FMSG / ETH Zurigo

Formazione continua 2017

Monte San Giorgio
Serpiano – Arzo

Paesaggi mesozoici

Prof. Stefano Bernasconi, Valentina Rossi
Daniele Albisetti, Luca Zulliger

Copertina
Modello del Lago di Lugano con il Monte San Giorgio visto da Ovest
Fridolin Becker (1896), Earth Science Collections ETH Zürich

Le Alpi Meridionali – Una breve introduzione

Le Alpi Meridionali comprendono geologicamente una porzione lunga oltre 400 km della Catena Alpina che si estende dalla città di Ivrea in Piemonte sino alle Alpi Carniche in Friuli (Italia nordorientale). La Linea Periadriatica conosciuta pure come Linea Insubrica demarca il limite tra le Alpi Meridionali (dette pure "Sudalpino") e le falde sovrapposte delle Alpi Occidentali, Centrali e Orientali (vedi Figura 1). Nella zona di Bellinzona durante l'Orogenesi Alpina le rocce sono state metamorfizzate, raggiungendo temperature e pressioni tipiche della facies anfibolica superiore (vedi immagine). Le rocce delle adiacenti Alpi Meridionali sono rimaste invece a livelli superficiali della crosta terrestre e non sono quindi state sottoposte al metamorfismo Alpino. Queste rocce mostrano comunque eventi deformativi Alpini.

Le Alpi Meridionali erano parte del margine occidentale della placca Adriatica. La compressione legata all'orogenesi Alpina è quindi il risultato dei movimenti verso nord-ovest e rotatori di questa placca tettonica. Il Sudalpino (o parti di esso) è stato coinvolto in processi compressivi che hanno dato origine ad una catena a falde sovrapposte vergente verso SE ampia circa 60 chilometri, che interessa l'area tra la Linea Insubrica (a nord) e le rocce sepolte nel sottosuolo di Milano. Ad est del Lago Maggiore le falde sono spesso ricoperte dai depositi clastici più recenti della Pianura Padana. L'impilamento tettonico delle falde, legato all'Orogenesi Alpina, coinvolse sia le rocce del basamento sia quelle del ricoprimento roccioso. L'accorciamento totale della catena in direzione NNO-SSE è stimato in 60-120 km.

Nella porzione occidentale delle Alpi Meridionali i processi deformativi ebbero luogo in due fasi distinte: (1) prima della messa in posto del corpo magmatico dell'Adamello (43-33 Ma) e (2) nel Miocene, dopo questo evento intrusivo. Il sottosuolo della parte occidentale della Pianura Padana è caratterizzato da una discontinuità strutturale Messiniana risalente a circa 5.5 Ma, che tronca le falde tettoniche. Nella parte orientale delle Alpi Meridionali (in Veneto e in Friuli) i processi deformativi continuarono sino al giorno d'oggi, dove si manifestano numerosi terremoti.

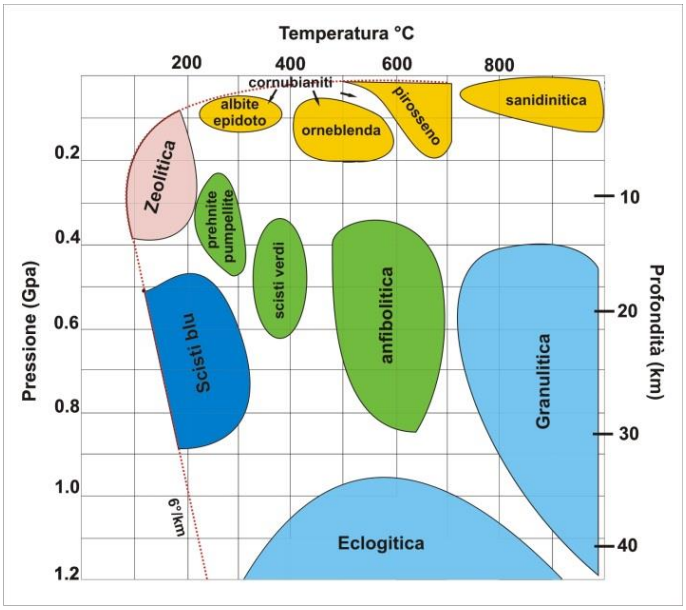


Figura 1 – Facies metamorfiche. DaP, 2008

Un profilo attraverso le Alpi Meridionali, ad ovest dell'intrusione dell'Adamello, mostra i seguenti domini, elencati da nord verso sud:

- La porzione più interna della catena delle Alpi Meridionali, immediatamente a sud della Linea Insubrica, presenta ortogneiss (quindi gneiss d'origine magmatica) e paragneiss (d'origine sedimentaria) che raggiunsero la facies metamorfica a scisti verdi/anfibolitica. Nella parte occidentale delle Alpi Meridionali queste rocce del basamento sono conosciute come "Serie dei Laghi". Le rocce protolitiche (quindi originarie) degli gneiss erano probabilmente antichi sedimenti Paleozoici. Gli scisti e gli gneiss del basamento sono a loro volta tagliati da intrusioni plutoniche d'età Permiana (per esempio il corpo magmatico di Baveno). Il settore compreso tra la "Serie dei Laghi" e il segmento della Linea Insubrica ad ovest del Lago Maggiore è chiamato "Zona Ivrea-Verbano". Quest'area mostra le rocce strutturalmente più profonde delle Alpi Meridionali, con l'eccezionale affioramento superficiale di parti inferiori della crosta terrestre.

- Ad est del Lago di Como le rocce del basamento, appartenenti alla crosta superiore, mostrano falde impilate vergenti verso SSE, separate tra di loro da rocce di ricoprimento Permo-Mesozoiche.

- L'ampia area tra le falde impilate del basamento (a nord) e i depositi della Pianura Padana (a sud) consiste in unità prevalentemente sedimentarie sovrapposte e parzialmente ripiegate. Quest'area include sedimenti clastici Permiani, rocce vulcaniche e spessi pacchetti sedimentari carbonatici Mesozoici.

- I sedimenti più recenti delle Alpi Meridionali comprendono torbiditi deformate Cretacico-Paleogeniche (come il "Flysch Lombardo"), marne e calcari (tra cui la "Formazione Scaglia").

- Immediatamente a sud del bordo Sudalpino affiorano sedimenti di molassa (per esempio la Gonfolite Lombarda). Si tratta di corpi sedimentari inclinati verso sud, disposti lungo (retro)scorrimenti tardo-alpini.

- Nel sottosuolo della parte occidentale della Pianura Padana, allontanandosi dal massiccio delle Alpi, il riempimento clastico Neogenico aumenta progressivamente di spessore. Questo fatto è pure valido per i sedimenti Pliocenico-Pleistocenici. Attorno a Milano la base delle formazioni Plioceniche (non deformate) giace a 2.5 km di profondità. Vicino al bordo della catena montuosa invece i depositi marini Pliocenici sono stati innalzati e sono parzialmente visibili sino ad alcune centinaia di metri sopra il livello del mare (per esempio a quota 500m presso il Monte S. Bartolomeo, ad ovest del Lago di Garda).

La regione del Monte San Giorgio

Il Monte San Giorgio fa parte geologicamente della più estesa "Serie delle Alpi Meridionali", comprendente rocce sedimentarie che si estendono da circa 320 milioni di anni fa all'epoca attuale. Fra le località più note, situate in un'area molto ristretta attorno al Monte San Giorgio o sul monte stesso, si citano per esempio: il Carbonifero di Manno e dell'Alpe Logone; il Permiano di Cuasso al Monte, di Arosio-Mugena nel Luganese e del basamento del Monte San Giorgio; le unità del Triassico della Valcuvia, del Luganese e del Monte San Giorgio stesso; la serie giurassica dell'area di Tremona-Arzo-Saltrio-Viggiù; le formazioni giurassiche del Monte Generoso, delle Gole della Breggia, le formazioni del Paleogene della "Gonfolite lombarda" (Conglomerato di Como) che si spingono fino al piede del Monte San Giorgio-Orsa-Pravello nella zona di Malnate-Gaggiolo; gli sparsi ma significativi affioramenti di Pliocene marino del Varesotto e del Ticino meridionale; la copertura glaciale e fluviale del Quaternario. Questa particolare situazione di complementarietà del Monte San Giorgio costituisce un importante valore aggiunto per il giacimento fossilifero del Triassico Medio sia dal punto di vista scientifico sia da quello didattico (FMSG, 2017).

Il Monte San Giorgio si è formato durante la nascita delle Alpi, quando, 95 di milioni di anni fa, l'antica placca "africana" iniziò a spostarsi verso nord, comprimendo progressivamente l'antica placca "eurasiatica". La poderosa spinta del blocco africano provocò una serie di sollevamenti e corrugamenti nella zona di collisione, sul margine meridionale della quale si trovava l'area del Monte San Giorgio. L'antico fondale marino venne così sospinto verso l'alto, permettendogli di emergere dalle acque e dare origine alla montagna che oggi conosciamo.

