



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dip. di Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea in Tecnologie Forestali e Ambientali

**La Piattaforma Porfirica Atesina,
un evento vulcano-tettonico per
comprendere la relazione tra
geomorfologia ed evoluzione
floristica durante il Permiano**

Relatore:
Andrea Marzoli

Candidato:
Luana Fontana
Matricola n. 1223057

Anno accademico 2022/2023

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il professore Andrea Marzoli, per avermi guidato e supportato nella fase più importante del mio percorso accademico.

Un sentito grazie va inoltre alla mia famiglia che a modo loro mi hanno insegnato a non mollare mai.

A tutte le persone che hanno incrociato la loro vita con la mia, sostenendomi e spronandomi durante i miei anni di università e non solo.

Infine, dedico questa tesi a me stessa, ai miei sacrifici e alla mia tenacia nel portare a termine un percorso ricco di imprevisti ma da cui ho imparato tanto.

“Che tu possa avere, sempre, il vento in poppa, che il sole ti risplenda in viso e che il vento del destino ti porti in alto a danzare con le stelle.”

(George Jung)

SOMMARIO

La Piattaforma Porfirica Atesina costituisce rilevante importanza per la comprensione del periodo Permiano: ricopre circa 2000 km² nel cuore del Trentino, considerando l'estensione nelle Alpi Meridionali, occupa l'area compresa tra il Lineamento Periadriatico a NW e la Linea della Valsugana a sud.

Partendo da un'analisi generale relativa all'orogenesi ercinica si è proceduto a definire la composizione mineralogica prevalente, da cui è stato possibile collegare i principali processi che hanno portato alla modificazione climatico-ambientale.

I principali eventi evolutivi sono caratterizzati da imponenti colate laviche e flussi ignimbritici e dall'elevato livello di attività sismica, dato il forte controllo della tettonica. Gli agenti atmosferici hanno successivamente prodotto intense alterazioni sul paesaggio vulcanico, dando origine alla formazione di sedimenti. Le intercalazioni stratigrafiche consentono di individuare e classificare i diversi fossili floristici, grazie ai quali è stato possibile confrontare la flora del periodo Permiano con la flora attuale. Sulla base dei dati rilevati dai diversi documenti saranno fatte delle ipotesi riguardanti la presenza di determinate specie, facendo anche riferimento agli affioramenti rinvenuti in diversi siti ed alla loro geomorfologia.

La tettonica trascorrente ha portato fino ai giorni d'oggi numerosi ritrovamenti fossiliferi, sia per quanto concerne la flora sia per la fauna. Particolare importanza è stata data al giacimento paleontologico di Tregiovo in Val di Non, il quale ha permesso l'ampliamento del quadro vegetazionale d'età permiana, con il fine di individuare e rappresentare l'ambiente climatico e floristico della zona in questione.

INDICE

RINGRAZIAMENTI.....	2
SOMMARIO	3
INTRODUZIONE	5
OBBIETTIVI.....	6
1. OROGENESI	7
1.1. NASCITA DEL TRENTINO.....	8
1.2. LINEAMENTI STRUTTURALI.....	9
2. IL PERIODO PERMIANO	13
2.1. GEOLOGIA DEL TERRITORIO.....	13
2.2. LA FORMAZIONE DI CALDERE: IL GRUPPO VULCANICO ATESINO (GA).....	17
2.3. IL MAGMATISMO.....	21
2.4. ESTINZIONE DI MASSA	23
3. I FOSSILI COME INDICATORI AMBIENTALI, L'IMPORTANZA DELLA LOCALITA' TREGIOVO.....	25
3.1. GIACIMENTO PALEONTOLOGICO DI TREGIOVO.....	25
3.2. DATI "KUNGURIAN FLORAS OF THE DOLOMITES" – WACHTLER MICHAEL	27
3.3. CONSIDERAZIONI SULLA CORRELAZIONE FLORA E AMBIENTE 37	
CONCLUSIONI	39
BIBLIOGRAFIA	41
SITOGRAFIA.....	42

INTRODUZIONE

Il lavoro di tesi si concentra sullo studio della relazione tra geomorfologia ed evoluzione floristica del Trentino, con particolare riferimento alla Piattaforma Porfirica Atesina per cui a partire dai principali eventi evolutivi relativi alla modificazione morfologica, sono stati analizzati i locus geografici dei rinvenimenti fossili, giunti dal Permiano sino ai giorni nostri.

La Piattaforma Porfirica Atesina occupa l'area compresa tra il Lineamento Periadriatico a Nord-Ovest e la Linea della Valsugana a sud, con un'estensione di circa 2000 km². Grazie al Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento è stato possibile inquadrare geograficamente la localizzazione di faglie e sovrascorrimenti e le rocce appartenenti al Periodo Permiano.

La mappatura geologica ha permesso una ricostruzione dettagliata dell'attività vulcanica durante il Permiano. I ritrovamenti piroclastici, lavici, i sedimenti pelitici per esempio, sono strettamente legati all'evoluzione di un sistema calderico a larga scala che, con un'estensione di più di 50 km, ha condizionato la collocazione e la geometria dei prodotti vulcanici.

Considerando inoltre le evidenze geologiche, durante il periodo compreso tra 290 Ma e 250 Ma di anni fa¹, si evince la forte presenza di eruzioni vulcaniche, le quali hanno avuto conseguenze a lungo termine, una di queste fu l'estinzione di massa di fine Permiano, che ha portato alla scomparsa di circa il 96% delle specie marine e il 70% delle specie terrestri². Date le intercalazioni prodotte dall'alternanza di magmatismo e sedimentazione è stato possibile ricreare l'ambiente e di conseguenza il clima degli anni sopraindicati. La presenza della flora fossile

¹ Sono state definite diverse età plausibili racchiudenti l'età permiana, in questo elaborato è stata presa in considerazione la datazione attribuita dall'*Enciclopedia Treccani*.

² BIGNAMI LUIGI, 2019. "La Madre di tutte le Estinzioni iniziò dalle piante" [online]. Focus. Disponibile su <[La Madre di tutte le Estinzioni iniziò dalle piante - Focus.it](#)> [Data di accesso: 10/03/2023].

analizzata da documenti diversi nel comune di Tregiovo (Val di Non - Trento) è stata utile alla comprensione delle specie presenti, con successiva produzione di un'analisi generale del territorio in cui questi vivevano.

OBBIETTIVI

All'interno di questo elaborato l'obiettivo principale è la comprensione della relazione tra geomorfologia ed evoluzione floristica del Trentino ed in particolare nella Piattaforma Porfirica Atesina. Lo schema di analisi è così definito:

- I. Comprendere i processi orogenetici del Trentino e nello specifico i movimenti delle faglie, analizzati attraverso una carta litologica e strutturale sviluppata con il software QGIS e riguardante i "Lineamenti strutturali";
- II. Indagare la correlazione tra i processi magmatici e la collocazione dei prodotti rocciosi risalenti al Permiano, attraverso l'ausilio di una carta geologico-strutturale focalizzata sulla geologia del territorio ed elaborata utilizzando il software QGIS;
- III. Date le intercalazioni prodotte dall'alternanza di magmatismo e sedimentazione, confrontare i caratteri della flora fossile rinvenuta nel Comune di Tregiovo (Val di Non - TN), con il fine di concepire l'ambiente risalente al periodo Permiano, le influenze date dagli eventi geologici e dalle alterazioni climatiche.

1. OROGENESI

Si tratta di uno dei quattro cicli orogenetici (huroniano, caledoniano, ercinico, alpino) che si sono succeduti a partire dai tempi precambriani. Le tracce di questo fenomeno si trovano principalmente nei territori dell'Europa centrale e occidentale, nei quali l'orogenesi si manifestò con maggiore intensità.

L' Orogenesi Ercinica vede come focus temporale il tardo Paleozoico, tra il Carbonifero (350 milioni di anni fa) e l'inizio del Permiano. Si tratta di un processo di collisione continentale tra mega-continenti Laurussia (attuali Nord America ed Eurasia) e il Gondwana (attuali Africa, Sud America, India) che ha contribuito alla formazione delle montagne europee. Porta al sollevamento di catene montuose in diverse regioni della Terra, come gli Urali o gli Appalachi ecc. Dal periodo del Carbonifero una consistente glaciazione ricoprì la parte meridionale del blocco di terre emerse: la Pangea. Nella fascia equatoriale e tropicale si presentava un clima caldo-umido, mentre nella zona settentrionale è piuttosto secco con temperature miti.

Il concetto di unico continente, la Pangea, è stato proposto per comprendere la Teoria della Deriva dei Continenti, dallo scienziato tedesco Wegener nel 1912. La frantumazione di questo ha portato all'allontanamento delle placche crostali ed i moti convettivi dati dal mantello che portano in superficie il materiale magmatico, sono considerati la "causa" delle fratture della crosta, oltre che dei terremoti, del movimento dei continenti e delle fosse oceaniche. Le placche terrestri, galleggiando sul materiale viscoso sono in continuo movimento, spostandosi di 1 – 10 cm all'anno, infatti i fenomeni tettonici, stratigrafici e magmatici che costituiscono il ciclo orogenetico ne sono la dimostrazione.

1.1. NASCITA DEL TRENTINO

Circa 280 – 290 milioni di anni fa si verificarono le prime eruzioni vulcaniche, durante il Permiano inferiore (280 Ma) sono state registrate notevoli eruzioni ignimbritiche, riolitiche e porfiriche, le quali hanno originato la Piattaforma Porfirica Atesina, la più grande di tutto il continente europeo. Le ignimbriti formate dai detriti vulcanici incandescenti, la riolite, roccia vulcanica ricca in silice forma la struttura in base alla modalità di raffreddamento: se rapido formerà una struttura vetrosa oloialina se lento invece una struttura porfirica. Le rocce ignee porfiriche sono costituite da fenocristalli formati durante la cristallizzazione del magma in profondità e da una pasta di fondo formata a seguito di un rapido raffreddamento dovuto all'estrusione sulla superficie terrestre³.

