

Een ‘proeverij’ in de Alpen

Op pad met een geologische proefexcursie

door **Carla Apol** en **Loes van Ginkel**

apolcm@gmail.com, loes.vanginkel@gmail.com

Carla en Loes zijn beiden GEA-donateur.

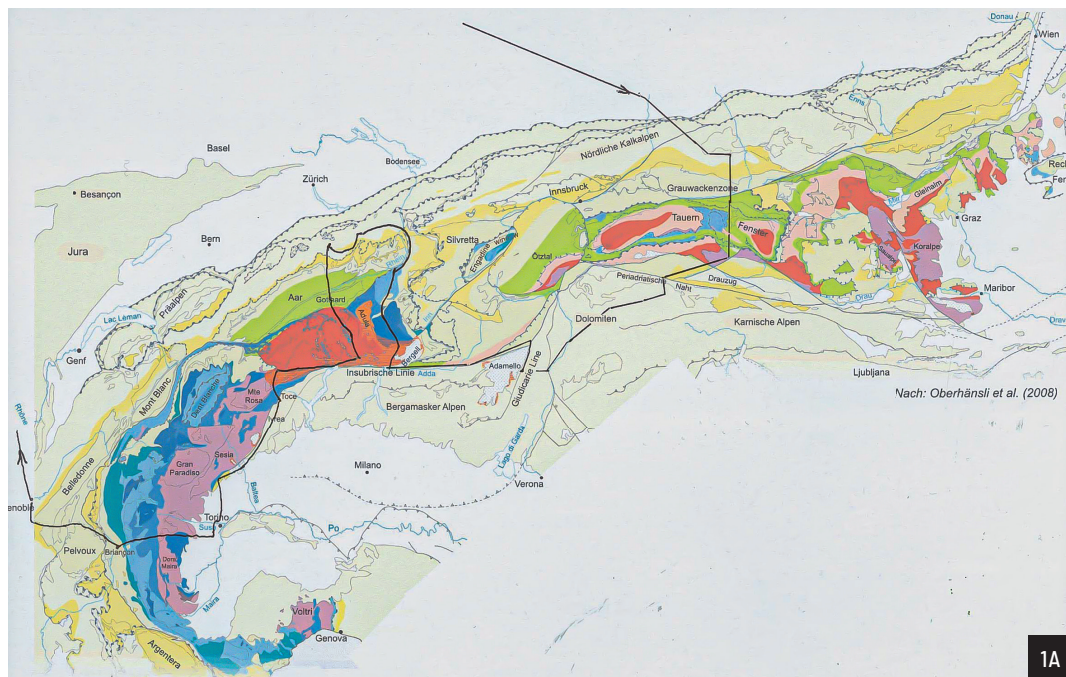
In juni 2021 hebben dr. Peter Floor (GEA-donateur sinds 1973) en dr. Leo Minnigh, beiden met achtergrond in de Leidse petrologie-mineralogie, ons gevraagd mee te gaan op een geologische reis (proefexcursie) door de Alpen. Onze rol daarbij was om mee te denken over de presentatie en de inhoud van deze reis voor geïnteresseerden met een niet-geologische achtergrond.

Op 19 september 2021 zijn we met een kleine groep op reis gegaan in een gehuurd personenbusje, drie belangstellenden in de geologie en vijf geologen. 1 oktober waren we weer terug in Nederland. Een vóór de reis samen-

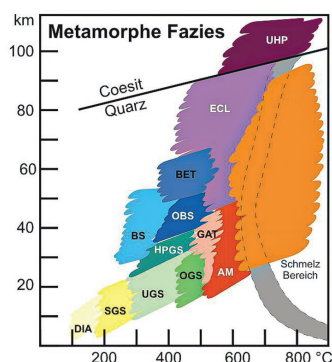
gestelde digitale samenvatting met een uitgebreide serie afbeeldingen van de geologische geschiedenis van de Alpen (beschreven vanuit de plaattektoniek) en een mooie excursiegids waren regelmatig ons houvast en vormen nu samen, eenmaal thuis, een goede rode draad bij onze herinneringen.