Oggi il San Giorgio si presenta come una montagna vagamente piramidale di circa 1'000 metri di altezza, formata da strati sovrapposti di rocce di varia natura inclinati verso sud di circa 30°. Queste rocce si sono formate in condizioni ambientali e in epoche geologiche molto diverse. Le rocce più antiche sono costituite da gneiss precedenti al periodo Carbonifero (il cosiddetto "zoccolo cristallino") ma, sebbene formino il basamento dell'intero edificio montuoso, non sono praticamente visibili in quanto si trovano quasi interamene al di sotto del livello del Lago Ceresio. Sopra di esse poggiano i poderosi strati rocciosi di origine vulcanica del periodo Permiano (andesiti, rioliti), ai quali fa seguito l'altrettanto imponente serie di rocce sedimentarie ricche di fossili dei periodi Triassico e Giurassico (calcari, dolomie, marne, argilliti bituminose ecc.).

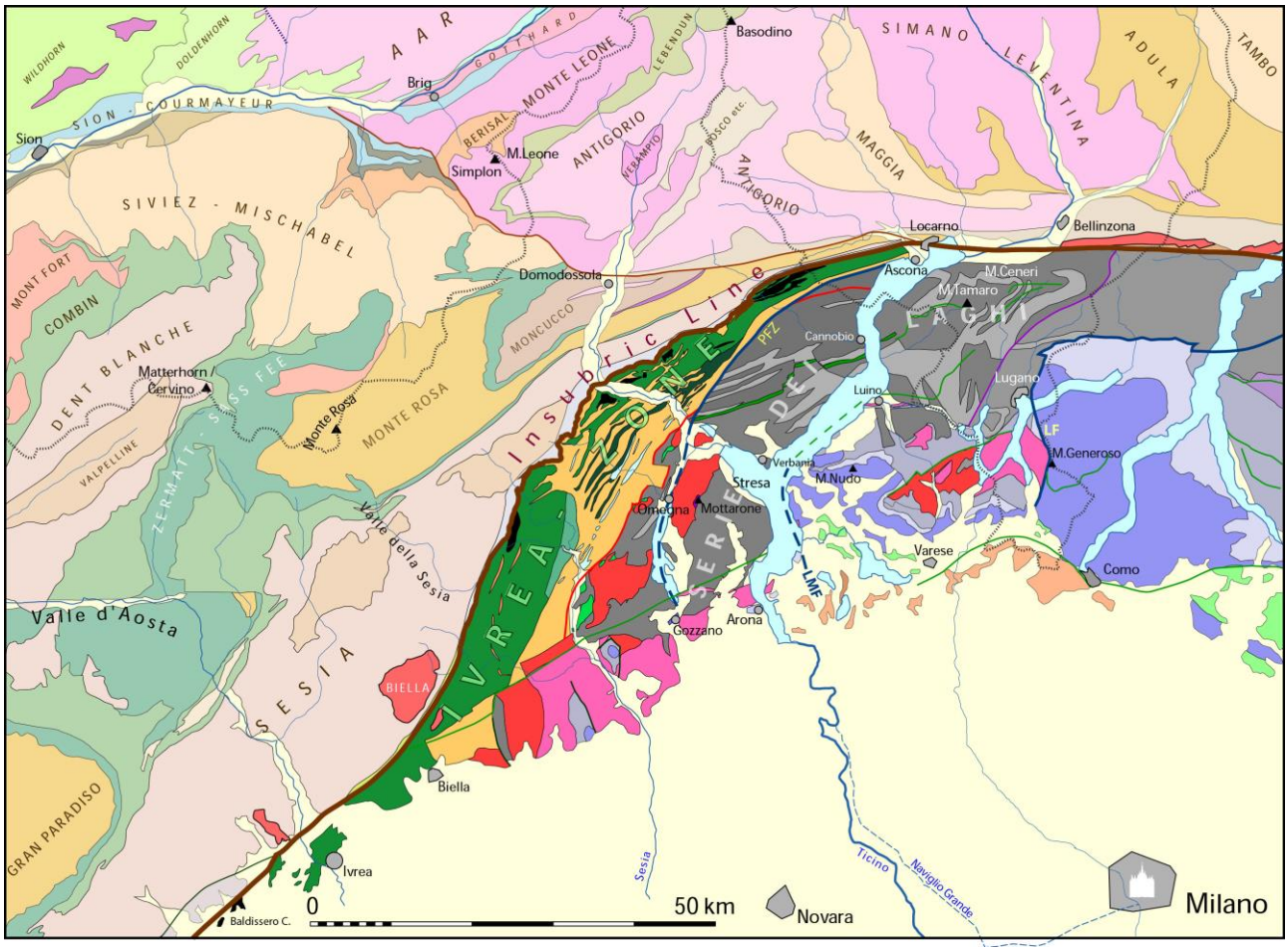


Figura 2 – Schizzo geologico della parte occidentale delle Alpi Meridionali e delle principali unità tettoniche delle adiacenti Alpi Centrali e Occidentali. Modificato da Brack et al. (2010)

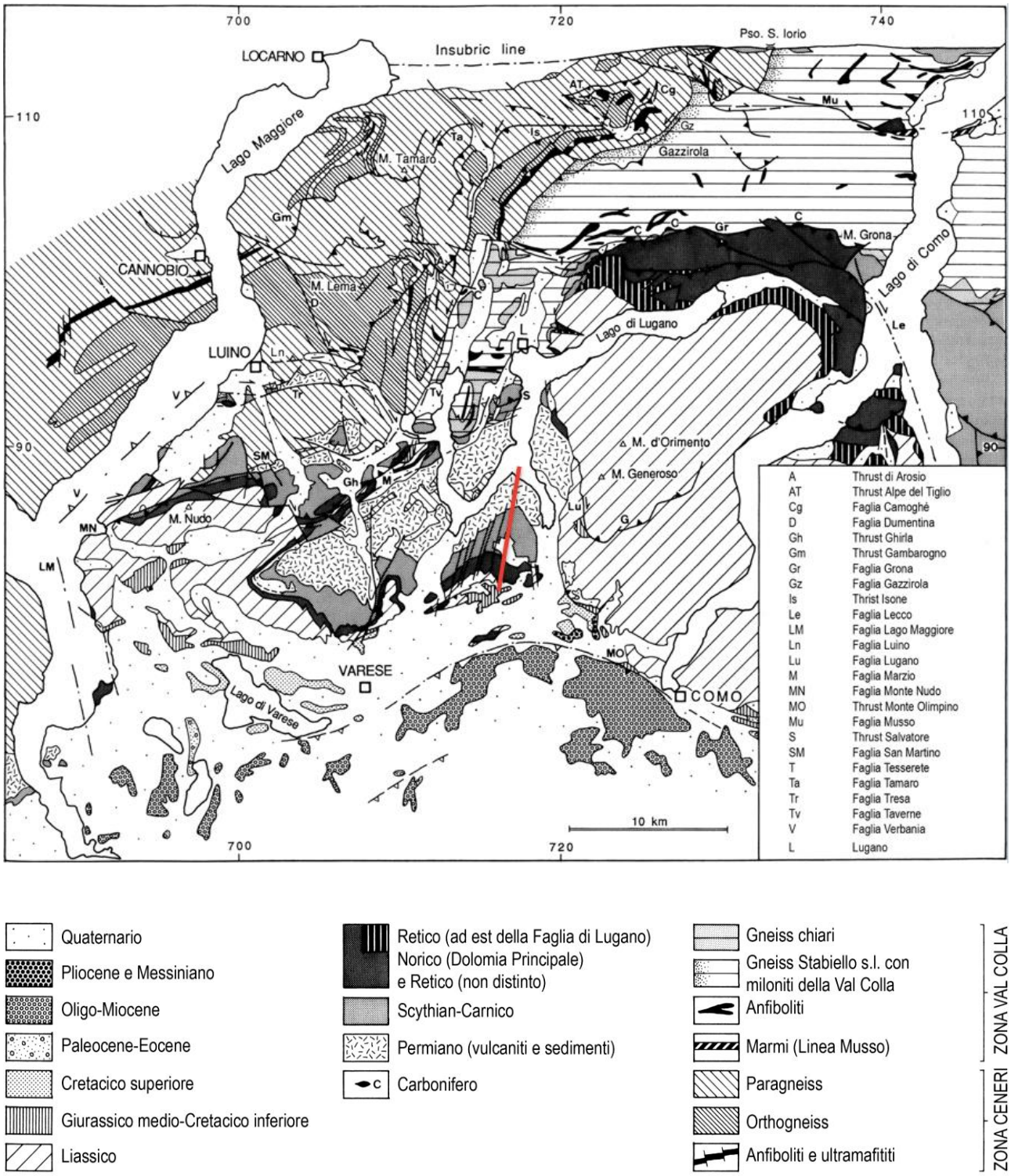


Figura 3 – Mappa geologica delle Alpi Meridionali tra il Lago Maggiore e il Lago di Como (da Schumacher et al. 1997). Traccia della Linea di Lugano-M. Grona e della sezione geologica della Figura 3.