Le manifestazioni vulcaniche prevalentemente a carattere esplosivo andranno a formare le sequenze vulcaniche dalla Val d'Adige alla Valsugana, mentre il magma che restò intrusivo andò a formare plutoni granitici quali quello di Cima d'Asta. L'accompagnamento dell'intensa attività tettonica creerà delle fratture da cui ebbe origine la Valle di Cembra. I movimenti delle faglie sono inoltre responsabili dello sprofondamento di vaste aree e della formazione di grandi depressioni o caldere nelle quali contestualmente si accumulavano i materiali eruttati. Sono stati riscontrati anche nell'arco alpino, la "successione vulcanica tende a ridurre lo spessore che va dalla Valle dell'Adige (S-W) alla Val Sarentino e verso l'area di Merano. In Val d'Adige lo spessore massimo affiorante supera i 1600 m, in Val Sarentino lo spessore massimo è di 1000 m ed è localizzato nel settore sud-orientale, mentre il minimo registrato è stato registrato nell'area del Piano della Forcella, con 200 m"⁴. Queste analisi consentono di confermare che l'ampiezza delle diverse unità stratigrafiche sono influenzate da un'estesa tettonica sin

³ DA MOMMIO ALESSANDRO (2006-2020). "Rioliti" e "Tessitura porfirica". Alex Strekeisen, i vetrini della mia fantasia. Disponibile su <<http://www.alexstrekeisen.it/vulc/riolite.php>> [Data di accesso: 10/03/2023].

⁴ BARGOSSO G.M. et al. (2012). "Volcanic stratigraphy and radiometric age constraints at the northern margin of a mega-caldera system: Athesian Volcanic Group (Southern Alps, Italy)". *GeoActa*, Vol.11 (53).

vulcanica, utile per identificare le litologie del substrato, rendendo possibile la comprensione della formazione o dell'unità formale.

Le grandi depressioni in superficie, chiamate caldere e causate dal collasso delle camere magmatiche sotterranee vanno a formare i complessi calderici spesso associati a eruzioni vulcaniche violente e che possono produrre enormi quantità di lava, cenere, gas vulcanici e materiali piroclastici. Si ebbe così la formazione del Complesso Calderico Atesino.

1.2. LINEAMENTI STRUTTURALI

Attraverso la rappresentazione iconografiche (*Tavola 1*), saranno individuati i lineamenti strutturali della regione, importanti per comprendere la formazione delle catene montuose attraverso l'innalzamento delle masse di terreno ma anche delle depressioni derivanti da fenomeni di subduzione. Lo scopo di questa elaborazione è la comprensione visiva rispetto alla localizzazione delle faglie e dei sovrascorrimenti, utile alla comprensione delle dinamiche della crosta terrestre.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software "QGIS" facente parte dei Sistemi Informatici Geografici (GIS). Sono stati utilizzati gli shapefiles importati dal Servizio Geologico della Provincia di Trento, nello specifico i "Lineamenti strutturali del Trentino" ed espressi in coordinate chilometriche piane e secondo il sistema UTM-WGS84. Redatta a cura di *A. Bosellini, A. Castellarin, G.V. Dal Piaz e M. Nardin*, deriva da una rilettura della cartografia geologica fatta alla metà degli anni 80. Sulla base dei dati fino ad allora pubblicati, è stata ricavata una carta litologica e strutturale che potesse fungere da base conoscitiva su cui sviluppare i successivi studi di dettaglio. La carta, inizialmente redatta a scala 1:100.000, è stata poi digitalizzata e nel primo trimestre 1999 è stata stampata alla scala 1:200.000⁵.

⁵ PROTEZIONE CIVILE. "Carta litologica del Trentino". Servizio Geologico della provincia autonoma di Trento. Disponibile su

ELABORAZIONE DATI e CONSIDERAZIONI

Dal caricamento dello shapefile e dei dati in formato *xls* sono stati presi in analisi tutti i punti presenti dati dal Servizio Geologico, col fine di avere un quadro tettonico completo, sia per le faglie sia per i sovra-scorrimenti. Per ciascuna sono stati attribuiti colorazioni diverse con legenda annessa. Per faglia e sovrascorrimento presunto è stato deciso di attribuire un tratteggio nero, per sottolineare la probabilità e non l'effettiva presenza di queste. Infine, è stata caricata la toponomastica derivante dalla carta tecnica provinciale, inserite le coordinate secondo gradi e minuti ogni 0.5° e le coordinate metriche ogni 50'000 m. Lo scalimetro sia grafico sia numerico ed una mappa di inquadramento per cui è stata definita una scala maggiore ed uno scalimetro grafico e numerico annesso.

La visione della *Tav. 1* è utile per concepire l'inquadramento tettonico-strutturale, in accordo con diversi studi riportati dall'articolo "Dolomiti di Fassa – uno sguardo alla geologia, alla geomorfologia e al paesaggio della Val di Fassa"⁶:

- Linea di Trodena: collega la parte meridionale del Complesso atesino comprendente Val di Cembra, Altopiano di Pinè, Lagorai alla parte settentrionale. Un sistema di faglie fa affiorare le rocce paleozoiche a sud della linea, che nel tratto Egna – San Michele vanno a trovarsi sullo stesso piano delle rocce di età mesozoica più recenti.
- Linea della Valsugana: ha permesso lo scorrimento in direzione sud, oltre che verso l'alto del comprensorio dolomitico. Sul lato meridionale la presenza di un inarcamento ha determinato l'innalzamento del substrato in corrispondenza della linea.

I lineamenti strutturali principali rilevati riguardano l'anticlinale di Cima Bocche, l'asse che corre tra il Passo San Pellegrino e il Passo Valles, con direzione est-ovest. Questa piega è una conseguenza dell'inarcamento del basamento che va ad

<<http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartalitologica/pagina2.html>> [Data di accesso 01/05/2023].

⁶ ANON, N.D. "Dolomiti di Fassa – uno sguardo alla geologia, alla geomorfologia e al paesaggio della Val di Fassa". Disponibile su: <[La Madre di tutte le Estinzioni iniziò dalle piante - Focus.it](#)> [Data di accesso 6/04/2023].

accorciare e deformare la parte superiore della successione. Questa posizione “sopra-elevata” rispetto alla base della struttura è soggetta a compressione, dovendosi conservare il volume pur riducendosi lo spazio si avrà come conseguenza la deformazione o la frattura delle rocce, con gli scorrimenti si manifesteranno ulteriori trasformazioni o come nel caso citato il piegamento.

Il segmento a nord della dorsale di Cima Bocche si trova sul fianco dell’anticlinale (piega con la convessità rivolta verso l’alto della successione) a causa del piegamento. Le superfici stratigrafiche sono inclinate e, man mano che ci si allontana dal piano assiale, da Cima Bocche verso la dorsale della Costabella, i livelli stratigrafici superiori si incontrano via via senza salire di quota.

Da qui fino al massiccio del Sella, nell’area Marmolada-Padon, continua l’alternarsi di anticlinali e sinclinali; tuttavia, l’assetto strutturale si complica ulteriormente a causa delle trasformazioni causate dai fenomeni magmatici del Triassico medio e dalla tettonica neogenica sovrapposta al triassico. La situazione sul lato opposto della valle dell’Avisio, invece, è quasi lineare, tranne per la flessura che ribassa il territorio a sud di Moena e al Col Rodella, dove sono evidenti le deformazioni tettoniche. In posizione sub-orizzontale, i gruppi montuosi Latemar, Catinaccio/Rosengarten, Sassolungo e Sella mantengono i rapporti stratigrafici originari.