Het is een lekker stevig ‘diner’ geworden met veel ruimte voor gesprekken tijdens de verschillende gangen, de stops met toelichtingen over de geodynamiek in het veld en als les, op locatie, in de bus en in het hotel na ontbijt en diner. De verdieping in de metamorfe geologie was qua niveau precies goed voor ons en lag

► Afb. 1. Globale excursieroute ingetekend op metamorfe facies kaart van de Alpen. Legenda met metamorf facies diagram. Toelichting in de tekst. Bron: www.alpengeologie.org, alpgeo pp. 84, 85a; met toestemming.



1A



Grad der Metamorphose:

- Diagenese (DIA)
- sub-Grünschiefer Fazies (SGS)
- untere Grünschiefer F. (UGS)
- obere Grünschiefer F. (OGS)
- Hoch-P Grünschiefer F. (HPGS)
- Grünschiefer - Amph. F. Überg.
- Amphibolit Fazies (AM)
- Blauschiefer Fazies (BS)
- obere Blauschiefer Fazies (OBS)
- Blauschiefer-Eklogit Übergang
- Eklogit Fazies (ECL)
- Ultrahochdruck Fazies (UHP)
- gemischte Hoch-T Fazies (mit Eklogiten violette Sterne)
- Amphibolit F. Überprägung
- Tertiäre Granite

1B

niet te zwaar op de maag. We weten nu echt wat metamorf is en we zijn de geologische kaart van de Alpen beter gaan begrijpen.

Ries inslagkrater

Ons 'diner' begon met een niet Alpen voorafje, in Nördlingen, overnachten midden in de unieke Ries inslagkrater, die 14 miljoen jaar geleden is gevormd. Zo iets kun je niet voorbijrijden. Na aankomst bekijken we de in de muren van de kerk gebruikte bouwstenen van sueviet. Sueviet is een breccieus gesteente met glas en brokstukken dat wordt gevormd door de inslag van een forse meteoriet waarbij meteoriet en aardse gesteente gedeeltelijk opsmelten bij inslag en stollen tot glas bij terugval. Na het avondeten een kort college plaattektoniek en – later – weer thuis in Hillegom, de Gea van juni 2021 erbij gepakt, met het artikel van Josje Kriest.

De volgende dag hadden we het museum over meteorieten en de Rieskrater voor onszelf. Dit is een bijzondere tussenstop op weg naar de Alpen. Deze tweede dag begint grijs in Waidring (Salzburg), en bij aankomst op de Steinplatte, Triassic Park, is het zicht beperkt (geen berg te zien). De rondwandeling maakt veel goed, want nabije koraalriffen uit de ondiepe Trias zee bekijken, en verderop een heuse ammoniet, kan ook in de mist. Weer beneden komt de zon voorzichtig door. We reizen verder naar Fusch am Grossglockner en doorkruisen onderweg de Noordelijke Kalkalpen, de oudere Grauwackezone en een van de grote breuken die de Oost-Alpen doorsnijden.

Diagram

Op dag 3 gaan we naar het Tauern venster (afb. 1), een oost-west langgerekte, laat-Alpiene koepelvormige opbolling, die vervolgens is afgeërodeerd. Hierdoor is in de kern van het venster zelfs gesteente uit de veel oudere, Hercynische ondergrond aan de oppervlakte gekomen. Door plaattektoniek komen in het gebied van de huidige Alpen aan de oppervlakte veel gesteente-eenheden voor die in een periode tussen Krijt en Neogeen door verschillende stadia zijn gegaan. Het gevolg is dat de gesteenten verschillende combinaties van druk en temperatuur hebben ondergaan, en die kunnen ons dus informatie geven over hoe diep en bij welke temperatuur zij zijn omgevormd (metamorf zijn geworden). Dit kan worden bepaald aan de hand van een diagram met metamorfe facies, zoals in afb. 1: op het diagram neemt naar boven de druk steeds toe (vuistregel: elke 30 km dieper in de lithosfeer druktoename van 10.000 x de gemiddelde luchtdruk op zeeniveau), naar rechts wordt de temperatuur steeds hoger.

Van veel voorkomende metamorfe mineralen is experimenteel bepaald in welk druk-temperatuur bereik zij kunnen worden gevormd. Veel voorkomende combinaties kenmerken dan samen hun metamorfe facies, op het diagram en op de kaart weergegeven door een kleur en een naam.