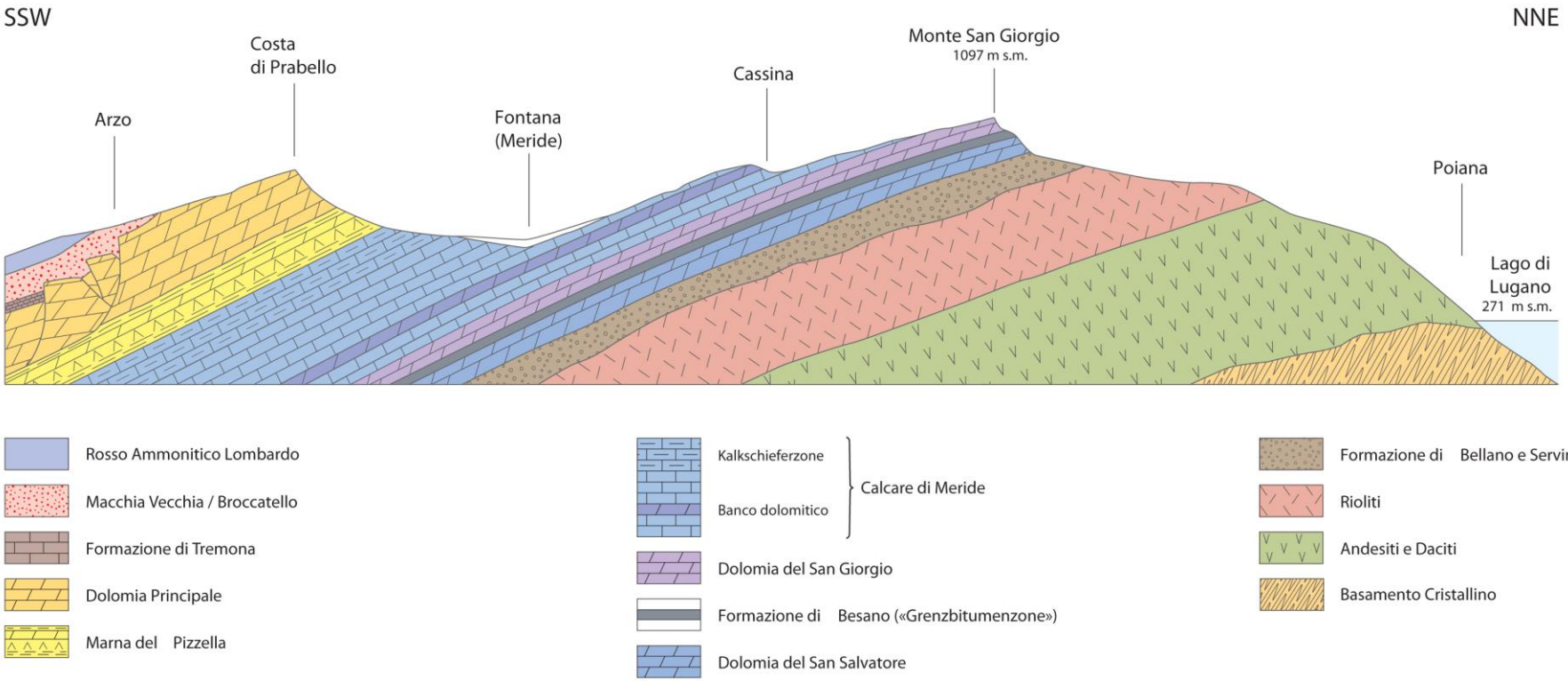


Figura 4 – Sezione geologica attraverso il Monte San Giorgio. Vedi Figura 2 per la traccia del profilo (linea rossa). Figura di H. Furrer 2016

La successione stratigrafica del Monte San Giorgio

(stop 1-7 dell'escursione tra Serpiano e Arzo)

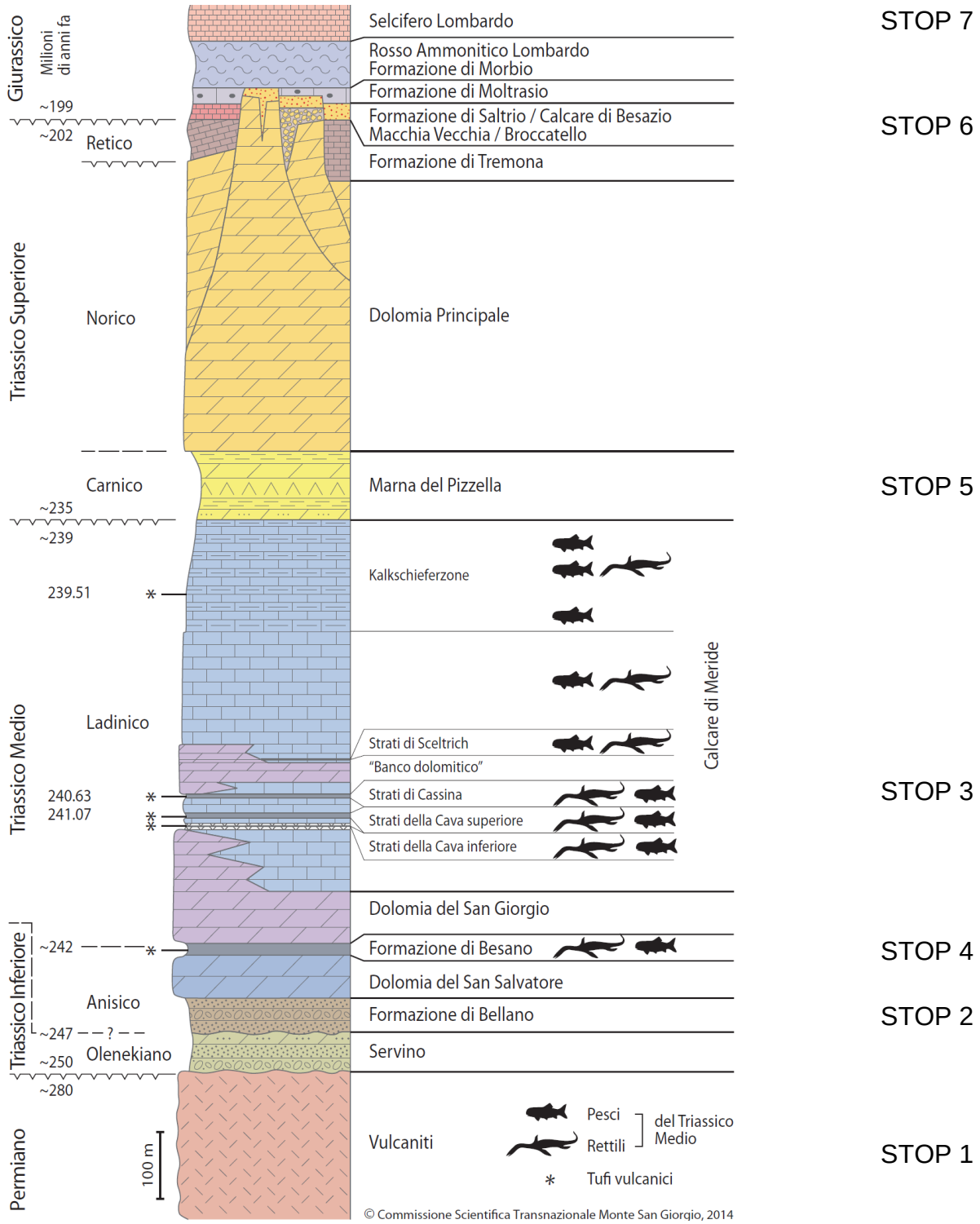
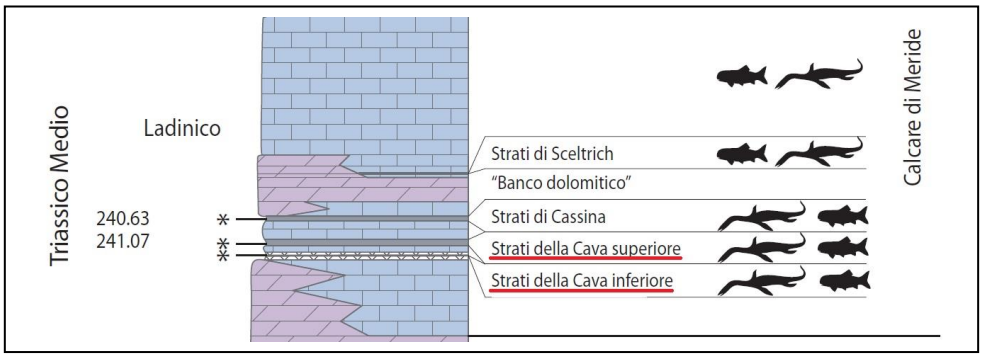


Figura 5 – Colonna stratigrafica delle formazioni del Monte San Giorgio-Arzo. Formazione di Besano = "Zona limite bituminosa" ("Grenzbitumenzone"). Furrer, 2016. Datazioni U-Pb secondo Mundil et al. (2010) e Stockar et al. (2012).

Acqua del Ghiffo
Sito fossilifero nel Calcare di Meride Inferiore, Ladinico



1927	Bernhard Peyer e Emyl Kuhn-Schnyder scoprono i livelli fossiliferi di Cava inferiore (Acqua del Ghiffo 1) e Cava superiore (Acqua del Ghiffo 2)
1995-96	Gli Strati della Cava inferiore sono studiati (UNIZH) per un totale di 8 settimane in maniera sistematica su una superficie di 10 m^2 principalmente per scopi tafonomici.
1997-2004	L'Università di Zurigo organizza diverse campagne di scavi sistematici negli Strati della Cava superiore sotto la direzione di Heinz Furrer.

