7). Bij de Bta Valmora (D 6) neemt de spronghoogte snel af en zij wordt nul in de rug van de Cma di Leten.

De westgrens van de opschuiving wordt gevormd door de Bta Pradello-breuk. De Raibler-lagen ten N van de opschuiving vertoonen op het contact steeds „Schleppung''-verschijnselen door steiler noordhelling.

Op ruim 1700 m werd tijdens onderzoekingen naar de aard van de synclinale van de Bta del Fop in het tweede diepe zijdal ten E van de Bta di Leten een breuk geconstateerd met geringe spronghoogte. Eveneens werd een breuk waargenomen op het pad, dat van de Bta del Fop langs de koeiendrinkplaats op 1649 m (F 6) voert tot in het Valle Nossana. Deze breuk had dezelfde richting als de eerste en kon weer direct verbonden worden met de breuk iets ten N van punt 1642 (G 6). Dit punt van de breuk is uitstekend waar te nemen vanuit de Bta del Fop. Eveneens werd de breuk geconstateerd in het Valle Fontagnone en ook overduidelijk bij de la Bta del Mte Vaccaro (H 5). Bij dit laatste punt werd reeds door Parodi een breuk aangegeven.

De spronghoogte neemt naar het E geleidelijk toe (Onder-Raibler tegen Midden-Raibler), is het grootst tusschen de Bta della Forcella en de la Bta del Mte Vaccaro (Esino tegen Midden-Raibler), en neemt daarna snel af. Steeds vertoont de breuk een geringe zuidhelling en daarom is het vanzelfsprekend te denken aan de mogelijkheid, dat deze breuk de functie van de Bta Zuccone-opschuiving overgenomen zou kunnen hebben.

F. De Cme di Belloro-breuk en de S. S. Trinitá-breuk.

Deze twee breuken zijn beide reeds door Parodi aangegeven. De voornaamste is de S.S. Trinitá-breuk (H 3). Zij onderbreekt de regelmatige opeenvolging der Raibler-lagen naar de Hauptdolomiet, zoodat Parre weer op de grens van Onder- en Midden-Raibler komt te liggen.

De breuk is goed waar te nemen op de groote paden van Parre sup.re naar het Valle Nossana en eveneens boven de S.S. Trinitá-kapel. Ook op het pad van C. Palazzo naar Parre bemerkt men direct de groote overgang van zwarte Midden-Raibler naar de lichte Onder-Raibler.

De breuk van de Cme di Belloro is nog van eenig belang, omdat zij de Esino—Raibler-grens wat naar het Westen verplaatst heeft. Haar spronghoogte is gering.

G. De Arera-terugschuivingen.

De naam „terugschuiving'' hebben zij te danken aan het feit, dat zij met zekerheid naar het S gericht zijn, dus tegen de algemeene bewegingsrichting in.

Zoowel ten N van de Bta Valmora als ten S van de Arera blijkt het contact tusschen Esino en Raibler anormaal te zijn. Bij de Cma Valmora ontbreekt alleen de Onder-Raibler, maar meer naar het Westen wordt ook geleidelijk een deel van de Midden-Raibler en wellicht zelfs Boven-Raibler door de verschuiving afgesneden. Een mooie hoewel zeer kleine ontsluiting van dit over het algemeen slecht ontsloten anormale contact bevindt zich in de westhelling van de Arera op 2050 m hoogte

(Fig. 5). Goede ontsluitingen zijn eveneens te vinden boven de Bta Valmora.

Van meer belang echter dan dit „seminormale'' contact is het anormale contact, dat hoogerop in de Esino van de Mte Secco—Pzo Arera-kam wordt gevonden. Vooral van de overzijde van het Val Parina af, b.v. van de Cma di Grem, is deze verschuiving prachtig waar te

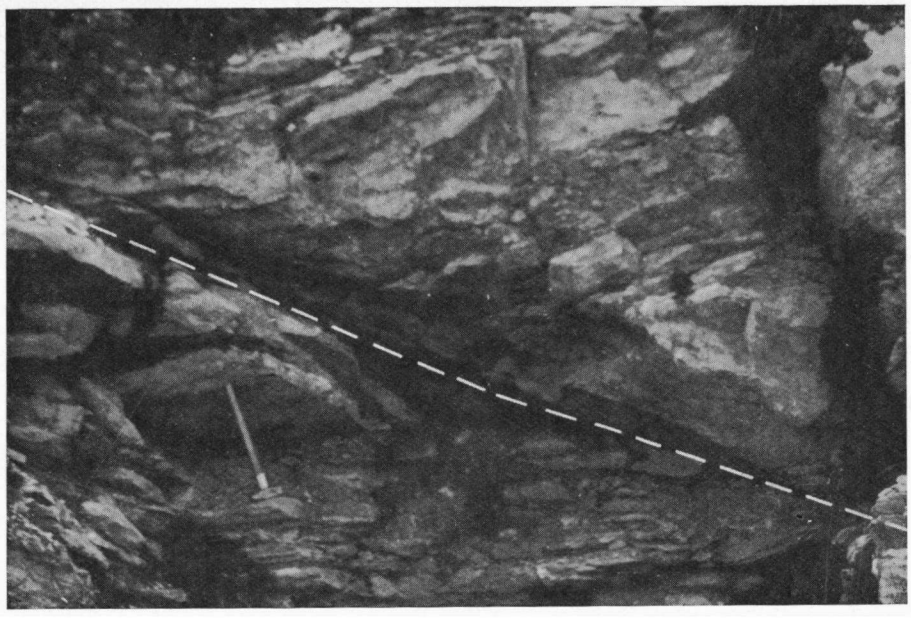

Fig. 5.