Lineamenti Strutturali



Luana Fontana
1223057
16/05/23

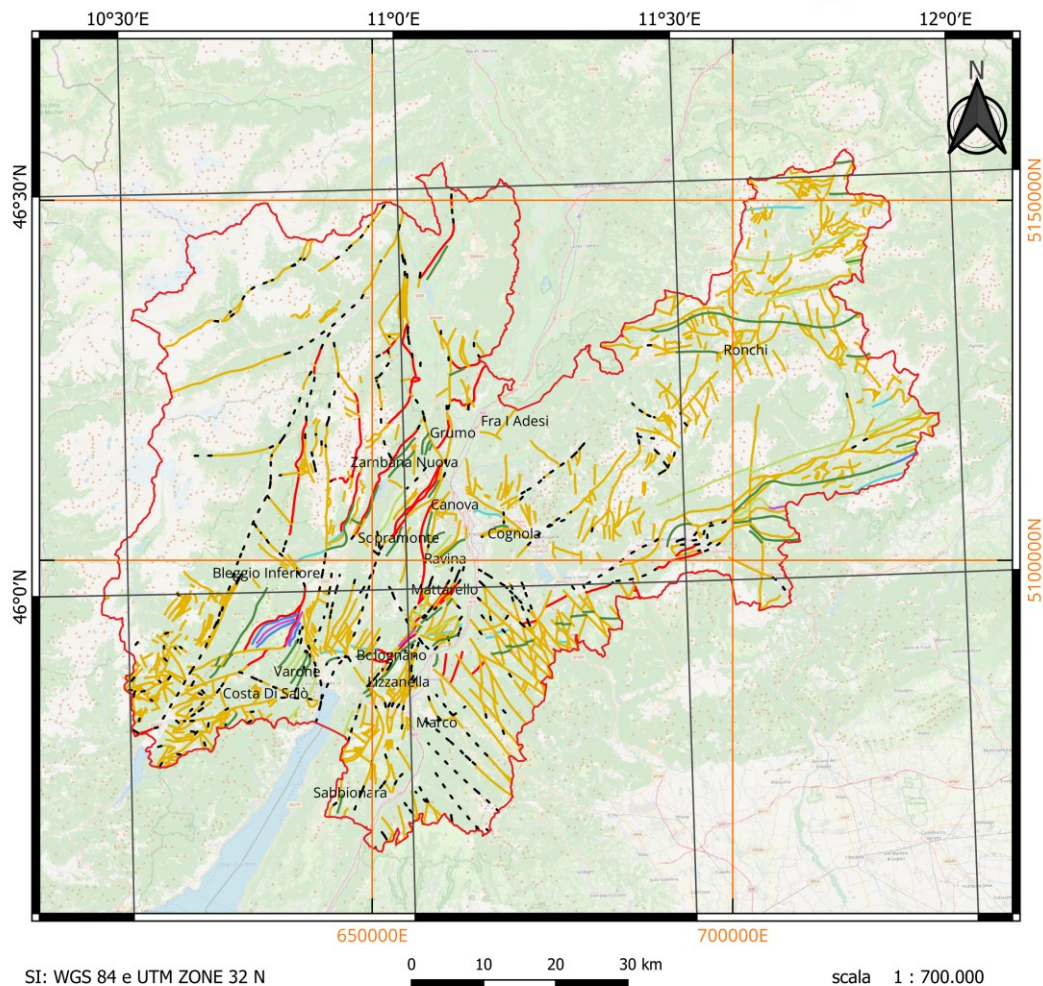


Tavola 1 – Lineamenti Strutturali

2. IL PERIODO PERMIANO

Il Permiano è l'ultimo periodo del Paleozoico (compreso tra Carbonifero e Triassico), durato da 300 a 250 milioni di anni fa. Viene normalmente suddiviso in tre epoche elencate dalla più antica: *Cisuraliana*, *Guadalupiana* e *Lopingiana*.

Fondamentali furono due eventi che plasmarono permanentemente la vita sulla Terra: la formazione della Pangea e l'estinzione di massa alla fine del Permiano. L'intensa attività vulcanica è la causa maggiormente probabile influenzante la vita del periodo considerato, in quanto, oltre agli effetti distruttivi propri del magma, il rilascio nell'atmosfera di quantità considerevoli di cenere e gas vulcanici, in particolare anidride solforosa e anidride carbonica, influenzò ampiamente il riscaldamento globale.

Il vulcanismo è quindi uno dei fattori determinanti, sia per quanto concerne la formazione delle nuove catene montuose, dando la possibilità di riconoscere le diverse epoche con associazione degli eventi accaduti, sia per i cambiamenti climatici. La variazione del clima ha portato a modificazioni importanti anche in campo floristico in quanto, inizialmente si registrò un'intensa vita vegetale marina come le alghe calcaree, ma anche terrestre, con un'ampia varietà di felci, felci da seme, licofite e conifere, adattate alle paludi e agli ambienti paludosi. Successivamente, l'aumento delle temperature innescò una rapida diversificazione degli organismi sia per la flora sia per la fauna, incluse piante marine e terrestri, insetti, antenati dei mammiferi, dei rettili e degli uccelli.

2.1. GEOLOGIA DEL TERRITORIO

Dall'utilizzo del Servizio Geologico della Provincia di Trento, riprendendo la carta redatta da *A. Bosellini, A. Castellarin, G.V. Dal Piaz e M. Nardin*, è stato possibile localizzare i ritrovamenti rocciosi risalenti al Permiano che possano fungere da base conoscitiva per comprendere la disposizione litologica.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software QGIS e utilizzando gli shapefiles importati dal Servizio Geologico della Provincia di Trento, nello specifico "Geologia del Trentino", espressi in coordinate chilometriche piane e secondo il sistema UTM-WGS84.

Per la carta geologica è stato eseguito un filtro sulla base del focus del progetto, ossia la geologia del Periodo Permiano rimuovendo tutte le rocce attribuite ad età diverse. I dati provinciali, reperiti da formato *xls*, sono stati aggiunti come shapefile così che, dal caricamento di un'ortofoto del Trentino, è stato attribuito un colore casuale a tutti i poligoni classificati a seconda della tipologia di roccia.

E' stata inoltre calcolata l'area totale occupata dalle rocce risalenti al Permiano e per ciascuna tipologia di roccia ne è stata dimostrata la presenza geografica in km² ed in percentuale, riferita al totale dei ritrovamenti rocciosi permiani.

ELABORAZIONE DATI e CONSIDERAZIONI

Dalla *Tavola 2* è visibile l'abbondante presenza di rocce magmatiche (quantificate in *Tab. 1*) sul lato est del Trentino, la presenza storica del complesso magmatico Predazzo - Monzoni (*Fig. A*) alla sinistra cartografica di San Martino di Castrozza e della Marmolada, ha portato alla definizione della presenza di:

- Micascisti e filladi (326.37 km², 21.2%): rocce metamorfiche, le prime formate da temperature elevate comprese tra 350-600°C, le filladi da sedimenti pelitici quali fanghi e argille.
- A nord del complesso vulcanico daciti e riodaciti (239.46 km², 15.5%): rocce vulcaniche effusive, spesso associate a punti di elevate termalità entro o al limite delle placche.
- A sud del vulcano porfiroidi (58.78 km², 3.8%): formate da una massa fondamentale dotata di caratteri strutturali differenti, nelle quali sono immersi fenocristalli quarzitici, plagioclasti, ortoclasti, anortoclasti. Sono rocce metamorfiche formate da dinamorfismo agente sui porfidi quarziferi, quindi da intense azioni meccaniche, dimostrato dalla *Tavola 2* per cui si denota la presenza la presenza di un'anticlinale, una piega degli strati

rocciosi, con strati più antichi posizionati verso il nucleo e sottoposti quindi a sforzi compressivi o tangenziali.

L'impatto delle eruzioni è ancora oggi evidente ed oggetto di studio e discussione tra gli scienziati, soprattutto per quanto riguarda la geologia, in grado di fornire dati estremamente utili al fine di comprendere gli eventi accaduti. Considerando che il Permiano è stato un periodo caratterizzato da forti eruzioni vulcaniche, riportate sino ai tempi d'oggi dalle rocce, lo studio di questi eventi ignei ha contribuito a svelare la storia geologica della Piattaforma Porfirica Atesina.

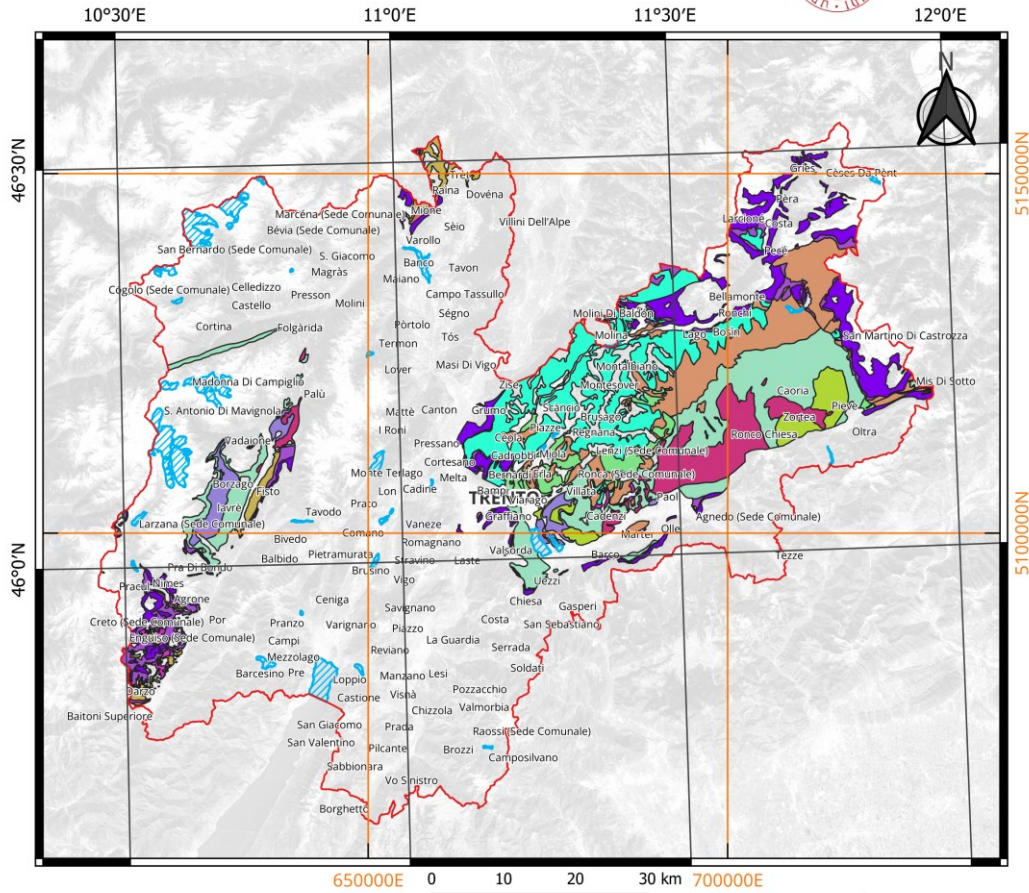
Tab. 1 – Descrizione areali di presenza per ciascuna tipologia di roccia data in legenda (*Tavola 2 – “Geologia del Permiano”*)