Strati della Cava inferiore – Acqua del Ghiffo 1

- Alternanza di argilliti laminate nere, calcari e dolomie
- 1,5 metri di spessore tra 2 banchi di depositi vulcanici spessi 4 e 3 metri

Contenuto fossile:

- *Ceresiosaurus calcagnii*
- *Neusticosaurus pusillus* (100 scheletri completi e incompleti)
- Pesci (70 esemplari di circa 10 specie diverse)
- Rari invertebrati: bivalvi, gasteropodi, brachipodi e crostacei
- Frequenti concentrazioni di ostracodi, alghe Dasycladacee spesso mal conservate all'interno di concezioni calcaree

Strati della Cava superiore – Acqua del Ghiffo 2

- Alternanze di calcari e argilliti finemente laminate interrotte da alcuni strati di bentonite (ceneri vulcaniche)
- 10 metri di spessore

Contenuto fossile:

- *Ceresiosaurus calcagnii*
- *Neusticosaurus peyeri*
- Rari pesci attinotterigi come: *Saurichthys* sp., *Eosemionotus* sp., e *Besania micrognathus*
- Frequenti ritrovamenti di ossa isolate e coproliti.
- Rari ritrovamenti di piccoli gasteropodi, echinodermi e piante terrestri come *Voltzia* e *Equisetites*

Acqua del Ghiffo

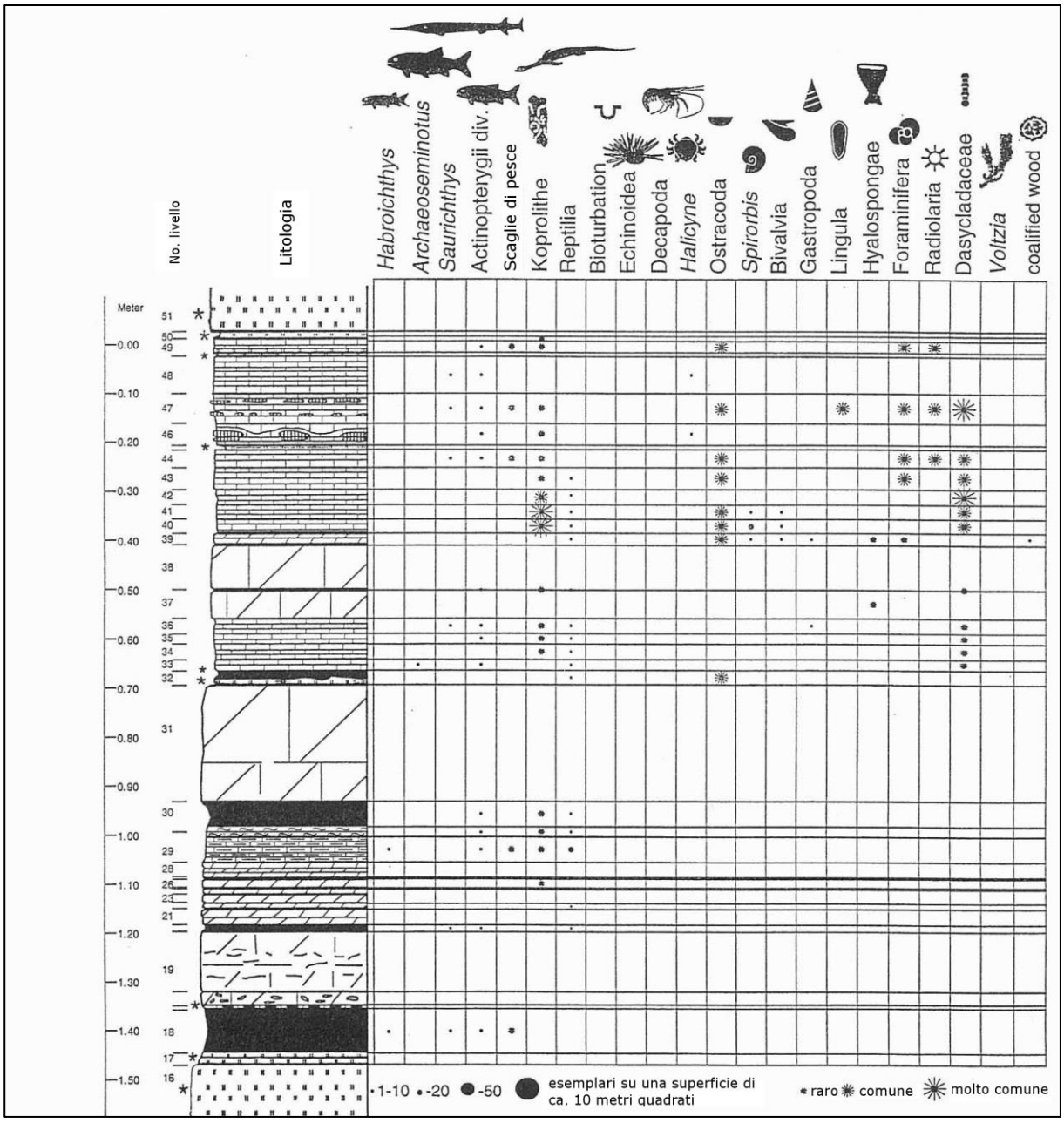


Figura 6 – Sezione dettagliata degli strati della Cava inferiore (Calcare di Meride inferiore, Ladinico) presso la località di Acqua del Ghiffo, vicino a Meride (modificato da Furrer 1999).

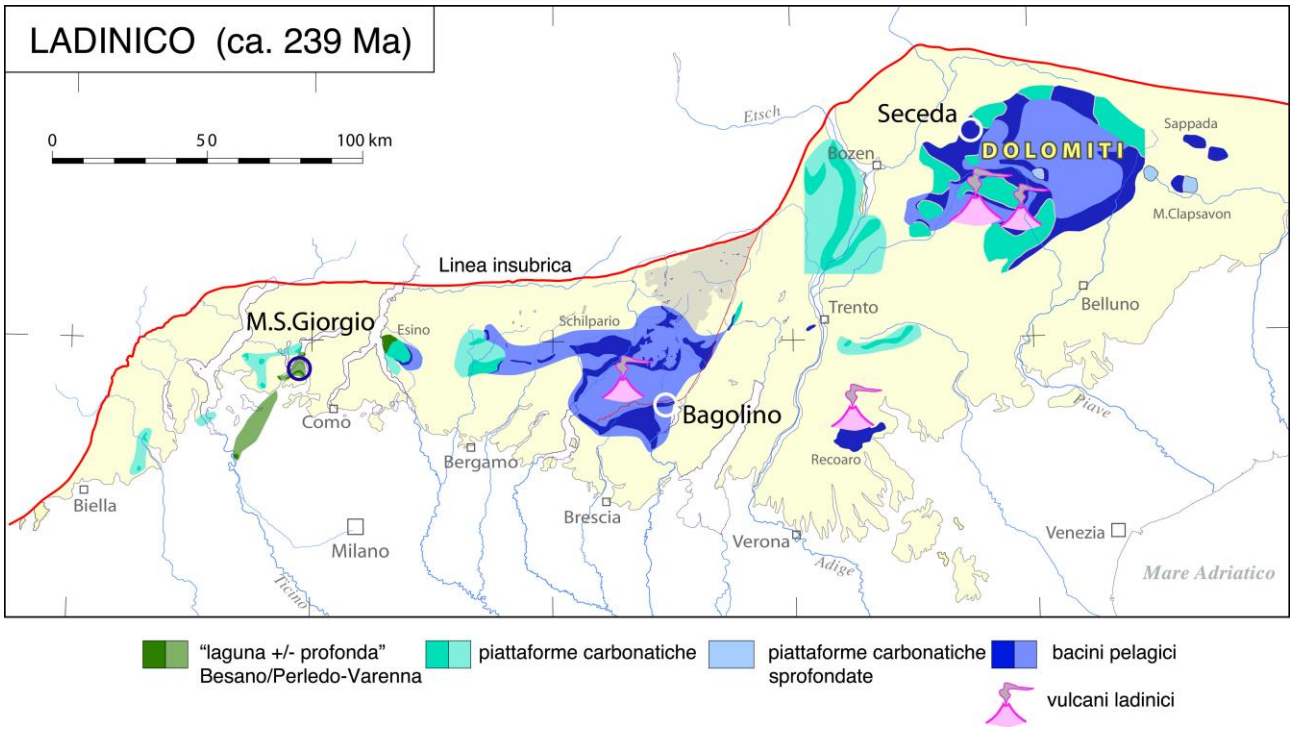


Figura 7 – Piattaforme carbonatiche e bacini pelagici presenti delle Alpi Meridionali nel Ladinico. Modificato da Brack & Rieber 1993.