Ontsluiting van het onderste der twee Arera-terugschuivingsvlakken in de westhelling van de Pzo Arera.
Esino-kalk ligt hier overschoven op zwarte Midden-Raibler-kalken en schalies.

nemen (Fig. 6). De boven het verschuivingsvlak liggende goed gelaagde Esino wordt door dit vlak onder geringe hoek gesneden, hetgeen op bijgaande foto zeer duidelijk is te zien.

Zooals uit het voorgaande blijkt, is de Esino gelegen onder dit hoogere zeer belangrijke verschuivingsvlak, de Boven-Esino van de noordflank van de liggende synclinale van de Bta del Fop. De Esino boven het verschuivingsvlak rust echter even ten N van de kam normaal op Valsecca-lagen, vertegenwoordigt dus, daar de Onder-Esino, indien aanwezig, dun is, vooral de Midden-Esino.

Beide verschuivingsvlakken vertoonen in de Arera en de Valmora een geringe noordhelling. Na de onderbreking van het groote overschuivingsvlak ten E van de Cima Valmora, heeft volgens den heer Raasveldt dit vlak een sterk gebogen vorm. In de zuidflank van de kam moest daarom dit vlak dagzomen, hetgeen door mij, toenmaals on-

bekend met de waarnemingen van den heer RAASVELDT, in de kam ten W van de Cma del Fop op groote hoogte ook inderdaad werd geconstateerd.

Een duidelijke voortzetting van deze storing naar het E en W werd niet opgemerkt. De heer RAASVELDT heeft zich evenwel voorgenomen in de loop van de volgende zomer speciaal naar deze zuidelijke dagzoom van het Arera-terugschuivingsvlak te zoeken. De noordelijke dagzoom is, voor zoover in het gebied gelegen, overal zeer fraai ontsloten. Hier rust de bovenste strook Valsecca-lagen, behoorend tot de terugschuiving,

Fig. 6.

De Pizzo Arera gezien vanaf de Cima di Grem.
Vooral de dagzoom van het bovenste van de twee Arera-terugschuivingsvlakken is op deze foto zeer goed te zien. Duidelijk waarneembaar is de afsnijding van de zuidhellende goed gelaagde Esino. Onder dit verschuivingsvlak ligt de minder uitgesproken gelaagde Boven-Esino van de lager gelegen terugschuiving, die op haar beurt weer rust op de donkere Midden-Raibler-lagen van de synclinale van de Baita del Fop. De terugschuivingsvlakken zijn ter orientatie met donkere pijlen aangegeven.

op de Esino van de Ardesio-opschuiving (Fig. 8). Deze Esino is over de geheele lengte aan het contact sterk gemylonitiseerd. De Valsecca-lagen buigen naar het S snel om en deze ombuiging wordt door het verschuivingsvlak aangesneden. Waarschijnlijk is deze ombuiging primair (hetgeen volgde uit profielconstructie), maar is zij tevens geaccentueerd door „Schleppung". Plaatselijk terugwijken van de kam door erosie toont deze snelle ombuiging en afsnijding zeer fraai aan (Fig. 9). Vandaar het aanzienlijk smaller zijn of geheel verdwijnen van de strook