TIPOLOGIA	PERIODO	AREA (km2)	AREA (%)
Micascisti e Filladi	Prepermiano	326,37	21,2%
Rioliti.	Permiano	296,94	19,3%
Daciti e riodaciti.	Permiano	239,46	15,5%
Formazione a Bellerophon, Formazione di Werfen, Servino, Camiola.	Permiano sup. - Trias inf.	212,61	13,8%
Granitoidi.	Permiano	141,55	9,2%
Molassa post-ercinica: Arenarie di Val Gardena, Verrucano lombardo.	Permiano	85,88	5,6%
Andesiti.	Permiano	64,17	4,2%
Porfiroidi.	Prepermiano	58,78	3,8%
Paragneiss.	Prepermiano	54,78	3,6%
Vulcaniti riolitiche, riodacitiche e andesitiche indistinte.	Permiano	41,85	2,7%
Molassa post-ercinica: Conglomerato di Ponte Gardena, Formazione di Collio.	Permiano	15,30	1,0%
Arenarie di Val Gardena e Calcarì a Bellerophon indistinti.	Permiano sup.	3,59	0,2%
		1541,27	100%

Geologia del Periodo Permiano



Luana Fontana
1223057
16/05/23



SI: WGS 84 e UTM ZONE 32 N

scala 1 : 700.000

LEGENDA

- Laghi, corsi d'acqua, ghiacciai.
- Andesiti.
- Arenarie di Val Gardena e Calcarei a Bellerophon indistinti.
- Daciti e riolaciti.
- Formazione a Bellerophon, Formazione di Werfen, Servino, Carniola.
- Granitoidi.
- Micascisti e Filladi
- Molassa post-ercinica: Arenarie di Val Gardena, Verrucano lombardo.
- Molassa post-ercinica: Conglomerato di Ponte Gardena, Formazione di Collio.
- Paragneiss.
- Porfiroidi.
- Rioliti.
- Vulcaniti riolitiche, riolacitiche e andesitiche indistinte.

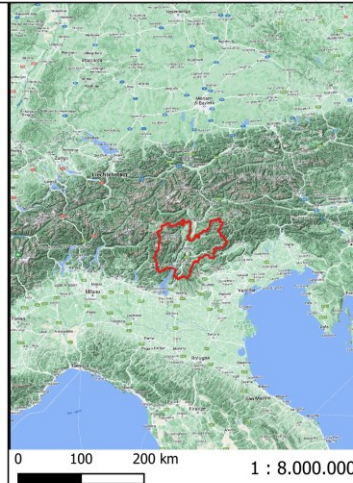


Tavola 2 – Geologia del periodo Permiano

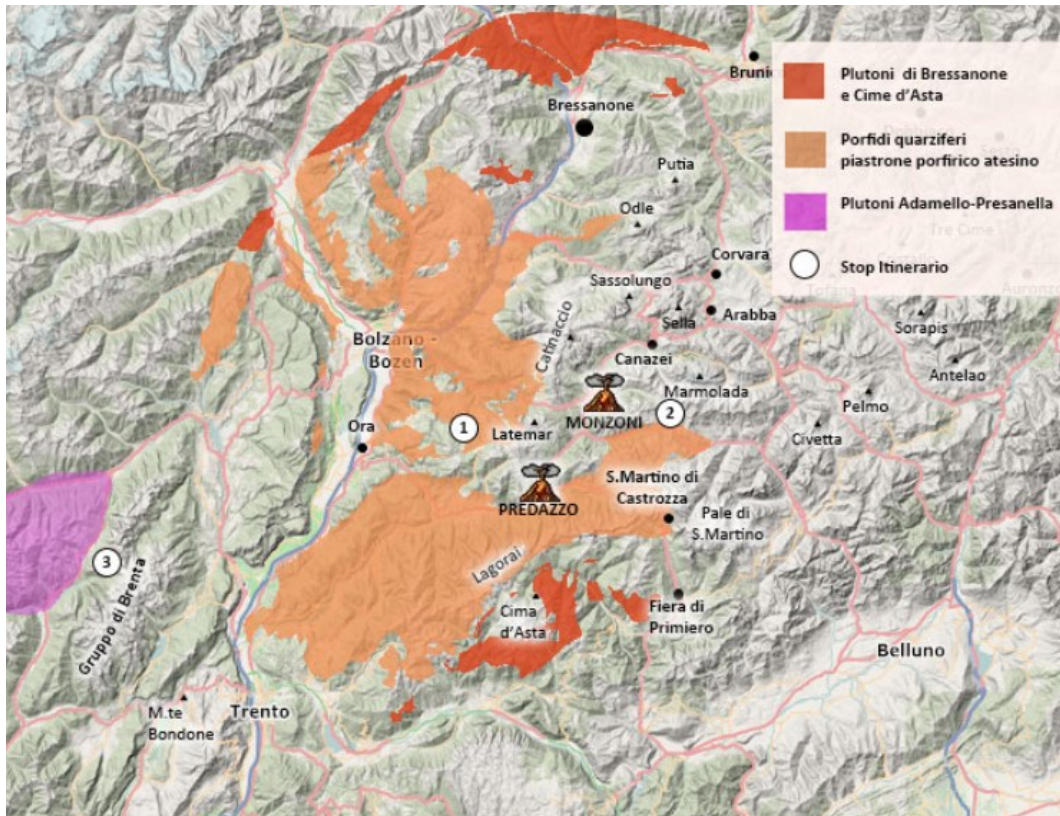


Figura A: Carta geologica delle rocce ignee, raffigurante il complesso vulcanico scomparso Predazzo-Monzoni, M. Pregliasco 2013, basata su cartografia 4umaps. MICHELE PREGLIASCO, 2013. “Itinerari & Geologia – Vulcani nelle dolomiti”. Natura Scienza e Paesaggio. Disponibile su <[I vulcani - Itinerari & geologia delle Dolomiti | DigiLands](#)>

2.2. LA FORMAZIONE DI CALDERE: IL GRUPPO VULCANICO ATESINO (GA)

Il Gruppo Vulcanico Atesino ha un'estensione di circa 2000 km² occupa l'area compresa tra il Lineamento Periadriatico a Nord-Ovest e la Linea della Valsugana a sud. Costituisce una parte importante del magmatismo permiano nelle Alpi centro-orientali. Si colloca a cavallo tra le province di Trento e Bolzano, dove dominano rocce vulcaniche e sub-vulcaniche con carattere seriale subalcalino e affinità calcalcalina e denominate Vulcaniti atesine.

Costituiscono fondamentale importanza le faglie dirette associate ai fenomeni di collasso calderico, la tettonica ha infatti un impatto significativo sullo spessore delle

varie unità vulcaniche (*Fig. B*). Da ricerche effettuate da *Urs Schaltegger e Peter Brack* nel 2007, le maggiori unità vulcaniche del AG sono dei riempimenti di caldere collassate, poste al di sopra di camere magmatiche crostali superficiali. Un esempio è riportato dalla zona della Val di Cembra dove i prodotti magmatici sono impostati seguendo i bacini sin-vulcanici. Si denota di fatto un collasso, il quale provoca un maggior spessore e una maggiore estensione delle unità vulcaniche più recenti. Queste osservazioni sono spiegabili con una tettonica prevalentemente distensiva data la presenza di caldere sovrapposte o affiancate, di età diversa.

“Le Vulcaniti sono deposte nella Caldera di Bolzano, con caratteristico colore rossastro appaiono sul versante orientale della valle dell’Adige, in sinistra orografica da Egna a Merano e nella dorsale al centro della vallata. Sul versante opposto esse immergono sotto le formazioni sedimentarie. La caldera, delimitata tutto intorno da faglie normali ad alto angolo, si estende in direzione nord verso l’altopiano di Renon, la Valle Isarco e la Val Gardena, a sud fino a Pergine Valsugana e a est fino alla Marmolada.”⁶

Generalmente troviamo che le unità vulcaniche sono più giovani nel settore centrale rispetto ai bordi della caldera. La formazione di caldere multiple all’interno di un sistema vulcanico – tettonico danno la possibilità di ricostruire i tempi geologici passati, fornendo le informazioni necessarie sui processi di formazione, in questo caso a partire dalle ignimbriti ricche di cristalli.

L’attività vulcanica continentale del Gruppo Vulcanico Atesino si origina e si esaurisce entro il Permiano Inferiore, con età di circa 281-277 Ma con la formazione di grandi caldere e con cumuli di lava vulcanica generati dal vulcanismo atesino che raggiungono uno spessore di circa 2000 m². Questo breve periodo viene caratterizzato da ripetizioni cicliche, fondamentalmente sono quattro cicli⁷ contrassegnati da emissioni lavico-ignimbritiche associate ad un sistema di fratture.

⁷ FERRARI, F., 2013/2014. “*Stratigrafia geochimica delle rioliti permiane in Trentino*”. Prova finale in scienze geologiche, Università di Padova.