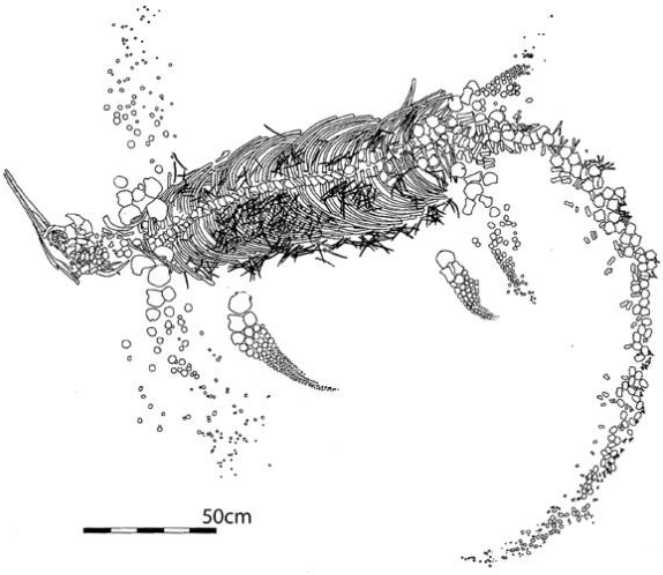
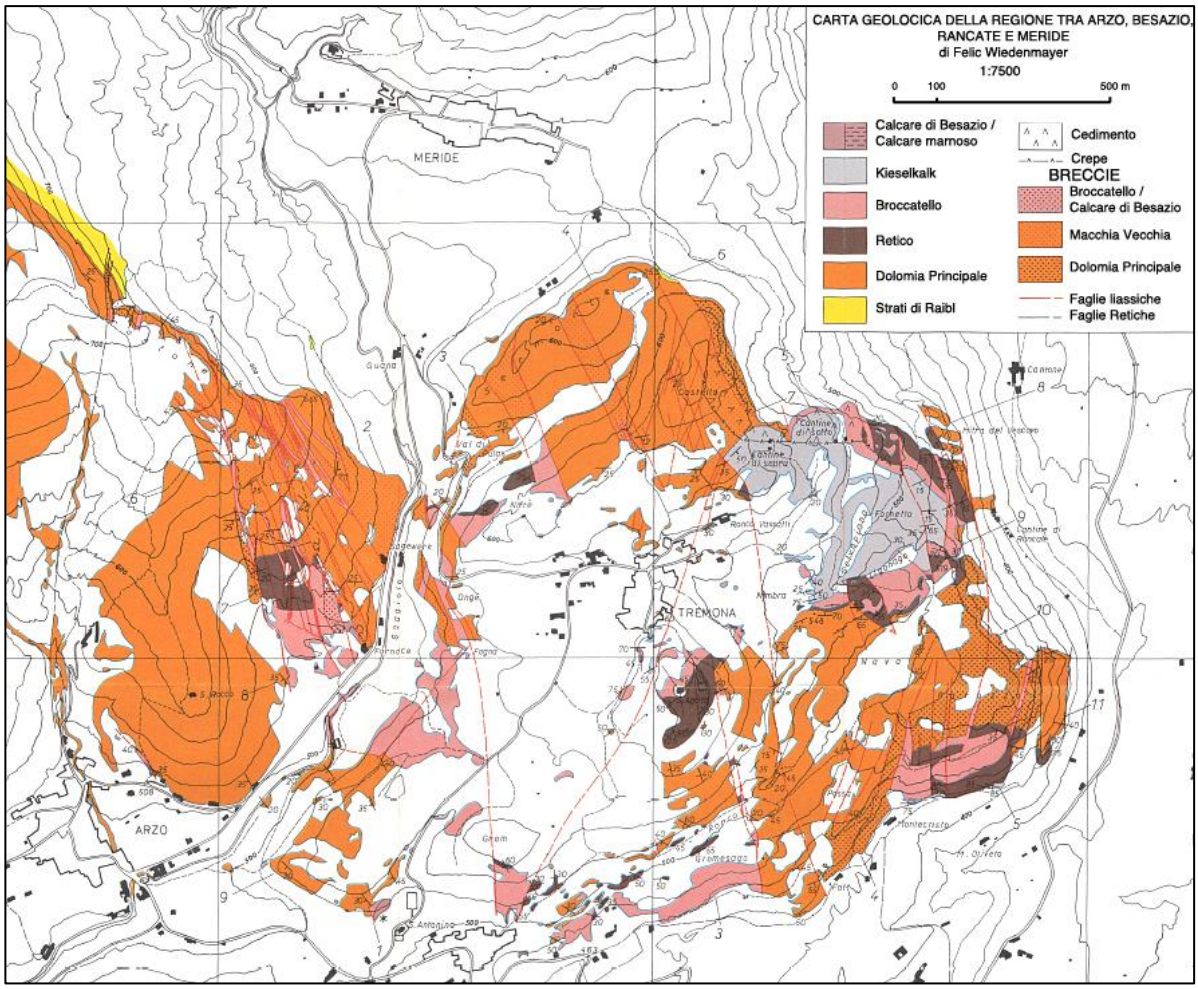


Figura 8 – Besanosaurus leptorhynchus di ca. 6m di lunghezza. L'ittiosauro più grande ritrovato al Monte San Giorgio (località "Sasso Caldo", strato nr. 65; Formazione di Besano). Scheletro scoperto nel 1993 e ricostruito (Museo Civico di Storia Naturale di Milano). Dal Sasso & Pinna 1996.


CARTA GEOLOCICA DELLA REGIONE TRA ARZO, BESAZIO, RANCATE E MERIDE
di Felic Wiedenmayer
1:7500
0 100 500 m
Calcare di Besazio / Calcare marnoso
Kieselkalk
Broccatello
Retico
Dolomia Principale
Strati di Raibl
Cedimento
Crepe
BRECCIE
Broccatello / Calcare di Besazio
Macchia Vecchia
Dolomia Principale
Faglie liassiche
Faglie Retiche
MERIDE
TREMONA
ARZO

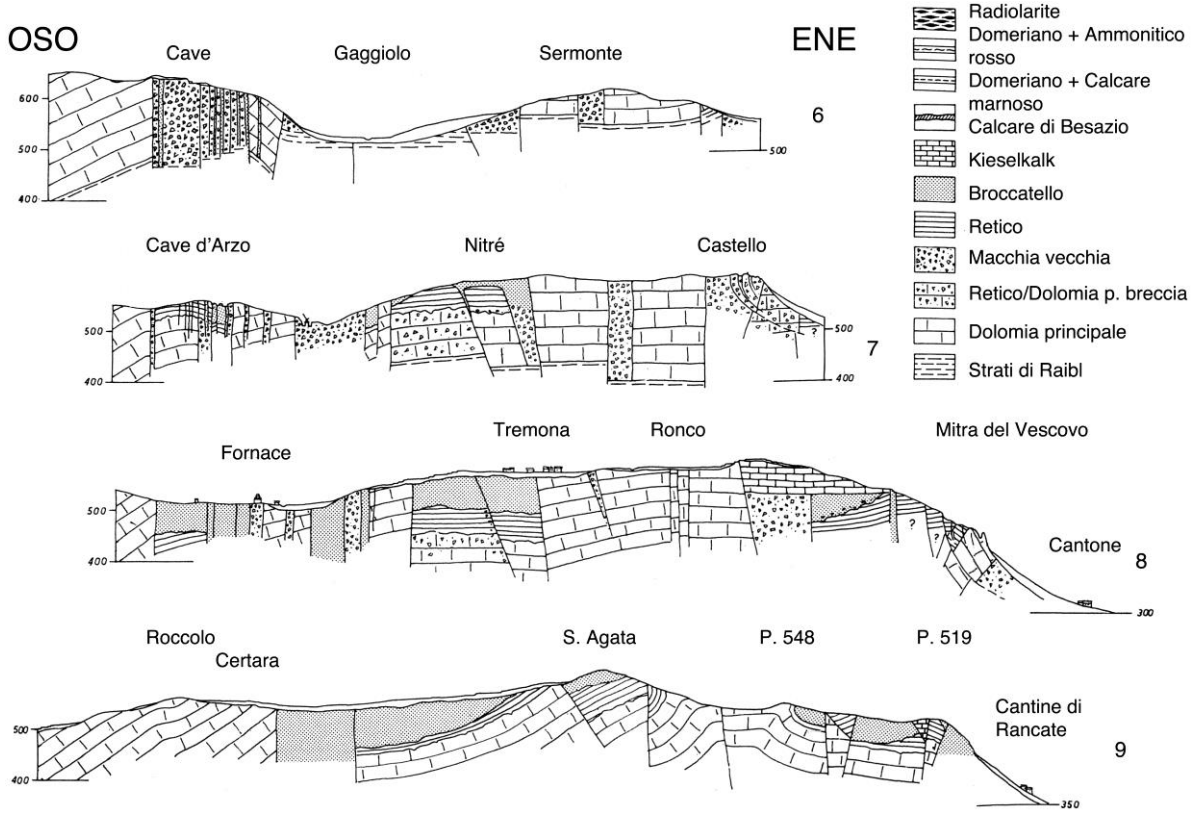

OSO
ENE
Cave
Gaggiolo
Sermonte
6
Cave d'Arzo
Nitré
Castello
7
Tremona
Ronco
Fornace
Mitra del Vescovo
Cantone
8
Roccolo
Certara
S. Agata
P. 548
P. 519
Cantine di Rancate
9
Radiolarite
Domeriano + Ammonitico rosso
Domeriano + Calcare marnoso
Calcare di Besazio
Kieselkalk
Broccatello
Retico
Macchia vecchia
Retico/Dolomia p. breccia
Dolomia principale
Strati di Raibl

Figura 9 a – Carta geologica della regione di Arzo, Besazio, Rancate e Meride. Modificato da Wiedenmayer 1963.