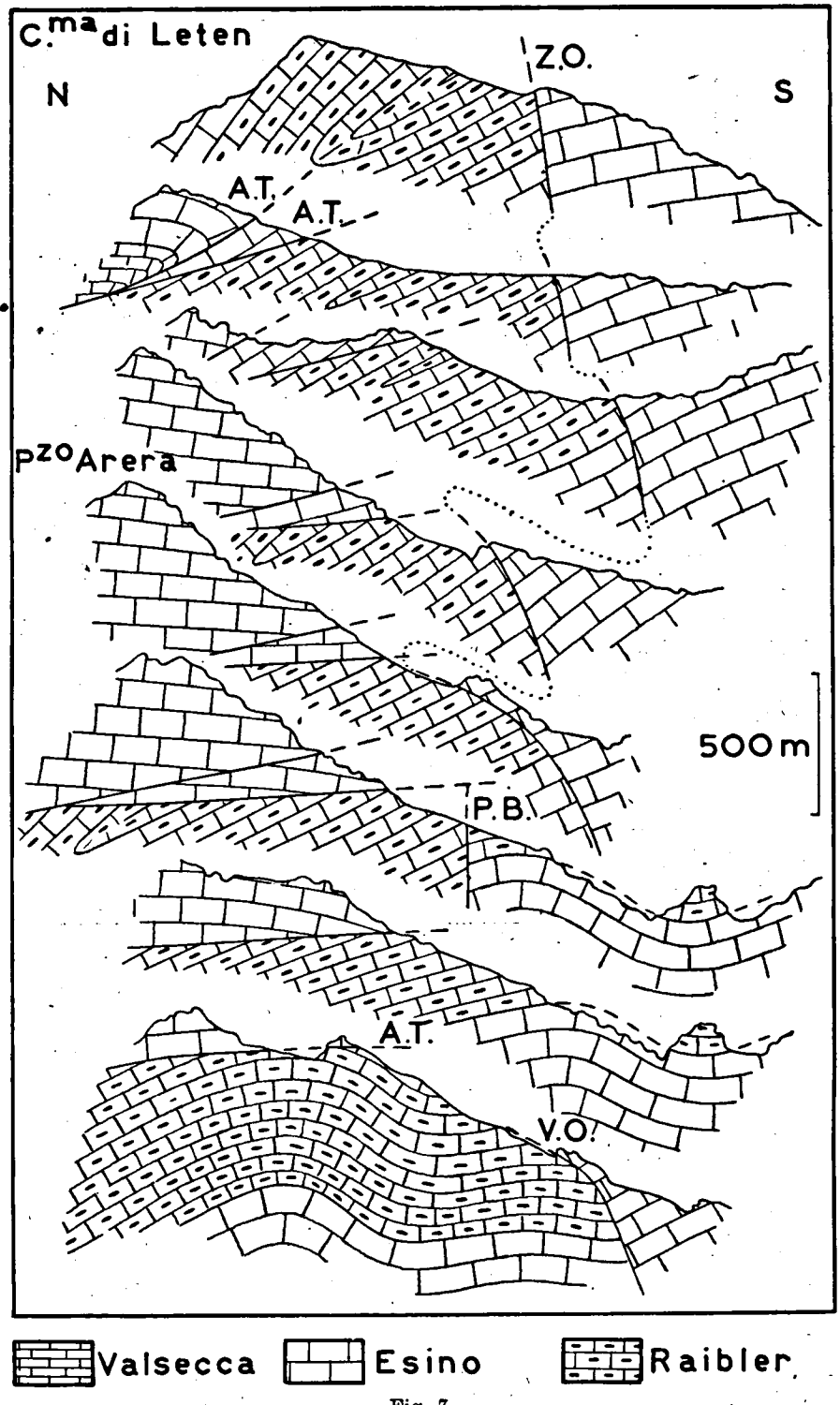

Fig. 7.

Profielen door de Arera-terugschuivingen (A.T.), de synclinale van de Bta del Fop, de Bta Zuccone-opschuiving (Z.O.) en de Val Secca-opschuiving (V.O.) ten W van de Cma di Leten. P.B.: Bta Pradello-breuk.

na de kleine dwarsstoring ten E van de Fop. Deze storing is geheel van ondergeschikt belang.

Zooals bij de behandeling van de Presolana-overschuiving reeds is gebleken, bestaat er gegronde reden aan te nemen, dat de Arera-terugschuiving zich in het E van dit vlak bediend heeft als overschuivingsvlak, daar van groote afstand in de Mte Secco slechts één bijna horizontal bewegingsvlak is waar te nemen. Uiterst moeilijke terreinomstandigheden hebben een oplossing van dit probleem in den weg gestaan.

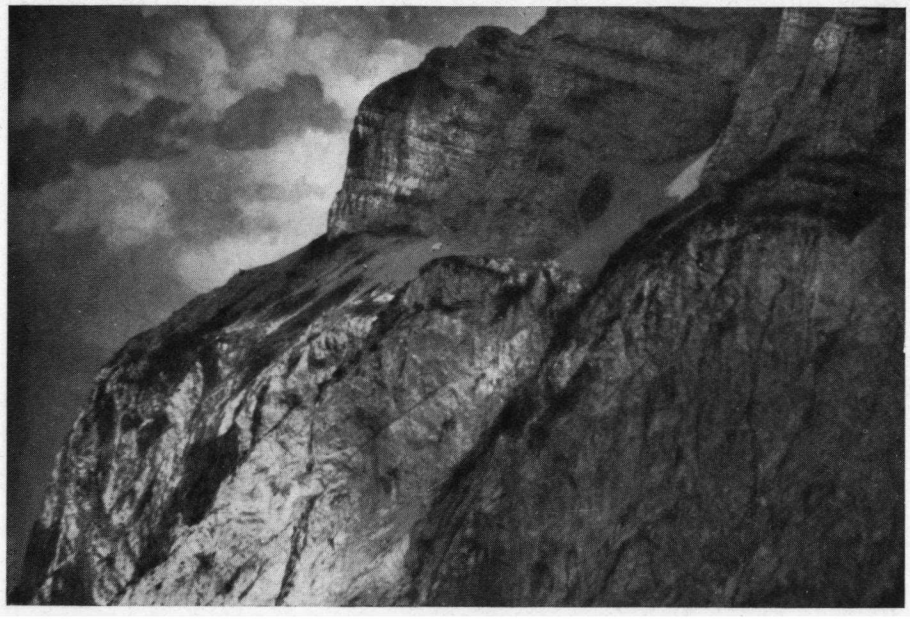

Fig. 8.