- I ciclo, attività magmatica saltuaria ed effusiva: La presenza di clasti di lave andesitiche e riodacitiche all'interno del Conglomerato Basale (CGB) e di tuffi riolitici che si intercalano con esso e/o si sovrappongono direttamente al basamento metamorfico, hanno uno spessore di pochi metri e sono classificati come componenti del conglomerato basale.
- II ciclo, attività effusiva: messa in posto di lave andesitiche e duomi dacitici appartenenti alla *Formazione di Buss* con spessore massimo di 300 m. Si presenta un'intercalazione di tuffi laminati e breccia tuff al di sopra di questi si trovano ignimbriti riodacitiche, facenti parte della *Formazione di Castelliere* con spessore massimo di 100 m. Si denota, verso la fine di questo ciclo un cambiamento di composizione che da acida passa ad intermedio-basica.
- III ciclo, attività effusiva associata ad attività esplosiva: caratterizzato da duomi dacitici (*Formazione di Pinè*) con spessore massimo di 250 m, a cui si sovrappongono colate laviche con composizione andesitica (*Formazione di Cembra*) con spessore massimo di 500 m. Parallelamente si ha un'attività di tipo esplosivo caratterizzata da un'interruzione di tuff. L'interruzione dell'attività magmatica provocante lo sprofondamento calderico, è testimoniata da livelli di conglomerati e brecce epiclastiche. Il ciclo termina con la *Formazione di Gargazzone* con l'emissione di prodotti piroclastici e ignimbriti di composizione riodacitica.
- IV ciclo, sprofondamento calderico: dalla *Formazione di Regnana* e dalla *Formazione di Bosco*, con spessori tra i 100 e i 150 m si presenta la messa in posto di duomi lavici riodacitici e riolitici, con successivo sprofondamento calderico del GA. Questo fenomeno ha portato all'emissione di colate di flussi piroclastici con composizione riolitica (base: *Formazione di Lona* – tetto: *Formazione di Ora*). Le immense colate di flusso piroclastico determinano la fine dell'attività magmatica permiana nel distretto del Trentino meridionale e nella zona di Bolzano.

È possibile riassumere quindi, anche attraverso lo studio effettuato all'interno dell'articolo a cura di C. Morelli, G.M. Bargossi, M. Marocchi, G. Piccin, A. Moretti e V. Mair: *"The Athesian volcanics: a spectacular example of caldera complex"* che: data l'abbondante e complessa attività magmatica che interessò l'area delle Alpi Meridionali, la successione vulcanica si può suddividere a partire da caratteri riodacito-andesitico a caratteri riolitici, con flusso piroclastico prevalente e lave ed epiclastiti subordinate. I prodotti affioranti sono generalmente rocce vulcaniche, sub-vulcaniche e intrusive, con un chimismo che va da acido a basico con plutoni, corpi satelliti minori e prodotti vulcanici atesini. In particolare, i risultati mostrano che la natura e la distribuzione delle singole unità vulcaniche è strettamente correlata alla formazione di caldere di epoche diverse, che spazialmente e strutturalmente si affiancano e/o si sovrappongono.

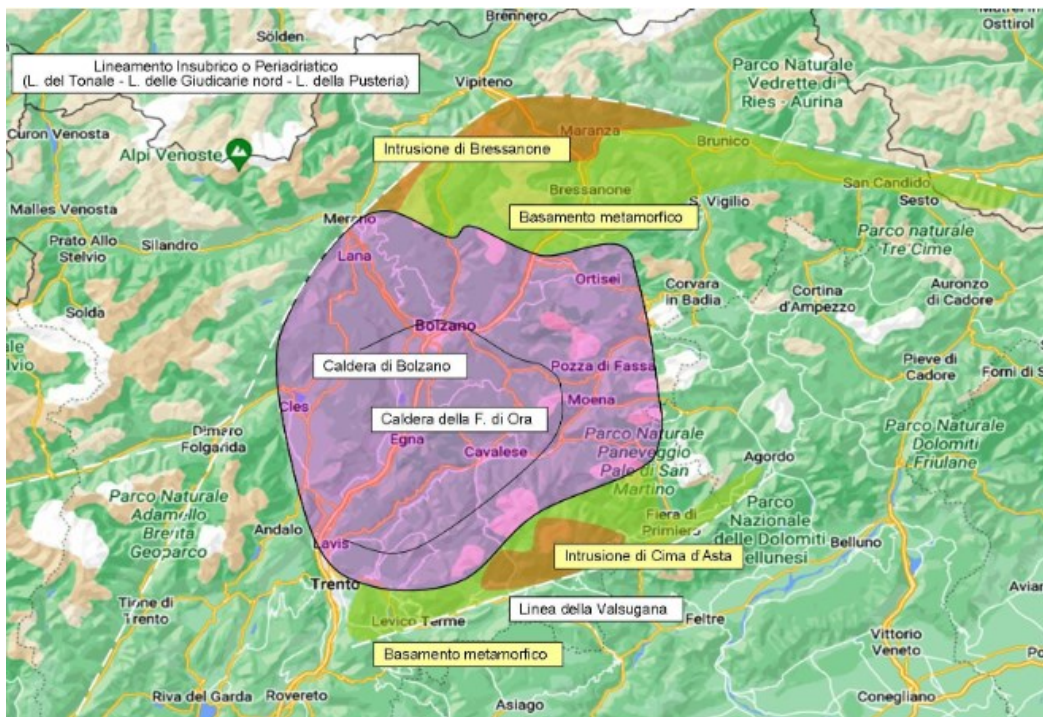


Figura B: Estensione stimata della caldera di Bolzano e rappresentazione delle linee tettoniche delimitante la regione dolomitica. <http://www.dolomitifassa.it/Cap_1.html>

2.3. IL MAGMATISMO

Il magmatismo iniziò con il Permiano inferiore e coincide con la deposizione dei conglomerati di Ponte Gardena. Ripercorrendo l'articolo: "*Il vulcanismo europeo permiano e il suo contesto geodinamico, 2015*" emerge l'ipotesi secondo cui i magmi della EUNWA⁸ si siano formati dal mantello, principalmente per due motivi: per l'innalzamento della temperatura e/o a causa della decompressione, risultato del collasso della catena ercinica. L'assetto della giovane catena ercinica è stato modificato da fenomeni estensionali, guidati da faglie trascorrenti, dovuto probabilmente ai piani di subduzione che sono ancora presenti ma inattivi, i quali avrebbero riordinato i flussi termici e di materiale nel mantello sottostante della catena.

E' possibile affermare che l'attività magmatica è correlata ai fenomeni tettonici, sono due le teorie da prendere in analisi:

- Teoria I: la formazione di bacini pull-apart, dovuto a faglie trascorrenti, formati in zone di transtensione delle suddette faglie e delimitata da faglie normali può influenzare la risalita dei magmi dal mantello e dalla crosta inferiore.
- Teoria II: un evento estensivo provocante un collasso calderico, giustificano gli enormi spessori raggiunti dalle vulcaniti in determinate aree delle Alpi Meridionali (distretto magmatico di Bolzano); confermato dall'imposizione dei prodotti magmatici in superficie ma aventi composizione ibrida in quanto derivanti da porzioni di mantello e crosta inferiore che subiscono contaminazione. L'emissione avviene in prevalenza da attività fessurale con messa in posto di pyroclastic flow a composizione prevalentemente riolitica e andesitica e pyroclastic surge, colate laviche e di caduta.⁷

⁸ EUNWA: Provincia magmatica dell'Europa e dell'Africa nord-ovest.

Le ricorrenze magmatiche sono associate a regimi tettonici fortemente variabili, che vanno da quelli collisionali (plutonismo austroalpino), tardivi o leggermente post-orogenici associati a formazioni di bacini subito dopo l'orogenesi varisica.

Il meccanismo dell'eruzione vulcanica dipende dalla composizione chimica del magma eruttato e dal suo grado di viscosità. La maggior parte del magmatismo era a composizione acido-intermedia, data da eruzioni di tipo esplosivo e con magmi ricchi in silice con punti di fusione elevati e solitamente con rapido raffreddamento e solidificazione. Il grande volume di rocce intrusive presenti al limite crosta-mantello e il magmatismo silicico associato alle intrusioni mafiche indicano chiaramente che il mantello è coinvolto nei processi di fusione e l'affinità calcicalina è dovuta ad una contaminazione dei magmi con i materiali della crosta. Il magmatismo Permiano è controllato da un regime tettonico estensionale, ha portato alla formazione di bacini sedimentari est-ovest all'interno dei quali sono state eruttate le rocce vulcaniche. Lo scioglimento della crosta e del mantello superiore è uno dei principali processi geologici che influenzano e tracciano l'evoluzione geodinamica della litosfera.

I dati empirici dati dallo studio di G. Bellieni, A.M. Fioretti, A. Marzoli e D. Visionà (2010) confermano un magmatismo di tipo post-collisionale e post-orogenico, formatosi durante un periodo di estensione litosferica e di assottigliamento crostale che ha interessato la fascia ercinica europea. Analizzando i dati isotopici presenti all'interno del medesimo documento si evince una significativa componente di mantello unita ad un contributo crostale e si sottolinea l'affinità calcicalina presente all'interno delle intrusioni del Permiano sud-alpino, la quale potrebbe suggerire un regime tettonico convergente.⁹

⁹ G. BELLINI, A.M. FIORETTI, A. MARZOLI, D. VISONA', 2010. "*Permo-Paleogene magmatism in the eastern Alps*". Springer-Verlag, vol. 21 (Suppl. 1), pp 51-71.