Figura 9 b – Sezioni geologiche attraverso la regione di Arzo – Tremona, ad ovest della Linea di Lugano. Traccia in Figura 7a. Modificato da Wiedenmayer 1963.

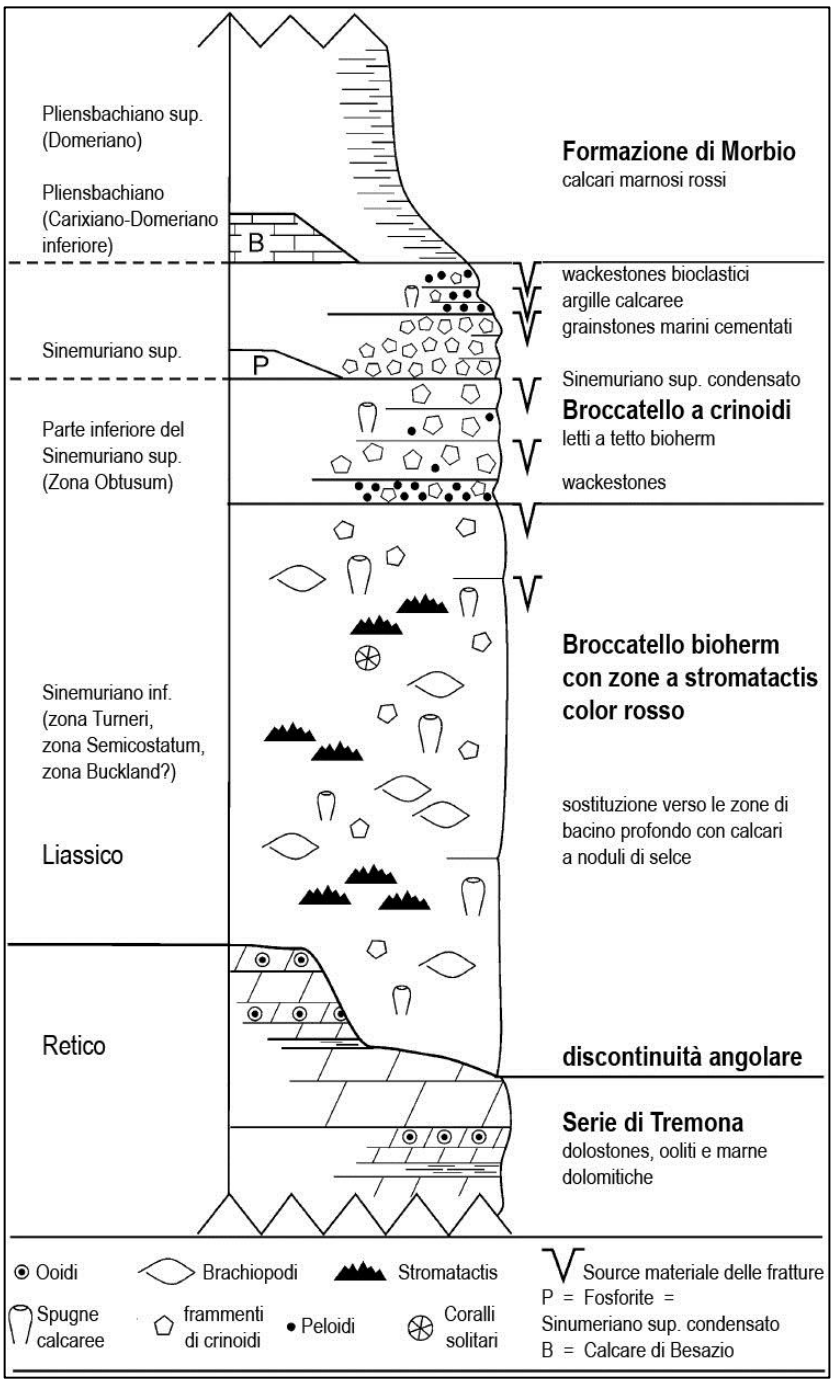


Figura 10 – Sezione stratigrafica della successione Liassica ad Arzo- Facies stromatolitiche nella parte basale del Broccatello, ricoperto da sabbie a crinoidi. Parte sommitale della successione ricostruita secondo le facies dei dicchi sedimentari. Figura modificata da Neuweiler & Bernoulli 2005.

Est **Alto di Arbostora/M. San Giorgio** **Bacino del M. Generoso** **Ovest**

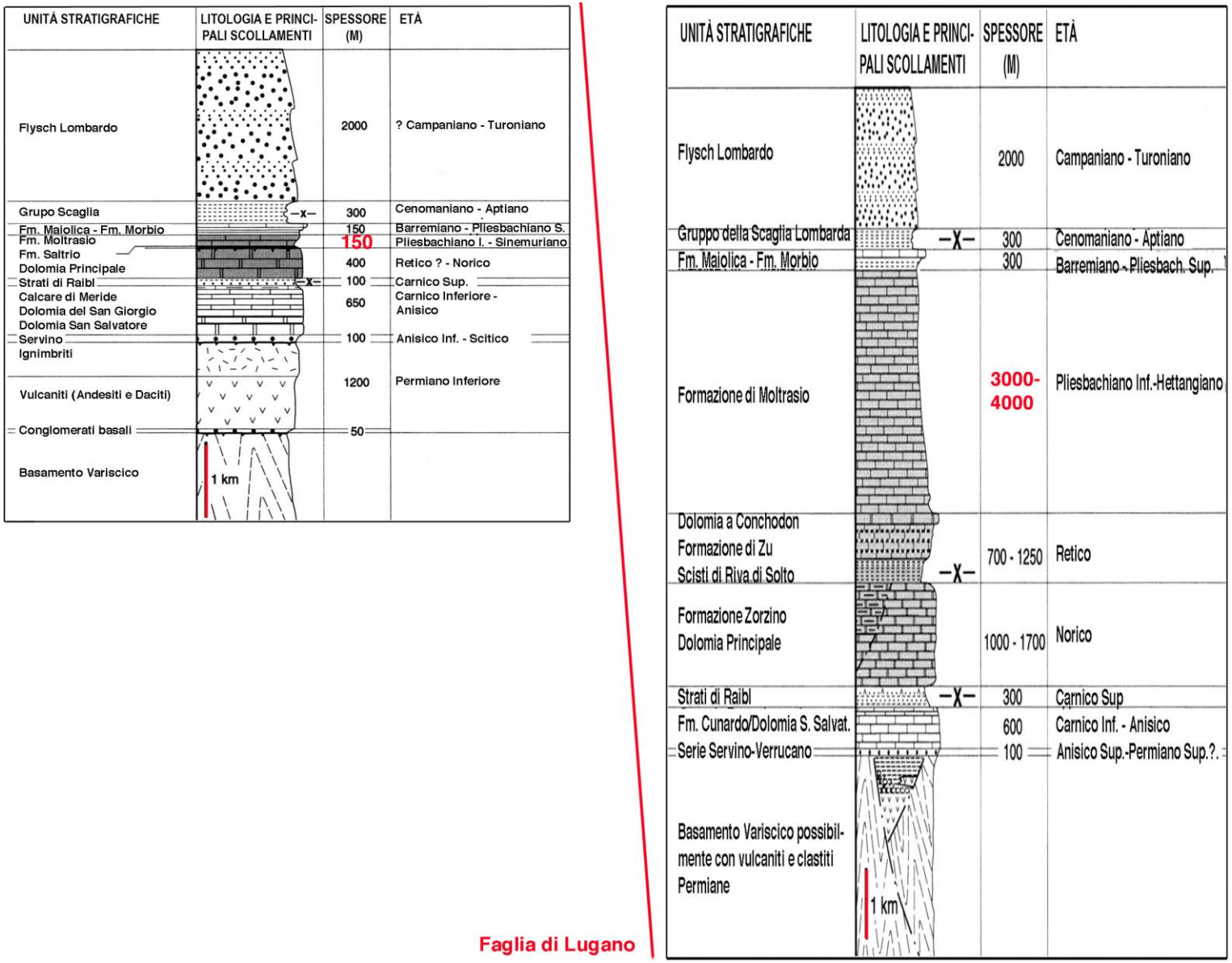


Figura 11 – Colonne stratigrafiche post-varisciche del Ticino Meridionale, ad ovest della discontinuità della Linea di Lugano l'Alto d'Arbostora, ad est il Bacino del M. Generoso. Modificato da Greber et al. 1997