De Arera-terugschuiving ten N van de Mte Secco.
De goed gelaagde Valsecca van de terugschuiving rust hier met geringe zuidhelling op de ongelaagde Esino van de Ardesio-opschuiving.
(hoogte ± 1900 m).

H. De Valcanale-breuk.

Deze breuk is uit de literatuur bekend als de Valcanale-Bondione-breuk (WEEDA). Zij volgt de flexuur van vóór Valcanale tot ver voorbij Gromo. Deze breuk moet men zich echter niet ontstaan denken door de overgang van de flexuur in een breuk als gevolg van versterking van het verschijnsel, maar deze breuk moet integendeel zijn ontstaan tengevolge van een algeheele oppersing van de Trias-sedimenten tegen de flexuur. Deze oppersing ging, zooals wij reeds hebben gezien, gepaard met het ineenschuiven van deze sedimenten.

De breuk scheidt, in zooverre zij onze noordgrens vormt, het Perm

van de Trias en wel het Verrucano-conglomeraat van de Esino en de Valsecca. Alleen bij Bani schijnt zich nog eenige Servino tusschen te schakelen.

I. De Clusone-breuk.

Over groote afstand wordt in het Zuiden de Raibler van de Hauptdolomiet gescheiden door een over het algemeen steilstaande breuk. Haar westelijk einde vindt zij in het verzakkingsgebied ten SE van

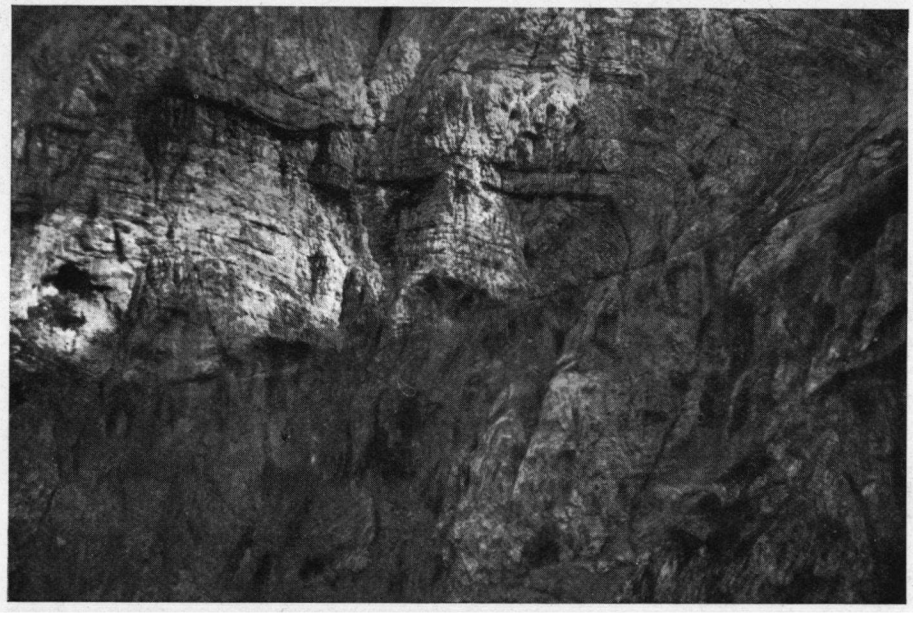

Fig. 9.

Ombuiging van de Valsecca-lagen aan het hoogste der Arera-terugschuivingsvlakken in de wand ten NE van de Cma del Fop.
De ongelaagde kalk onder het verschuivingsvlak behoort tot de Esino van de Ardesio-opschuiving. Het verschuivingsvlak is hier duidelijk te zien.

Oneta, waar zij met groote spronghoogte doodloopt op de Cma di Cavlera-breuk. De helling van het breukvlak bedraagt hier 70° S.

De Clusone-breuk is goed waar te nemen in het Musso-dal en op het topje 726 rechts van het als fossielvindplaats beroemde Rogno-dal. Tot voorbij het Rogno-dal grenst de Hauptdolomiet aan Boven-Raibler. Bij Nossa gaat het contact schuil onder het terras van Parre, maar op het pad voor de trap naar Parre werd nog wat Hauptdolomiet gevonden en hoogerop treedt Onder-Raibler van onder het terras te voorschijn. Meer oostelijk aan de Serio, waar de terrassen op Esino rusten, moet de Hauptdolomiet dus aan de Esino van de Presolana-overschuiving grenzen.

De breuk moet waarschijnlijk met betrekking tot de andere tektonische phenomenen als jong worden beschouwd.