Zo treedt b.v. diagenese op bij heel lage druk en temperatuur, en de eklogiet-facies bij hoge temperatuur en zeer hoge druk. Het druk-temperatuur-diagram in de excursiegids (ook afb. 1) is deze reis voor ons een grote vriend geworden en was een steun en toeverlaat als er veel verschillende metamorfe gesteenten voorbij kwamen.

Subductiezone

Het hoge-druk-metamorfe gesteente langs de zuidrand van het Tauern Fenster toont aan dat die gesteenten tijdens de Krijtphase van de gebergtevorming (dus lang voor de koepelvorming) in of nabij een subductiezone zijn geweest. Dit wordt ondersteund door het daar ook veelvuldig voorkomen van gesteenten die behoren tot diepe oceaanafzettingen. Dit wordt langs de route goed uitgelegd aan de hand van de als voorbeeld goed gekozen steenblokken bij een uitzichtpunt (helaas veel mist).

De mist verdwijnt op weg naar de Franz-Josefs Höhe, het hoogste punt van de toeristische route van noord naar zuid over de Hohe Tauern. We genieten van de uitzichten en de



geologische lessen, en spotten Murmeltier (Alpenmarmot) en Tauern Monnikskap. Op weg naar ons overnachtingsadres passeren wij de Periadriatische lijn: een ongeveer oost-west lopende lange diepe breukzone die de Oost-Alpen begrenst tegen de Dolomieten (afb. 1).

Dolomieten

We slapen in de Dolomieten, in Misurina, met uitzicht op een prachtig meer en Monte

▲ Afb. 2. Bergwand onder Corno Bianco (lager, buiten beeld, de Perm-Trias grens, die tevens een van de grootste massaextincties uit de geologische geschiedenis markeert). Aan de horizon, de Tiroler Alpen.

Cristallo op de achtergrond. De Dolomieten zijn veel minder geplooid dan de Oost-Alpen. Hier vormen de machtige Trias-kalkbanken de karakteristieke morfologie (nauwelijks metamorfose) van dit deel van de Alpen. De gesteenten en mineralen zijn totaal anders dan in de Tauern. Na een goede nachtrust reizen we de volgende dag door dit mooie gebergte. Naast dolomiet, velden met bloeiende herfsttijloos, en een mooie wandeling bij de Corno Bianco zien we de schitterende ontsluiting van de helling (afb. 2) en beneden de Bletterbachkloof (onderdeel van Dolomieten Unesco werelderfgoed). We overnachten in Montan.

In de ochtend maken we met een gids een mooie wandeling door de Bletterbachkloof. We zien vulkanieten van het enorme Bolzano vulkanische complex met daarbovenop Boven-Perm- en Onder-Trias-sedimenten vol moddersporen, hout in steen en dino-voetstappen. Op weg naar Aprica passeren we de Giudicarie-breuk, die de westelijke voortzetting van de Periadriatische lijn tientallen kilometers naar het zuiden heeft verplaatst tijdens Alpiene druk vanuit de Adriatische plaat. Een proces met vergaande gevolgen in

de Oost-Alpen. Vanuit Aprica rijden we verder naar het westen door de voortzetting van de naar het zuiden verzette Periadriatische lijn en zien we op afstand een kloof, die gevormd is daar waar de breuk door een beek is blootgelegd. Slechts sporadisch is de loop van deze breuk goed te zien omdat hij als zwakkezone doorgaans met jonger materiaal afgedekt is. Vlakbij Chiavenna (ons nachtadres) wandelen we in het bos naar de Marmitte dei Giganti, waar reuzenkookpotten te zien zijn, die gevormd zijn door watererosie uit de ijstijden; het zijn kolkpaten in serpentieniet. Ook hier is de gesteente-associatie (ofioliet) kenmerkend voor het ontstaan in een oceanische omgeving nabij een subductiezone.