Rifting Giurassico e successioni di margine passivo

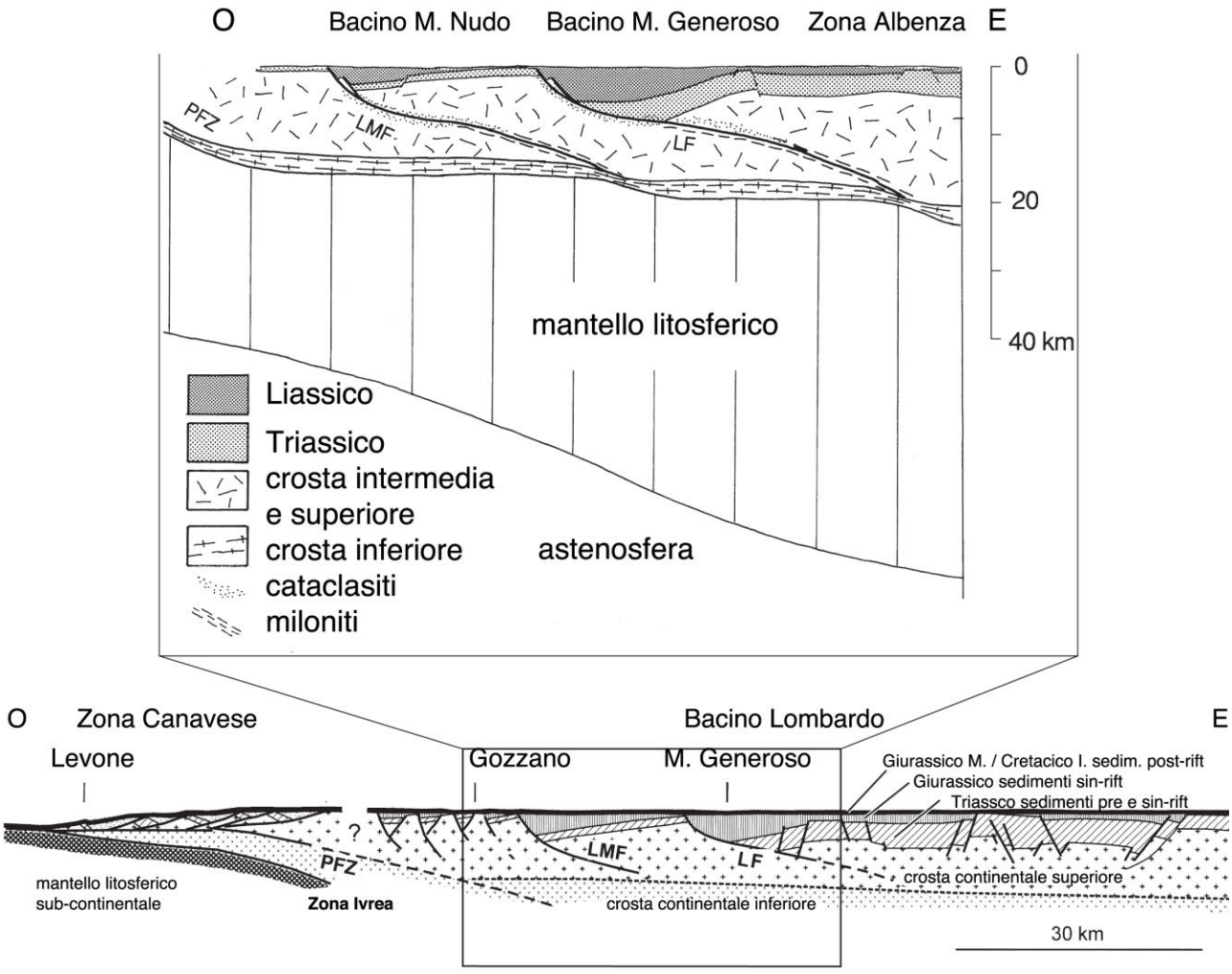


Figura 12 – a) Profilo della litosfera attraverso la parte occidentale del segment Sudalpino del margine continentale passive Adriatico. PFZ: Zona di Faglie di Pogallo; LMF: Faglia del Lago Maggiore; LF: Faglia di Lugano-M.Grona-Val Grande. Figura modificata da Bertotti 1991. b) architettura del margine continentale delle Alpi Meridionali durante il Giurassico. Figura modificata da Ferrando et al. 2004.

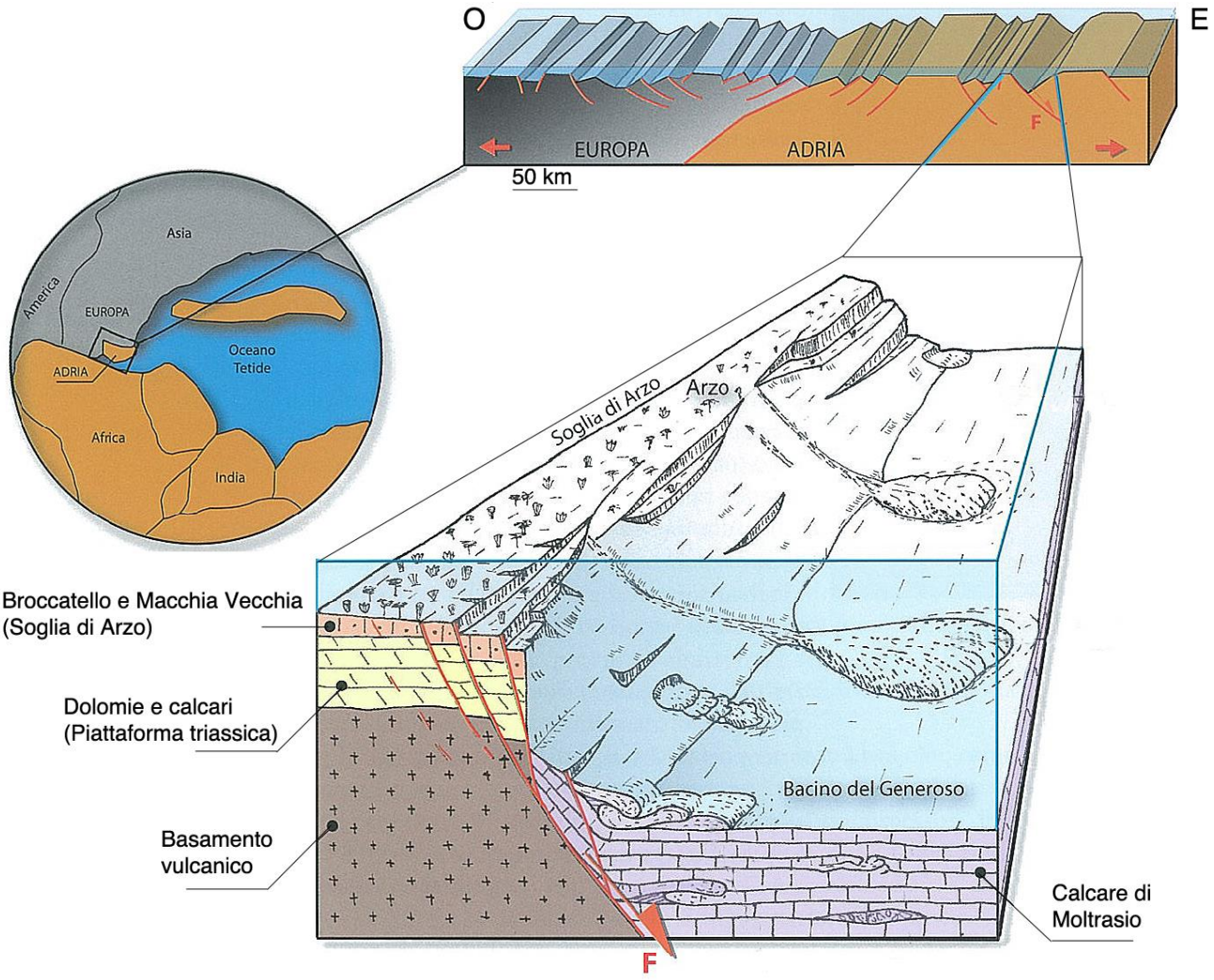


Figura 13 – Modello rappresentante la distribuzione dei siti di deposizione lungo la Linea di Lugano (in rosso). Modificato da Stockar e Bernoulli 2011.

Pareti dei “Bagni Imperiali”