3. De N—S-breuken.

A. De Bta Pradello-breuk.

Bij de Bta Alta (D 4) ten S van de Cima di Grem werd Midden-Raibler aangetroffen, terwijl iets meer oostelijk op hooger niveau de onderste Raibler-lagen werden gevonden, hetgeen met het oog op de regelmatige zuidhelling wijst op een anormaal contact. Hoewel de toplagen van de Cma di Grem wellicht nog tot de Raibler kunnen worden gerekend, bestaan de lagen verder uit Esino. Op ± 1800 m werd op de westhelling weer Midden-Raibler aangetroffen. Dus ook hier een anormaal contact, dat wat richting betreft aansluit bij dat ten E van de Bta Alta.

Zeer duidelijk is de breuk verder waar te nemen ten E van de Bta Pradello (C 5, C 6), waar eveneens Midden-Raibler grenst aan Esino. Duidelijk is ook de afsnijding van het zwarte Midden-Raibler-kalkpakket in het Boven-Val Parina.

Ten W van de Bta Zuccone op gelijke hoogte met de baita is goed ontsloten een afwisseling van geel tot bruin verweerende kalken en rood en groen gekleurde harde klei- en mergelschalies, welke serie ongetwijfeld tot de Onder-Raibler behoort, terwijl ten E van de baita de donkere bonte Midden-Raibler tot in het Parina-dal kan worden vervolgd. Hoewel het contact zelf niet is ontsloten en dus de richting niet precies kon worden bepaald, is het toch duidelijk, dat wij ook hier te maken hebben met de voortzetting van de Bta Pradello-breuk, waarop, zooals reeds werd vermeld, de Bta Zuccone-opschuiving eindigt. In de Esino van de Arera-terugschuivingen werd door mij geen storing waargenomen. Ook op de foto van deze terugschuivingen (Fig. 6) is geen breuk te zien, zoodat ik meen te mogen aannemen, dat de Bta Pradello-breuk onder deze terugschuivingen verloopt.

B. De Cma di Grem-breuk.

Gaande langs het pad van de Bta Alta naar de Bta Camplano werd als gevolg van het constateeren van geringe verschillen van de lagen in de Cima di Grem en in de toppen ter rechterzijde van het pad een breuk vermoed ongeveer evenwijdig verloopend met de Bta Pradello-breuk. Voorbij het punt 1970 werd dit vermoeden tot zekerheid wegens de plotselinge verandering in de strekking der lagen. Zooals uit het voorgaande blijkt is deze breuk van weinig belang.

In het Vall'Orso (D 3) hellen de lagen in de rechteroever westwaarts en in de linkeroever naar het Oosten. Ofschoon deze lagen anticlinaalsgewijze kunnen worden verbonden, blijft het vreemd, dat de Orso zich in de rug van deze anticlinaal zou hebben ingesneden.

Er zijn nu twee mogelijkheden, n.l. 1ste: de Bta Pradello-breuk of de Cma di Grem-breuk zet zich, zij het met geringe spronghoogte, voort in het Vall'Orso; 2de: beide breuken ontstaan in het Boven-Vall'Orso uit de anticlinale welving. Voor de eerste mogelijkheid pleit het voorkomen van een kleine storing (Onder-Raibler tegen onderste Midden-Raibler) in de scherpe inbochting van de weg naar Oneta in het Vall'Orso.

C. De Oneta-breuk (Cavlera-breuk en Arera-breuk).

In een zijdal van het Musso-dal werd op ongeveer 1000 m hoogte een breuk met NW—SE-richting geconstateerd tusschen de Hauptdolomiet van de Cavlera (D 1) en de Rhät van Foppa Barbata (E 1). Daar de top van de Cavlera 1320 m hoog is, moet de spronghoogte minstens 450 m bedragen. Zooals vermeld eindigt op deze breuk de belangrijke Clusone-breuk.

Een NNW—SSE-breuk, de Arera-breuk, komt prachtig in de topografie tot uiting ten N van Oneta. Zachte Boven- en Midden-Raiblerlagen liggen hier aan de voet van een machtige Esino-wand. Noordelijker in het Parina-dal neemt de spronghoogte door duiking van de Esino en een regelmatige zuidhelling van de Raibler-lagen snel af en in het Boven-Val Secca (C 6) is de relatieve beweging zelfs duidelijk omgekeerd (Esino en Onder-Raibler tegen Midden-Raibler).

De synclinale Onder- en Midden-Raibler-lagen van de Bta Pradello worden van het Esino-topje 1481 (C 5) gescheiden door een breuk, die eveneens in NNW-richting is te vervolgen en de oostgrens vormt van een langgerekte smalle Raibler-slenk, welke het Val Secca vormt. In het Boven-Val Secca werd deze breuk niet meer waargenomen. Ik houd het echter voor waarschijnlijk, dat zij zich, verscholen onder de grashellingen, nog voortzet tot onder de Arera-terugschuivingen, daar bij de koeiendrinkplaats op 1799 m (C 6) nog Onder-Raibler-lagen aanstaan, terwijl het geheele Boven-Val Secca in Midden-Raibler-lagen is uitgeslepen. De Arera-breuk, die de westgrens van deze slenk vormt, is in de noordwestwand van het Val d'Arera (C 6) nog waar te nemen. In het Val Secca vertoonen de Raibler-lagen sterke „Schleppung''-verschijnselen (E-helling) tegen de Arera-breuk, waardoor de negatieve spronghoogte t. o. v. de verspringing in het Val Riso wordt bevestigd.