Vergezichten

Via de Splügenpas rijden we naar Zwitserland, de Centrale Alpen. Mooie vergezichten en steengroeves met veel Augengneizen zijn hier zichtbaar en tastbaar, zoals vlakbij Sufers een mooie ontsluiting van schisten met microplooiën in de ontsluiting (afb. 3A). Om de hoek staat een kunstwerk, zogenaamd een petroglyef, maar blijkt een bordje en inscriptie geplaatst op 1 april (afb. 3B). We begrepen dat de 1-aprilgrap bij de vorige ronde niet

was opgemerkt door de excursieleiders. Onderweg wordt regelmatig de tijd genomen voor een toelichting op alle geologische fenomenen; gelukkig is het busje van plaatijzer en kun je kaarten met magneten ophangen aan de buswand (afb. 4). Door het Rijndal reizen we naar de Walensee. Op 26 september gaan we weer terug

naar het zuiden van Zwitserland. Een dag vol flysch: sedimentair gesteente (meestal een afwisseling van schalies en zandsteen) dat is afgezet waar een zich vormend gebergte boven zee komt en direct wordt geërodeerd en het erosiemateriaal terecht komt in de nabije zee of meren. De "Lochsite", opnieuw werelderfgoed, laat ons zien dat het Helvetische Glarner dekblad over de veel jongere flysch is geschoven (afb. 5).

Via de Klausenpas, die ook door de Romeinen al werd gebruikt, en de Schöllenenkloof, met veel granietgneis, komen we uiteindelijk aan in Biasca. Het was een ingewikkelde en informatieve geologie-instructiedag die we nog eens na moeten lezen.

► Afb. 3A. Sufers, uitzicht en rechts ontsluiting met microplooiën.

▼ Afb. 3B. Hedendaagse steentijdkunst onderdeel van "Ausstellung zur schalensteinsituation, Barenburg/ Andeer"



Romeinse weg

De 27^{ste} september is ons einddoel La Casa del Pellegrino (afb. 6), schitterend gelegen op een heuvel boven Varallo bij een barokke kerk, omringd door kapellen. Deze 'Sacro Monte', opnieuw werelderfgoed, vraagt om een langer verblijf, maar er wacht een andere kerk, met prachtig omgevingsgesteente, op ons bezoek. Metagranitoïden (tot aan eklogiet-facies) zijn te zien in de grote plavuizen naar de ingang (Basilica Antica, Oropa). Gelukkig hadden we een waterfles mee om de stenen nat te maken en zo de granitoïden veel beter te zien! Onderweg naar Oropa is een kort bezoek aan het Verzasca dal boven Locarno gebracht, met een bijzondere plooi aan beide zijden van de stuwdam van het Lago di Vogorno (afb. 7). Tijdens deze dag stoppen we op diverse plaatsen om de Ivrea- en Sesia-zones te bekijken, die gescheiden zijn door de Insubrische Lijn: de westelijke voortzetting van de eerder herhaalde malen gepasseerde Periadriatische lijn.



In het Aosta-dal mag de oude Romeinse weg (afb. 8, nabij Pont-St.-Martin) met een sinds Romeinse legioenen afgesleten, eeuwenoude geologische ontsluiting niet gemist worden. Hierna zien we nog een keer een gesteente dat zeer hoge druk metamorfose heeft ondergaan, waarbij de daarbij gevormde karakteristieke mineralen (granaat, omfaciet en glaucofaan) duidelijk zijn te herkennen.

Uitgerekte kiezels

Pinerolo is ons overnachtingsoord, waarna we 29 september vertrekken naar Serre-Cheva-



◀ Afb. 6. Kerk op "Il Sacro Monte è nato dall'idea di Padre Bernardino Caimi", links van de kerk de herberg met mooie vierkante eettafel voor een groep geologie excursiegangers.

lier, de West-Alpen in; we gaan naar Frankrijk (afb. 9 en 10). De dag begint met een door de intense deformatie 'uitgerekt' conglomeraat; het is erg bijzonder om uitgerekte kiezels in gesteente te zien. We zijn inmiddels opnieuw op de continentale rand van het Europese continent aangeland, waarbij we ons hier tussen gesteenten bevinden die op sommige plaatsen extreem diep in de oude subductiezone zijn meegenomen. Bij het naderen van de Franse grens merken we al dat zowel deformatie als metamorfose snel afnemen (afb. 9). Aan het einde van de dag zien we een vergelijkbaar conglomeraat met kiezels als waarmee de dag begon, maar dan is het gesteente niet opgerekt en zijn de kiezels rond. Het duizelt ons af en toe wat we nu allemaal zien, tussendoor genieten we gewoon van het landschap. De laatste Alpendag reizen we door de ruige

◀ Afb. 4. Onderwijs onderweg.