2.4. ESTINZIONE DI MASSA

“Al di sopra del Gruppo Vulcanico Atesino, nel Permiano Superiore, si vanno ad impostare solamente facies sedimentarie. Si ritrova anzitutto un intervallo conglomeratico (Conglomerato di Sesto) costituito da clasti ignimbrici arrotondati-subarrotondati immersi in una matrice arenacea di colore grigio rosso, che indica la progressiva erosione delle vulcaniti permiane. Sopra le vulcaniti, si riconoscono con uno spessore di 70/80 metri, arenarie grossolane ricche in quarzo, poco compatte, di colorazione prevalentemente rossastra, seguite da arenarie grigie con resti vegetali intercalate a siltiti marnose e marne, litologie che denotano una genesi di ambiente fluviale (Arenaria di Val Gardena).”⁷

Grazie alle intercalazioni prodotte dall’alternanza di magmatismo e sedimentazione, è stato possibile ricreare l’ambiente permiano, frutto di innumerevoli modificazioni sia climatiche sia ambientali. La tettonica trascorrente ha portato fino ai giorni d’oggi numerosi ritrovamenti fossiliferi, i quali hanno permesso un inquadramento maggiormente efficace, così da poter comprendere e collegare i fenomeni accaduti durante il periodo con la vegetazione effettivamente presente.

E’ stato proposto per la prima volta negli anni ’90 il legame tra l’estinzione di massa del Permiano-Triassico (252 milioni di anni fa) e la collocazione della Siberian Traps Large Igneous Province (STLIP).

L’estinzione di massa del Permiano-Triassico (252 milioni di anni fa) ha ridotto sostanzialmente la biodiversità globale, con l’estinzione dell’81-94% delle specie marine e del 70% delle famiglie di vertebrati terrestri. Probabilmente data dalla complessa cascata di eventi ambientali e biologici causati dai vulcani, portando alla più grande estinzione del Pianeta, per cui però non è ancora ben chiara la dinamica degli eventi, difficile da ricostruire.

La tettonica trascorrente ha portato fino ai giorni d'oggi numerosi ritrovamenti fossiliferi, permettendo così di ricostruire i principali fenomeni accaduti. A partire dalle analisi riferite alle registrazioni sedimentarie, paleontologiche e geochimiche è stato possibile comprendere le diverse modalità di selezione dell'estinzione, la quale è evidente sia nella composizione tassonomica della fauna marina, sia nei tratti ecologici e fisiologici. Grandi cambiamenti si sono presentati anche alla base della rete trofica terrestre e all'interno della struttura floristica, generando meccanismi a cascata di estinzione nei diversi ecosistemi terrestri.

I cambiamenti ambientali possono essere collegati e attribuiti agli effetti delle emissioni vulcaniche (ad esempio, CO₂, CH₄, SO₂ alogeni e metalli). I fenomeni di vulcanismo consistente potrebbero aver portato a modificazioni nella composizione molecolare dell'atmosfera con il rilascio di CO₂, aggiunta all'effusione di gas da parte dei vulcani, potrebbero essere il motivo principale per la formazione di fenomeni di piogge acide, riduzione dello strato di ozono, aumento della radiazione UVB, anossia oceanica associato all'acidificazione di questi. Tutti caratteri in grado di concretizzare un importante evento di riscaldamento globale.¹⁰

¹⁰ DAL CORSO J. et al. (2022). “*Environmental crises at the Permian–Triassic mass extinction*”. *Reviews*, Vol. 3, pp 197-210.

3. I FOSSILI COME INDICATORI AMBIENTALI, L'IMPORTANZA DELLA LOCALITA' TREGIOVO

All'inizio del Permiano, la Terra si trovava in una condizione di massima estensione dei ghiacci, che interessavano il Grande Continente sin dal Carbonifero, andando a ricoprire le attuali: Antartide, Australia meridionale, India, gran parte dell'Africa ed il sud America. Verso la metà dell'epoca, il clima divenne più caldo e mite, interessando la fascia equatoriale e le zone tropicali adiacenti. I ghiacciai si ritirarono in conseguenza all'aumento generale delle temperature, caratterizzando l'epoca da periodi siccitosi, probabilmente per l'assenza di mitigazione per la momentanea assenza di vegetazione, ma anche per la perdita degli effetti di moderazione delle zone precedentemente adiacenti alle acque.

I ritrovamenti fossiliferi permettono di localizzare diverse popolazioni a diverse latitudini, le barriere non erano più costituite dai mari, bensì dai diversi climi. I movimenti tettonici e nello specifico l'orogenesi Ercinica hanno contribuito a favorire i contrasti climatici su tutto il pianeta. È possibile distinguere la Pangea in tre regioni ecologiche: a settentrione si trova un clima secco e con temperature intermedie, al centro invece un clima continentale caldo-umido ed al meridione persistevano i ghiacci. Verso la fine del Permiano si manifestavano sempre di più periodi di elevata aridità, con fluttuazioni stagionali alternati da periodi caldi e periodi freddi.

3.1. GIACIMENTO PALEONTOLOGICO DI TREGIOVO

Il vulcanismo permiano fu plausibilmente uno dei fattori scatenanti rispetto alle modificazioni climatico-ambientali. Durante alcuni periodi di inattività si formarono ridotti bacini che si riempirono secondariamente di sedimenti fini e di

fanghi. Nello specifico, dalla formazione di una piccola faglia tra le Giudicarie e Foiana si formò una piccola faglia bacino continentale, riempita di sedimenti di origine prevalentemente vulcanica provenienti dal Complesso Vulcanico Atesino. Da qui ebbe origine la Formazione di Tregiovo, poco a sud dell'antico Paleoequatore, costituita da pietre fangose laminate raggiunge i 200 m di spessore e da cui deriva un paesaggio modificato da diversi eventi climatici, il più importante: l'inondazione del Mare della Tetide.

Lo strato vegetale fossile si trova in corrispondenza dell'attuale Formazione di Gries con le breccie vulcanoclastiche riolitiche e i depositi di flusso piroclastico della Formazione di Ora più giovane. I fossili, come i ritrovamenti rocciosi di diversa origine testimoniano un'area pianeggiante, periodicamente inondata da piene, intervallate da stagioni secche, confermato dalla formazione di fessure di fango dove sono state rinvenute tracce fossilifere e floristiche. La mineralizzazione di solfuri come galena, sfalerite oltre che di rame e ferro nativi dimostrano la presenza di acque basse e anossiche.

PANORAMICA STORICA

La prima analisi geologica riferita all'area della Val di Non fu eseguita nel 1873 da Carl Wilhelm Gumbel, geologo tedesco, seguito l'anno successivo da Ferdinand Richthofen. Le indagini sulla macroflora iniziarono solo nel 1882 ad opera del geologo ceco-austriaco Michael Vacek elaborando una distinzione tra la flora del Permiano inferiore con tre tipiche associazioni vegetali: *Walchia piniformis*, *Walchia filiciformis* e *Ullmannia frumentaria*. Furono diversi negli anni del '900 i paleobotanici ad indagare la regione di Tregiovo, portando a supporre che la flora tipica del Permiano appartenga agli stessi livelli stratigrafici delle piante caratteristiche del Permiano Superiore.

La fossilizzazione ha permesso lo sviluppo di un quadro ambientale risalente al Permiano. Fu *Ferruccio Valentini*, appassionato e cultore di piante officinali a partire dal 2010 a scoprire nel comune di Revò un giacimento paleontologico floristico. Fu coinvolto nelle ricerche anche il paleobotanico *Michael Wachtler*, il quale confermò le potenzialità del sito circa le nuove varietà vegetazionali rinvenute

e tutte appartenenti al periodo compreso tra 242 e 230 milioni di anni fa, quando le attuali Dolomiti erano situate vicino all'Equatore.

GIACIMENTO LE FRAINE (Val di Non, Trentino)

Da studi effettuati su dati paleontologici e radiometrici è emerso che l'età a cui la Formazione di Tregiovo appartiene è compresa tra l'Artinskiano sommitale e il Kunguriano. L'appartenenza al primo ciclo sedimentario definisce due diverse facies: la facies basale e superiore con una costituzione essenziale di conglomerati caotici e arenarie e ghiaie bacinali che indicano condizioni di tipo alluvionale e la facies intermedia, formata da laminiti di ambiente lacustre con intercalazioni arenacee. Questo sito possiede grande interesse scientifico proprio per la presenza di un ricco contenuto di fossili come resti di piante, associazioni di palinomorfi ed impronte di tetrapodi, fornendo una panoramica rispetto alle tendenze evolutive di fauna e più in particolare della flora.¹¹

3.2. DATI “KUNGURIAN FLORAS OF THE DOLOMITES” – WACHTLER MICHAEL

Pteridophyta

Le felci in questione sono specie ritrovabili in tutto il continente Euro-americano nel periodo che va dal primo al tardo Permiano. Possiedono foglioline tripennate, le pinnule fertili presentavano sporangi disposti sul lato inferiore. Sulle Alpi Meridionali è presente una successione di specie che differisce dalla *Formazione di Collio* del Permiano Inferiore, che include *Sphenopteris suessi* (Artinskiano) e *Sphenopteris battistii* del Tregiovo (Kunguriano).

Nella flora di Tregiovo, le felci del genere *Sphenopteris* non erano molto comuni ed i pochi ritrovamenti di *S. battistii* hanno dimostrato la presenza di caratteri

¹¹ ANGELELLI FRANCESCO, n.d. “Notizie sul giacimento a flora fossile del Permiano Tregiovo – Le Fraine, Revò”. N.d., pp 1-13.

diversi dalle altre. Tuttavia, è stata comunque riconosciuta come appartenente al genere *Sphenopteris* distinguendosi dalle altre felci per le sue singole pinnule fogliari con una forma leggermente bifida e a volte dentata. Probabilmente si tratta di una specie con foglioline variabili.

Sphenopteris battistii (WACHTLER, 2015) - Kunguriano

Descrizione:

- Fronde: felce a crescita bassa con fronde tripennate (*Fig. 2*). Padiglioni secondari opposti ed alterni, leggermente bifidi e incisi.
- Pinnule fertili (*Fig. 1*): singole caratteristicamente segmentate in 3 foglie che concludono con una pinnula leggermente incisa.