De Esino van de slenk rust op ± 1550 m met een vrijwel horizontaal anormaal contact op de Midden-Raibler-lagen, die hier zeer fossielrijk zijn (Myophoria Whateleyi Buch., Gervilleia Bouei Hau, beide gidsfossielen voor het Carnien en eenige ondetermineerbare soorten), dus geheel analoog met de Arera-terugschuivingen en met de Bta Zucconeopschuiving. Daar de slenk door een ongestoorde strook wordt gescheiden van de Bta Zuccone-opschuiving, is het onmogelijk haar met deze opschuiving in direct verband te brengen.

Zooals in de paragraaf over de Bta Pradello-breuk is gebleken moet deze breuk ouder zijn dan de Arera-terugschuivingen. Hetzelfde wordt nu eveneens op vorengenoemde gronden verondersteld voor de breuk van het Val Secca. Of de Arera-breuk reeds bestond voor het ontstaan der Arera-terugschuivingen, is niet na te gaan, maar na deze verschuivingen hebben in ieder geval in belangrijke mate bewegingen langs het Arera-breukvlak plaats gevonden.

Ten W van de breuk ligt de Raibler in vrijwel ongestoorde opeenvolging met geringe zuidhelling. Ten E van de breuk zien we evenwel een vrij sterke plooiïng optreden, n.l. van S naar N: de anticlinale van de Cima di Grem, de scherpe synclinale van de Bta Pradello en de anticlinale welving van de Arera-ondergrond. Deze plooiïng, welke dus

in het Westen begrensd wordt door de Arera-breuk, heeft opnieuw bewegingen veroorzaakt langs de oude breuken van het Val Secca en van de Bta Pradello. Ten E van laatstgenoemde breuk zijn nu de lagen niet synclinaal geplooid, maar hebben zij langs een gebogen verschuivingsvlak een uitweg naar boven gevonden, aldus de Bta Zuccone-opschuiving vormend. We kunnen ons nu de vlakke verschuiving in de slenk van het Val Secca op dezelfde wijze ontstaan denken en ook dit vlak naar analogie van dat van de Bta Zuccone-opschuiving snel laten overgaan in een steile breuk. De plooiïng van het ten E van de Arera-breuk aangrenzend gebied verklaart geheel de positieve en negatieve waarde van de spronghoogte langs de Arera-breuk.

Er dient op gewezen te worden, dat het niet onmogelijk is de Val Secca-verschuiving in verband te brengen met de Arera-terugschuivingen, dus de Esino van de slenk te beschouwen als een verzonken rest van een zich ver zuidwaarts uitgestrekt hebbende Arera-terugschuiving. Vergeleken echter met de voorgaande lijkt mij deze oplossing onwaarschijnlijk.

Boven Plassa (D 3) naderen de Raibler-lagen ter weerszijden van de Arera-breuk elkaar zeer snel. Terwijl echter bij Plassa Onder- en Midden-Raibler-lagen voorkomen, kan men op lager niveau in het Riso-dal jongere Midden-Raibler-lagen en zelfs Boven-Raibler-lagen aantreffen. Ook ziet men ten W van het dorp Oneta Midden-Raibler-lagen van hoogere niveaux als ten E van dit dorp, terwijl ook de strekking afwijkt. Dit alles wijst dus op een voortzetting van de Arera-breuk in zuidelijke richting. De Arera-breuk en de Cavlera-breuk zullen elkaar dus in de buurt van Oneta ontmoeten. Dit maakt een verbinding van deze breuken waarschijnlijk, te meer, daar ook, evenals bij de Arera-breuk het geval was, ook het gebied ten E van de Cavlera-breuk meer te lijden heeft gehad van de algemeene samendrukking dan dat ten W van deze breuk. Om deze redenen ben ik deze breuken als één gaan beschouwen en heb haar, daar zij ongeveer onder Oneta moet verloopen, de Oneta-breuk genoemd.

D. De Mte d'Asla-slenk (C 1, D 1).

De Rhät van de Mte d'Asla grenst d. m. v. een breuk tegen de Hauptdolomiet van de Cma Cavlera. De Rhät vertoont aan dit contact sterke „Schleppung"-verschijnselen (sterke westhelling). Ten W van de huisjes van Asla in een der voedingsdalen van de Musso is eveneens een breuk tusschen Hauptdolomiet en Rhät zeer fraai ontsloten. De richting van de breuk kon hier, evenals met de vorige het geval was, scherp worden ingepeild.

Links van het topje 1053 (D 1) afdalend in het Musso-dal werd op ± 950 m weer Rhät aangetroffen, die echter zoo splinterig was, dat geen metingen konden worden verricht. Het ligt voor de hand hier aan een tweede diepere verzakking te denken, welke behalve door een ± E—W-breukje in het Zuiden begrensd wordt door de belangrijke breuken ter weerszijden van de Mte d'Asla-huisjes.