◀◀ Afb. 5. Lochsite, Glarner dekblad overschuiving over flysch.



◀ Afb. 7. Lago di Vogorno, plooiing die zichtbaar werd bij de aanleg van het stuwmeer.



▲ Afb. 8. Romeinse weg, door legioenen geërodeerd.

West-Alpen (afb. 10) naar Grenoble en van daar via een blik op de Chartreuse kalken op molasse door naar Mâcon. Een omgeving die, als zovele plaatsen die we hebben gezien, uitnodigt nog eens te bezoeken.



▲ Afb. 9. Stop in de ofioliet, badend in de zon.

Tot slot

Leo en Peter omschrijven hun opzet voor deze reis als volgt: "De Alpen behoren bij de best onderzochte gebieden op aarde. In de afgelopen halve eeuw hebben steeds meer delen ervan een nieuwe interpretatie gekregen. Daarmee kan nu het totale plaatje van de Alpenvorming door het krachtenspel tussen continentale platen en

delen ervan samenhangend en helder worden geschetst. Wij tonen de geologische verschillen tussen de Oost-Alpen, Centrale Alpen, Zuidelijke Alpen en West-Alpen op een groot aantal plaatsen waar we met eigen ogen stukken van het geodynamische mozaïek in ruimte en tijd kunnen zien."

De excursie is een mooie en leerzame reis geweest. Niet alles is ons bijgebleven, maar wel dat we door de molasse de Oost-Alpen inreden en door de molasse de West-Alpen weer uitreden, en is de plaattektonische geschiedenis ons veel duidelijker geworden. Het ontstaan van de Alpen is een bijzondere ontmoeting tussen de plaattektonische continenten Adria (een stuk van de Afrikaanse korst) en Europa. Geologie staat letterlijk en figuurlijk nooit stil. Wij gaan graag nog eens stukjes overdoen in een rustig tempo, om het al lezend en kijkend nog beter te begrijpen. Soms was de onderdompeling in de vele



▲ Afb. 10. Vlak voor de Col du Lautaret met helder uitzicht rondom.

overschuivingen en breuken verwarrend, maar dan was er altijd ruimte om nog eens vragen te stellen of even de omgeving in je op te nemen en te genieten. Het aantal kilometers in de Alpen haalde net geen 2500, Google Maps zal vast een kortere weg aanbevelen, wij zeker niet.

Alle foto's zijn van de auteurs.

De excursie zal o.a. in 2022 opnieuw, georganiseerd worden voor leergierige belangstellenden. Leo en Peter worden logistiek bijgestaan door FSTravel.

Bronnen en meer lezen

- Darga, R. (2012). Kleine Geologie der Steinplatte. Triassic Park/Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- Josje Kriest (2021). Plaattektoniek, een reis door de tijd. In *Gea* vol. 54/2.
- Rieskrater meteoriet museum. www.rieskratermuseum.de.
- The Bletterbach Canyon, Stories in the rocks. Marco Avanzini en Evelyn Kustatscher, 2011 (te koop in het Bletterbach ontvangstgebouw), of www.bletterbach.info.
- K.Stüwe & R.Homberger (2012). High above the Alps, Weisshaupt Publishing. www.alpengeologie.org, o.a. figuur download met code *alpgeo*.
- Rocky Austria, The Geology of Austria – brief and colourful, 2012, Ralf Schuster et al., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Hedendaagse kunst en steentijd, afb. 3B. <https://erlebnis-geologie.ch/fr/geoevent/ausstellung-zur-schalensteinsituation-baerenburgandeer/>
- UNESCO Werelderfgoed. Websites van de tijdens de reis bezochte erfgoederen: Bletterbach/onderdeel van UNESCO Welterbe Dolomiten. www.dolomitiunesco.info/?gruppo-dolomitico=bletterbach&lang=en
- Lochsite/onderdeel van UNESCO Welterbe Tektonische Arena Sardona <https://unesco-sardona.ch/karte-attraktionen>, zoekterm Lochsite
- Varallo en Oropa/onderdelen van UNESCO World Heritage Centre Sacri Monti of Piedmont and Lombardy. <https://whc.unesco.org/en/list/1068>.