1 - Parte di una felce con dettaglio delle pinnule (TRE 541, designed holotype)



2 - Felce intera (TRE 37B)

Pteridospermatophyta

Si ricordano *Autunia*, *Rhachiphyllum*, *Hurumia*, *Scytophyllum*, *Lepidopteris* o *Thinnfeldia*, un gruppo di felci da seme diffuse in tutto il mondo, contrassegnate da particolari fronde e le foglie. Tipicamente per queste felci da seme gli organi femminili riproduttivi erano formati da teste definite “ad ombrello”.

Lepidopteris meyeri (WACHTLER, 2013) - Kunguriano

Descrizione

- Fronde: fronde carnose bipennate con pinnule da intere a merlate e fogliame lungo e largo (*Fig. 3*).
- Pinnule fertili: composte da minuti megasporofilli sottoforma di dischi peltati, papillosi, bordati di peli, con un aspetto globoso (*Fig. 4*).



3 – Fronda con minuscole foglie coriacee (TRE 351, designed holotype)



4 – Fronde raffiguranti le pinnule intercalari (TRE 71)

Autunia sp. (WACHTLER, 2013) – Kunguriano

Descrizione:

- Fronde: bipennate o tripennate alternate (*Fig. 5*). Le pinnule si sviluppano perpendicolarmente, coriacee con nervatura mediana estesa oltre la metà della pinnula (*Fig. 6*). Apice arrotondato e leggermente affusolato.
- Organi ovuliferi: dischi peltati ad ombrelli, radialmente simmetrici, suddivisi in più segmenti che racchiudono i semi.



5 – Fronda (TRE 518)



6 – Piccoli frammenti di pinnule (TRE 308)

Cycadophyta

Sono numerosi i ritrovamenti di *Cicadee*, soprattutto nella *Formazione di Tregiovo*, con *Macrotaeniopteris tridentina*, *Taeniopteris nonensis* e *Nilssonia perneri*. Fanno parte delle felci palmate e sono suddivise in *Cycadee*, *Stangeriaceae* e *Zamiacea*.

Le *Cicadee* sono il secondo gruppo più numeroso di gimnosperme dopo le conifere e potrebbero essere i precursori delle *Cicadee* attuali. Si osservano infatti caratteri strutturali e riproduttivi poco evoluti, caratterizzati da strutture fertili molto simili con sessi separati (fruttificazioni maschili e femminili) localizzate in gruppi o in singolo alle estremità del fusto e alle fronde.

Wachtleropteris valentini (WACHTLER, 2012), (PERNER, 2013) - Kunguriano

Descrizione

- Pianta intera: Pianta bassa e cespugliosa con foglie ramificate più volte, biforcute (*Fig. 7*) e terminano con un apice arrotondato. Consistente nervatura centrale da cui nascono venature secondarie ad esso ortogonali e parallele tra loro.
- Coni maschili: coni collegati da un picciolo fogliare, penduli, microsporofilli disposti a spirale sull'asse principale (*Fig. 8*).
- Coni femminili: megasporofilli penduli.



7 – Fogliame biforcuto (TRE 38, designed holotype)



8 – Intero cono attaccato al fusto con foglie e microsporofilli sulla superficie inferiore (TRE 39)

Taeniopteris nonensis (WACHTLER, 2021) - Kunguriano

Il genere *T.* fu descritto per la prima volta nel 1828 dal paleobotanico francese: *Adolphe Brongniart*. Sono caratterizzate da foglie a forma di lingua a margini interi e con nervature parallele fino all'estremità della lamina.

Descrizione

- Foglie: lunghe fino a 15 cm, le punte delle foglioline possono essere sia appuntite sia arrotondate (*Fig. 9 e Fig. 10*).
- Organi pollinici: probabilmente bulbosi ovoidali, composti da microsporofilli disposti a spirale su un'asse centrale.



9 – Parte apicale (TRE 598 designed holotype)



10 – Controparte dell'olotipo (TRE 598)

Ginkgophyta

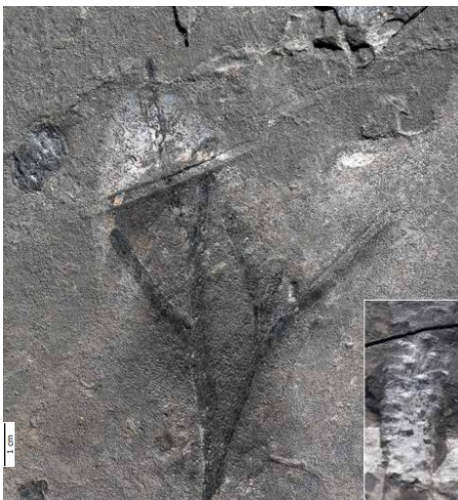
Nelle Dolomiti italiane il primo ordine di *Ginkgoales* con foglie, semi e organi pollinici uniti, possono essere studiati a partire dal Permiano Inferiore (Kunguriano), con evoluzione fino al Permiano superiore. Le foglie di *Ginkgo* attuali si presentano con lamina fogliare a ventaglio con venature che si irradiano per tutta la foglia, nel Permiano invece le loro foglie erano irregolarmente lobate e aghiformi.

Ginkgoites pohli (WACHTLER, 2013, WACHTLER 2021) - Kunguriano

Presenta un sistema di ramificazione irregolare e rudimentale, nelle attuali specie presenta un picciolo da cui cresce la foglia, nei ritrovamenti Kunguriani invece è presente una sorta di collare (*Fig. 12*) da cui emergono foglie e ovuli/semi aggregati.

Descrizione

- Foglie: alcune raggiungono 20 cm altre sono più piccole e biforcute (*Fig. 11*), con germogli basali speronati.
- Ovuli: portati in coppia o singoli all'apice di una foglia. La dimensione dei semi ellittici varia. Cono pollinico: asse principale con microsporofilli divisi.



11 - Foglia con due semi nella parte in alto a destra (TRE 45, designed holotype)



12 - Foglia matura con germoglio di sperone basale (TRE 86, paratype)

Coniferophyta

Le conifere sono le specie maggiormente presenti a Tregiovo, negli strati inferiori si trova prevalentemente *Voltzia vialli* e nella parte superiore *Ferovalentinia cassinisi* caratterizzata da fasci a cinque aghi, oppure *Ferovalentinia angelellii* con biforcazione irregolare e raggruppamenti di due fino a tre aghi. Si trovano inoltre antenati di *Araucaria* ed evolutesi dall'Artinskiano fino al Kunguriano nelle Dolomiti, in particolare *Ortiseia daber*, pianta caratteristica del paesaggio Alpino Permiano.

Ortiseia daber (WACHTLER, 2012) - Kunguriano

Descrizione

- Rami e foglie: germogli ramificati pinnatamente (*Fig. 13*), fogliame carnoso, con apice da acuto a ottuso, foglie singole.
- Coni maschili: numerosi microsporofilli attorno ad un asse centrale, disposti a spirale e sovrapposti (*Fig. 14*).
- Coni femminili: coni con corpo tondo e allungato, composti da scaglie di semi disposti a spirale e generanti all'interno un seme ovulifero.



13 - Ramoscello quasi completo (TRE 500, Coll. Wachtler)



14 - Cono maschile adulto, pronto al rilascio dei pollini (TRE 235)

Majonica ambrosii (WACHTLER, 2012, 2021)

Descrizione

- Rami e foglie: rami penduli e irregolarmente divergenti (*Fig. 15*). Fogliame coriaceo.
- Coni maschili: bulbosi, i microsporofilli peltati terminano in una brattea poco visibile.
- Coni femminili: caratteristica distintiva è la presenza di una brattea sporgente con una certa quantità di foglioline sterili. Il lato interno del seme contiene alla base due semi alati, che coprono quasi i 2/3 della scaglia (*Fig. 16*).



15 - Ramoscello (TRE 100 Designed holotype, Coll. Valentini)

16 – Cono femminile giovanile (TRE 629)



Férovalentinia angelellii (WACHTLER, 2015)

Antenato del Pino, dato il raggruppamento in mazzette somiglianti a molti pini odierni.

Descrizione

- Foglie e rami: rami laterali dipartiti da profonde nervature longitudinali centrali da un asse principale. Aghi rigidi e corti si distendono raggruppati in uno, due, fino a tre fasci su rami secondari sporgenti e ascendenti (*Fig. 17*).
- Coni maschili: germogliano singoli su un ago. Piccoli e arrotondati come ellissoidi, con sporofilli disposti su un piccolo asse centrale.
- Coni femminili: simmetrici, arrotondati e sessili sulla parte finale dell'ago. Formate da poche file di squame. Ovuli brevemente alati.

Si ricorda inoltre *Férovalentini cassinisi* (*Fig. 18*), molto simili a quella in questione ma considerata come antenato del Cirmolo, raccoglie le sue foglie lunghe e aghiformi in mazzette da cinque.



17 – Ramoscello di *Férovalentinia angelellii*



18 – Ramoscello di *Férovalentini cassinisi*

3.3. CONSIDERAZIONI SULLA CORRELAZIONE FLORA E AMBIENTE

FELCI

La divisione delle *Pteridophyta* riporta numerosi esemplari, ma pochi di questi possono essere raggruppati a rinvenimenti risalenti al Permiano. L'unica felce che può essere indiscutibilmente affidata a quest'età è *Sphenopteris dichotoma*. È plausibile pensare che, dato il picco di felci all'interno del Carbonifero, il genere in questione abbia subito un calo drastico, motivato dalla presenza di una fauna attirata da questa tipologia di vegetale. Altre piante amanti dell'acqua come *Cicadee* ed equiseti non sono state colpite da questo declino, motivo per cui la causa non potrebbe essere data dall'assenza di acqua.