Daar vele huisjes ten S van Chignolo (D 2) nog op Hauptdolomiet liggen en de normale grens Raibler—Hauptdolomiet slechts geringe

zuidhelling vertoont, dus in het Musso-dal veel sterker naar het S zou moeten afbuigen, heb ik gemeend de westelijke Asla-breuk te moeten verlengen tot aan de Cavlera-breuk.

De Hauptdolomiet van de Cima Cavlera moet eveneens zijn gedaald, doch in veel mindere mate dan die van de Asla-slenk en die van de Pzo Frol.

VI. TEKTONISCH OVERZICHT.

Voor het onderhavige gebied heb ik onderscheid gemaakt tusschen tangentiale structuren en structuren gericht ongeveer evenwijdig aan de algemeene drukrichting, de N—S-breuken. Beide groepen van structuren zijn echter gelijktijdig ontstaan, de onderscheiding is dan ook slechts van structureele en niet van genetische aard.

Het ontstaan van de Valcanale-flexuur is van het allergrootste belang geweest voor de structuur van de zuidelijke sedimenten. Nu vormde het noordelijk opgeheven gedeelte een blok, waartegen de Trias-lagen werden samengedrukt. De persslenk van Ardesio, de Ardesio-opschuiving, de synclinale van de Bta del Fop, zij zijn de machtige bewijzen voor deze samendrukking.

Trachten wij deze phenomenen in hun samenhang te beschouwen.

Zoowel de Hauptdolomiet van de Mte Alben als die van de Pzo Frol, ofschoon gescheiden door de Cavlera-breuk, behooren beide tot het autochtone sedimentpakket van de Po-vlakte. De Hauptdolomiet van de Pzo Frol (F 1) is van de noordelijk gelegen Raibler gescheiden door de Clusone-breuk. Deze Clusone-breuk, die een belangrijke rol speelt in de tektoniek van het oostelijk deel van de Bergamasker Alpen, moet evenals de Musso-dal-storingen in het laatste deel van de groote tektogenetische periode zijn ontstaan. Bewijzen voor deze stelling hoop ik te leveren in mijn proefschrift handelend over het gebied aan de overzijde van de Serio. Ten W van de Cavlera-breuk gaat dezelfde Hauptdolomietstrook zonder storing over in de Raibler. Deze Raibler behoort dus evenzeer zonder twijfel tot het autochtoon van de Po-vlakte. Het karakter van de Oneta-breuk in aanmerking nemende kan het niet anders of ook de Raibler ten N van de Clusone-breuk moet tot het Po-vlakte-autochtoon behooren. Hetzelfde volgt ook uit het feit, dat de Clusone-breuk en Musso-dal-storingen jonger zijn dan de groote tangentiale structuren. Uit het voorgaande volgt dus, dat de Oneta-breuk en Clusone-breuk geen vlakke verschuiving begrenzen, maar als gewone storingen in het autochtoon verloopen.

De Raibler ten N van de Clusone-breuk zet zich voort tot in de synclinale van de Bta del Fop, welke synclinale behoort tot de Ardesio-opschuiving. Hieruit volgt, dat dus zoowel de Ardesio-opschuiving als de daarin ontstane Presolana-overschuiving verbonden zijn aan het autochtoon van de Po-vlakte.

Op de Ardesio-opschuiving volgt naar het N de Raibler van de persslenk van Ardesio en de Esino-rug van Rizzoli in het N begrensd

door de Valcanale-breuk. De laatstgenoemde structuren kunnen gerekend worden te behooren tot de zuidflank van de Valcanale-flexuur.

De lagen van de Ardesio-opschuiving zijn tegen deze structuren opgeschoven over een afstand, die gezien de grootte van de synclinale ombuiging en van haar geconstrueerde terugbuiging, eenige duizenden meters moet bedragen. Dit groote bedrag verklaart tevens het plotseling na haar ontstaan tot groote verschuivingsbreedte geraken van de Presolana-overschuiving, immers de laatste neemt de beweging van de Ardesio-opschuiving reeds eenige km verder oostelijk zoo goed als geheel over, dáár, waar een verflauwing in de Valcanale-flexuur deze meer horizontale verschuiving mogelijk maakt.

Niet alleen de liggende synclinale van de Bta del Fop, maar ook de breuk van de la Bta del Mte Vaccaro, de Bta Zuccone-opschuiving en de Areta-terugschuivingen leggen door hun ontstaan getuigenis af van de zeer sterke ineenpersing tegen de Valcanale-flexuur. Deze sterke samendrukking leidde tot een algeheele opheffing langs een zeer steil breukvlak, de Valcanale-breuk.

Over de aard der Arera-terugschuivingen kan ik verder niets mededeelen. Wel schijnt het mij toe, dat de afmeting der terugschuiving in oostelijke richting geringer wordt, gepaard gaande met een sterker uitwijken naar boven.

De N—S-breuken moeten als echte plooibreuken zijn ontstaan tengevolge van een verschillend reageeren van de lagen ten W en ten E van deze breuken. Omtrent de oorzaken, welke hiertoe hebben geleid, tast ik geheel in het duister.

Wat de opeenvolging der tektonische gebeurtenissen betreft, zoo denk ik mij, na het ontstaan van de Valcanale-flexuur, het eerst de persslenk van Ardesio, de Ardesio-opschuiving, de synclinale van de Bta del Fop, de Presolana-overschuiving en de Valcanale-breuk gevormd. Daarna en waarschijnlijk reeds gedeeltelijk gelijktijdig met de voorgaande structuren, de breuk van de la Bta del Mte Vaccaro, de Bta Zuccone-opschuiving en de Arera-terugschuivingen en in een laatste phase, misschien weer gedeeltelijk gelijktijdig met de voorgaande, de Musso-dal-structuren en de Clusone-breuk.

De ouderdom der N—S-breuken is moeilijk na te gaan. Zij zijn als echte plooibreuken tijdens de plooiïng ontstaan. Waarschijnlijk reeds in de eerste phase gevormd, kan in één of meer latere phasen weer beweging langs deze vlakken hebben plaatsgevonden. Het tijdstip van de laatste beweging vinden wij somtijds eenigermate gefixeerd. Zoo b.v. bij de Baita Pradello-breuk! Ouder dan de Arera-terugschuivingen, jonger dan de synclinale van de Bta del Fop, heeft dus na het ontstaan der terugschuivingen geen beweging langs het vlak meer plaatsgehad. Deze jongste beweging kan nu gelijktijdig zijn geweest met de vorming van de Bta Zuccone-opschuiving, waaruit weer zou volgen, dat deze Bta Zuccone-opschuiving en de Arera-terugschuivingen niet, zooals aangenomen, tot dezelfde phase behooren. De gelijktijdigheid is echter niet te bewijzen. Zoo toont deze breuk de gebreken van een verdeeling der tektonische gebeurtenissen, welke tenslotte tot één groote phase behooren, in meerdere kleine phasen.

VII. LITERATUUR.

1. CACCIAMALI, G. B. Morfogenesi delle Prealpi Lombarde ed in particolare di quelle della Provincia di Brescia. Brescia 1930.
2. CAFFI, E. La Valsecca di Roncobello in Val Brembana. Estratto dai „Rendiconti'' del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett., Serie 11, Vol. XLII, 1909.
3. COSIJN, J. De Geologie van de Valle di Olmo al Brembo. Leidsche Geologische Mededeelingen, Dl. II, 1928.
4. CURIONI, G. Geologia con carta geologica delle Provincie Lombarde. Milano 1877.
5. DOZY, J. J. Die Geologie der Catena Orobica zwischen Corno Stella und Pizzo del Diavolo di Tenda. Leidsche Geologische Mededeelingen, Dl. VI, 1935.
6. —— Beitrag zur Tektonik der Bergamasker Alpen. Leidsche Geologische Mededeelingen, Dl. VII, 1935.
7. FRANK, M. Das Wandern der tektonische Vortiefe in den Alpen. Zentralblatt f. Min. etc., 1930, Abt. B.
8. HOFSTEENGE, G. L. La Geologie de la Vallée du Brembo et de ses Affluents entre Lenna et San Pellegrino. Leidsche Geologische Mededeelingen, Dl. IV, 1931.
9. —— Mineragrafisch onderzoek der Loodzinkertsen uit de Bergamasker Alpen. Leidsche Geologische Mededeelingen, Dl. VI, 1934.
10. HUMMEL, K. Zur Stratigraphie und Faciesentwicklung der südalpinen Mitteltrias. Neues Jahrbuch f. Min. etc. 68, Beil. Bd., Abt. B, 1932.
11. PARODI, A. Notizie geologiche della regione compresa fra la Val Canale e la Valle del Riso (Bergamo). Bollettino d. Società Geologica Italiana, Vol. LV, 1936, Fasc. 1.
12. PIA, JULIUS. Ueber die Benennung der Triastufen. Zentralblatt f. Min. etc. 1935, Abt. B.
13. —— Grundbegriffe der Stratigraphie. 1930.
14. PORRO, C. Alpi Bergamasche. Carta Geol. relevata dal 1895—1901 con „Sezioni geologiche'' e „Note illustrative''. Milano 1903.
15. STAUB, R. Der Bau der Alpen. Bern 1924.
16. TRÜMPY, E. Geologie der Grignagruppe. Ecl. Geol. Helv. Vol. 23, 1930.
17. WEEDA, J. La Geologie de la Vallée supérieure du Serio. Leidsche Geologische Mededeelingen, Dl. VIII, 1936.
18. WENNEKERS, J. H. L. De Geologie van het Val Brembo di Foppolo en de Valle di Carisole. Leidsche Geologische Mededeelingen, Dl. III, 1930.
19. VISSER, W. A. Die Geologie der westlichen und suedlichen Abhaenge des Pizzo della Presolana und des Monte Ferrante. Leidsche Geologische Mededeelingen, Dl. IX, 1937.