La classe delle *Pteridospermatophyta*, nello specifico *Lepidopteris meyeri* e *Autunia sp.* sopracitate, sono piante provenienti da un clima caldo – umido, ed un ambiente ospitante altre forme arboree, probabilmente di grandi dimensioni, data la preferenza di queste ad ambienti ombreggiati. Sono rari i ritrovamenti, presumibilmente anche per le ridotte dimensioni che ne rendono difficile la visibilità. A partire dal Triassico, però, ne sono state recuperate di dimensioni maggiori.

CICADI

L'ordine *Cycadales* ha datazione molto antica, il più primitivo tra le gimnosperme, con prima apparizione risalente al periodo compreso tra il Carbonifero e il Permiano, mostranti ancora attualmente caratteri molto simili a quelli odierni, riuscendo ad oltrepassare la catastrofe avvenuta alla fine del Permiano. Nelle Dolomiti diventò una delle flore dominanti. Da Tregiovo sono state raccolte diverse piante appartenenti a quest'ordine, *Wachtleropteris valentinii* è probabilmente la più arcaica. In questa Formazione, si possono trovare contemporaneamente *Cycadophyta* ben formate, come *Nilssonia perneri*, *Macrotaeniopteris tridentina* e *Taeniopteris nonensis*, al contrario *Wachtleropteris valentinii*, non è possibile collocarla senza dubbi all'interno dell'ordine *Cycadales*, in quanto presenta

numerosi caratteri appartenenti alle *Ginkgophyta* del Permiano inferiore data la biforcazione molto evidente. Probabilmente è il collegamento alla linea evolutiva con i Ginkgo date le diverse caratteristiche come l'evidente tratto biforcuto con foglie ramificate, rappresentativo delle *Ginkgoaceae*.

GINKGO

Le piante di ginkgo attuali possiedono un grande potenziale per raccontare la storia evolutiva delle Dolomiti. *Baiera pohli*, che Michael Wachtler descrisse per la prima volta quando è stata ritrovata nelle Dolomiti all'interno di strati di 280 milioni di anni fa, è probabilmente il più antico esponente del genere *Ginkgo*, con foglie lobate e aghiformi erano molto diverse l'una dall'altra, ma le bacche e il resto ricordavano quelle di oggi. *Ginkgoites pohli* inoltre, è stato rinvenuto solo negli strati Kunguriani di Tregiovo e presenta probabilmente una linea evolutiva diretta dei ginkgo esistenti.

Gli aghi di *Ginkgoites* possono essere confusi con le foglie arcaiche di *Pinus*, ingranditesi gradualmente fino a raggiungere le dimensioni e la forma attuale. I ricercatori dell'università della Florida hanno affermato che questa conformazione (foglie aghiformi) indica un adattamento all'abbondanza di acqua meteorica, poiché la forma a cuneo è in grado di lasciarla scivolare: meno stomi vengono bloccati, rendendo la fotosintesi più efficiente.

CONIFERE

Ortiseia daberii appartenente al Kunguriano e *Ortiseia dasdanai* appartenente all'Artinskiano possiedono circa dieci milioni di anni tra le due comparse ed il tratto più evidente è dato dalla diversa struttura fogliare, che può essere spiegata da un cambiamento climatico probabilmente verso un clima più umido e mite.

Il Mesozoico fu definito come età delle Cicadee ampiamente presenti sulle Alpi prima dei Pini, questi ultimi adattatisi al clima influenzato dall'era glaciale del Gondwana. Dal momento in cui le condizioni meteorologiche divennero più umide e calde nel tardo Permiano andarono svanendo, lo stesso avvenne per *Abietaceae* e le proto-angiosperme, ma non con le *Cicadee*, i Ginkgo o gli equiseti.

CONCLUSIONI

Considerando le evidenze geologiche, durante il Permiano l'attività vulcanica fu estremamente intensa. L'analisi del Gruppo Vulcanico Atesino lo dimostra data la formazione di caldere e dei cumuli di lava vulcanica, dove sono state deposte prevalentemente lave andesitiche e riodacitiche associata ad un tipo di attività effusivo, ulteriormente modificate da fenomeni climatici come abbondanti e frequenti piogge oppure da fenomeni tettonici come possono essere i movimenti sismici delle faglie.

Il confronto tra le due tavole prodotte attraverso il software QGIS porta alla comprensione della localizzazione delle rocce. Nello specifico, data la caratteristica presenza di eruzioni vulcaniche durante il Permiano, si denota un'abbondante presenza di rocce magmatiche. Si può affermare che l'attività magmatica formatasi dal mantello, è correlata ai fenomeni tettonici, che vanno da collisionali, tardivi o leggermente post-orogenici associati a formazioni di bacini subito dopo l'orogenesi varisica.

Questa serie di eruzioni vulcaniche e di lunga durata hanno avuto diverse conseguenze a lungo termine, una di queste fu l'estinzione di massa di fine Permiano, che ha portato alla scomparsa di circa il 96% delle specie marine e il 70% delle specie terrestri. Fenomeni tettonici, stratigrafici e magmatici sono di fondamentale importanza per la comprensione della geologia, permettendo un'analisi dei fenomeni che interessavano determinate aree. Dalle intercalazioni stratigrafiche di magmatismo e sedimentazione, si presenta una vasta componente fossilifera floristica. Dall'analisi di documenti diversi inerenti al comune di Tregiovo (Val di Non - Trento) è stato possibile ricostruire un quadro vegetazionale generale, con il fine di ottenere informazioni relative all'epoca permiana.

L'ambiente fu in continua evoluzione, come dimostrato da una vegetazione prevalentemente tropicale, gradualmente sostituita da una flora adattata ad un clima di tipo continentale. Le condizioni sempre più aride associate a precipitazioni brevi e intense portarono al prosciugamento dei laghi e delle lagune, non

consentendo la conservazione e quindi la fossilizzazione. La mineralizzazione di minerali come galena, sfalerite, rame e ferro dimostrano la presenza di acque basse e carenti di ossigeno.

Inoltre, inverni sempre più freddi, ebbero ripercussioni anche sugli adattamenti, generando piante xerofitiche (insolito per le regioni equatoriali), di piccole dimensioni, con fogliame ridotto e prevalentemente aghiforme. A testimonianza di questa variazione si fa riferimento a *Ortiseia dasdanai* e *Ortiseia daberii* entrambe collocate nel Permiano inferiore, ma datate con intervallo di dieci mila anni l'una dall'altra. Presentano differenze a livello fogliare, con riduzione di queste, probabilmente per far fronte al deficit idrico e all'innalzamento delle temperature.

Per poi arrivare al Permiano superiore con abbondanza di Conifere storicamente in simbiosi con Abietaceae, *Araucariaceae* ma anche con progenitori del *Pinus*. Un clima arido e secco portò i *Pinoideae* ad una progressiva colonizzazione della regione dolomitica, uniti alle *Cicadee* che, con *Wachtleropteris valentini*, potrebbe segnare la linea evolutiva con i *Gingko*. *Cicadee* e *Ginkgoaceae* apparvero nel Kunguriano, gli aghi di questi ultimi sono molto simili alle foglie arcaiche di *Pinus*, ingranditesi gradualmente fino a raggiungere le dimensioni e la forma attuale.

BIBLIOGRAFIA

ANGELELLI FRANCESCO, n.d. “*Notizie sul giacimento a flora fossile del Permiano Tregiovo – Le Fraine, Revò*”. N.d., pp 1-13.

BARGOSSO G.M. et al. (2012). “*Volcanic stratigraphy and radiometric age constraints at the northern margin of a mega-caldera system: Athesian Volcanic Group (Southern Alps, Italy)*”. *GeoActa*, vol. 11, pp 51-67.

BARGOSSO G.M. et al. (2010). “*The Athesian volcanics: a spectacular example of caldera complex*”. *Rend. online Soc. Geol. It.*, 11, pp 286-287.

BELLIENI G. et al. (2010). “*Permo–Paleogene magmatism in the eastern Alps*”. Springer-Verlag, vol. 21 (Suppl. 1), pp 51–71.

DAL CORSO J. et al. (2022). “*Environmental crises at the Permian–Triassic mass extinction*”. *Reviews*, Vol. 3, pp 197-210

FERRARI FIORELLA, 2013/2014. “*Stratigrafia geochimica delle rioliti permiane in Trentino*”. Prova finale in scienze geologiche, Università di Padova. pp 1-25

WACHTLER MICHAEL, 2021. “*Permian Fossil Flora and Fauna from the Dolomites - The Early Permian (Kungurian) Floras of the Dolomites*”. ResearchGate, pp 59-124.

SITOGRAFIA

BIGNAMI LUIGI, 2019. “*La Madre di tutte le Estinzioni iniziò dalle piante*” [online]. Focus. Disponibile su <[La Madre di tutte le Estinzioni iniziò dalle piante - Focus.it](#)> [Data di accesso: 10/03/2023].

PREGLIASCO MICHELE, 2013. “*Itinerari & Geologia – Vulcani nelle Dolomiti*”. Disponibile su: <[I vulcani - Itinerari & geologia delle Dolomiti | DigiLands](#)> [Data di accesso: 20/03/2023]

ANON, N.D. “*Dolomiti di Fassa – uno sguardo alla geologia, alla geomorfologia e al paesaggio della Val di Fassa*”. Disponibile su: <[Geologia stratigrafica - il Permiano della Val di Fassa \(dolomitifassa.it\)](#)> [Data di accesso 6/04/2023].