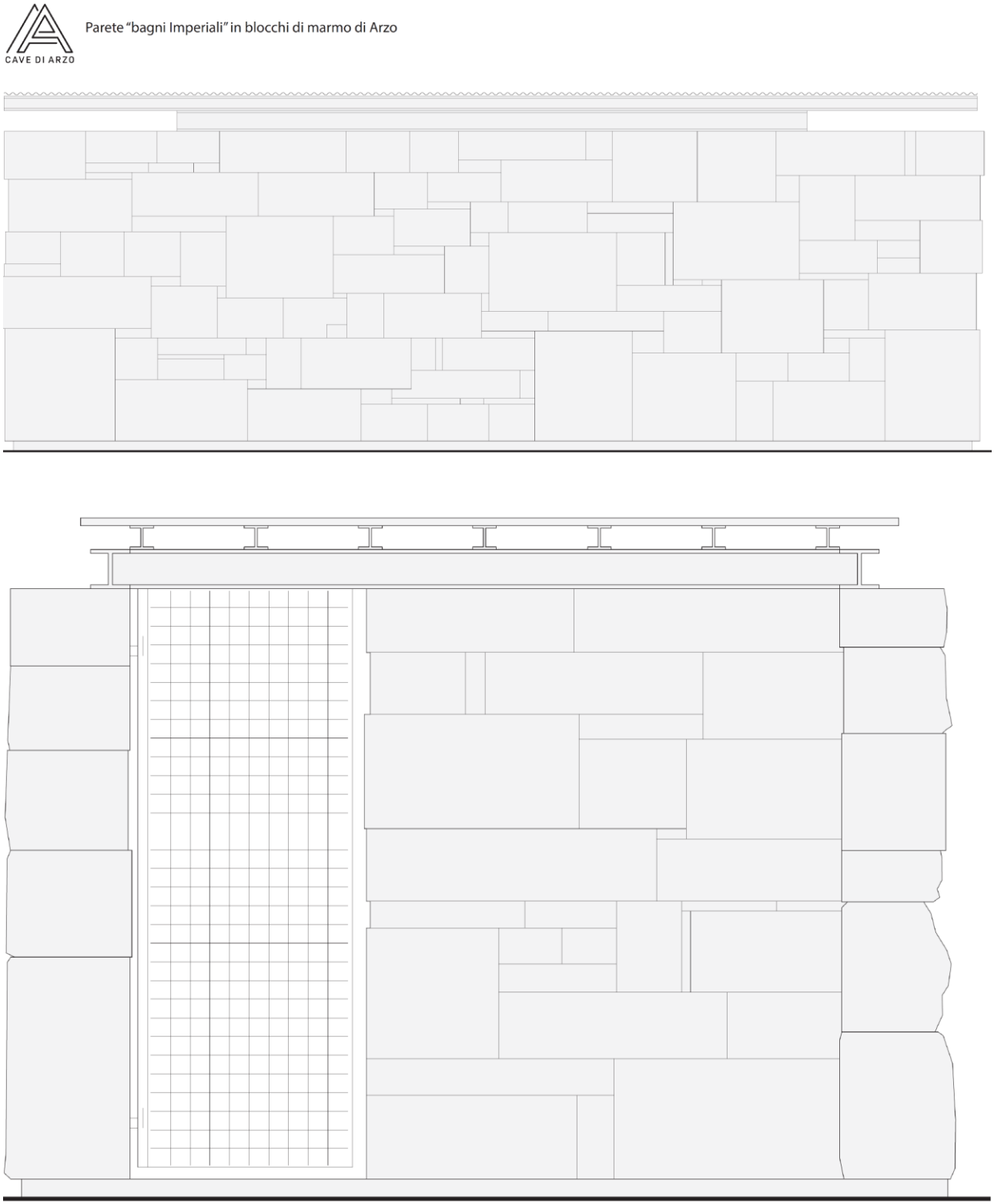


Figura 14 – Pareti dei Bagni Imperiali in blocchi in marmo di Arzo. Valentina Rossi, 2017

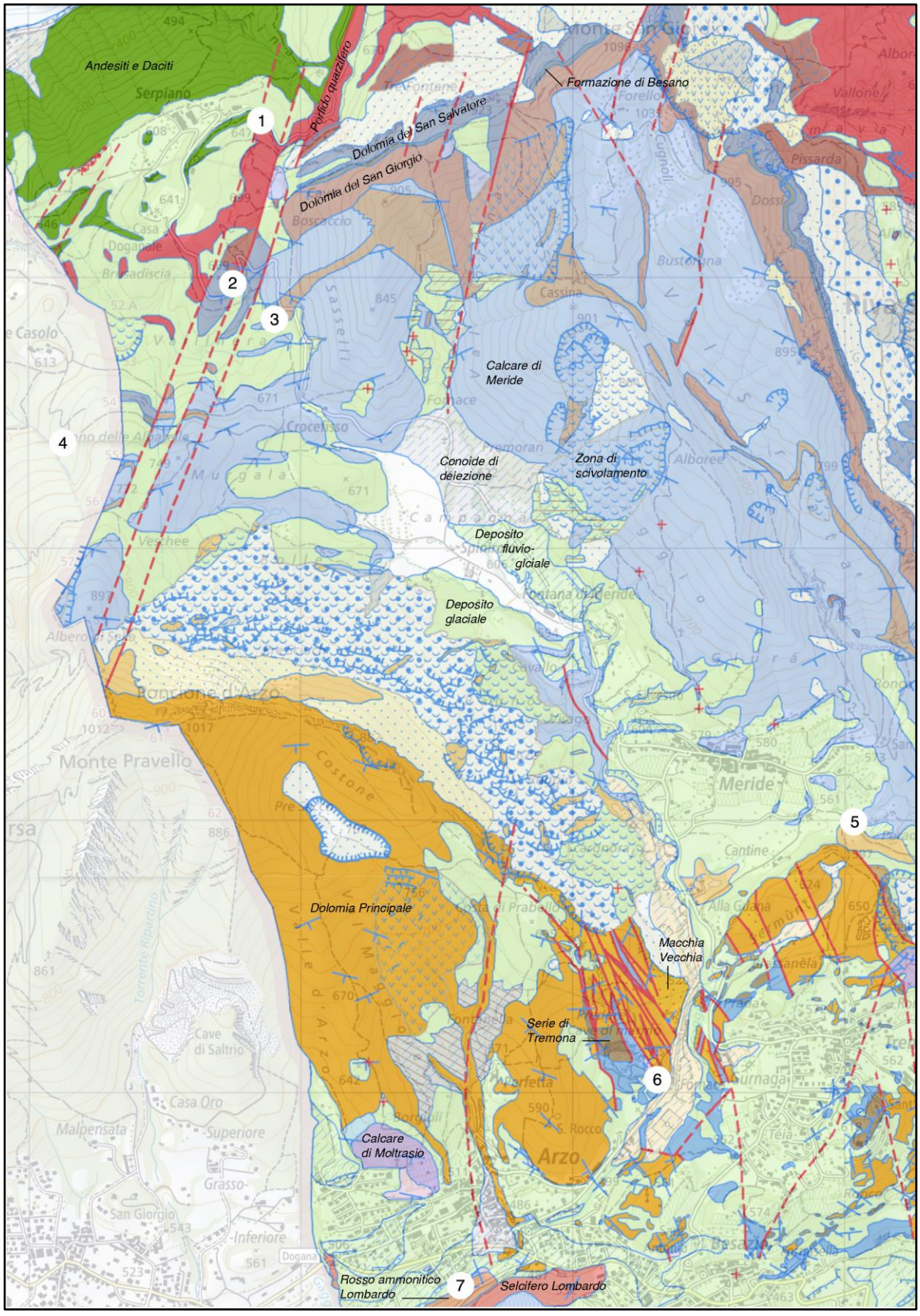


Figura 15 – Principali stop (nr. 1-7) dell'escursione Serpiano-Arzo. Mappa geologica 1:25'000 del Monte San Giorgio (Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000). Origine e legenda digitale: https://map.geo.admin.ch ("GeoCover, dati vettoriali"), 2017

Origine delle figure e altre referenze bibliografiche

Bernasconi, S.M. 1994: Geochemical and microbial controls on dolomite formation in anoxic environments: a case study from the Middle Triassic (Ticino, Switzerland). Contrib. Sedimentol., 19, 1–109.

Bernoulli, D. 1964: Zur Geologie des Monte Generoso. Ein Beitrag zur Kenntnis der südalpinen Sedimente. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz N.F. 118, 134 pp.

Berra, F. & Carminati, E. 2010: Subsidence history froma backstripping analysis of the Permo-Mesozoic succession of the Central Southern Alps (Northern Italy). Basin Research 22: 952-975.

Berra, F., Galli, M.T., Reghellin, F., Torricelli, S. & Fantoni, R. 2009: Stratigraphic evolution of the Triassic–Jurassic succession in the Western Southern Alps (Italy): the record of the two-stage rifting on the distal passive margin of Adria. Basin Research 22: 952-975.

Bertotti, G. 1991: Early Mesozoic extension and alpine shortening in the western Southern Alps: The geology of the area between Lugano and Menaggio (Lombardy, Northern Italy). Mem. Sci. Geol. 43: 17-103.

Bertotti, G. , Siletto, G.B. & Spalla, M.I. 1993: Deformation and metamorphism associated with crustal rifting: the Permian to Liassic evolution of the Lake Lugano - Lake Como area (Southern Alps). Tectonophysics 226: 271-284.

Brack, P. & Rieber, H., 1993: Towards a better definition of the Anisian/Ladinian boundary: New biostratigraphic data and correlations of boundary sections from the Southern Alps. Eclogae geol. Helv., 86/2, 415-527.

Brack, P., Ulmer, P. & Schmid, S.M. (2010) A crustal-scale magmatic system from the Earth's mantle to the Permian surface – Field trip to the area of lower Valsesia and Val d'Ossola (Massiccio dei Laghi, Southern Alps, Northern Italy). Swiss Bulletin for Applied Geology 15/2: 3-21.

Dal Sasso, C. & Pinna, G. 1996: Besanosaurus leptorhynchus n.gen. n.sp., a new shastasaurid ichthyosaur from the Middle Triassic of Besano (Lombardy, N. Italy). Paleontologia Lombarda, n.s. 4: 3-23.

Di Capua, A., Vezzoli, G., Cavallo, A.,& Gropelli, G. 2016: Clastic sedimentation in the Late Oligocene Southalpine Foredeep: from tectonically controlled melting to tectonically driven erosion. Geological Journal 51, 338-353.

Ferrando, S., Bernoulli, D. & Compagnoni, R. 2004: The Canavese zone (internal Western Alps): a distal margin of Adria. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 84(3): 237-256.

Furrer, H. "Fossil-Lagerstaetten in the Lower Meride Limestone, Ladinian. Guide to the field trip to Acqua del Ghiffo near crocifisso, Meride tI." International Meeting on Mesozoic Fishes. Vol. 3. 2001.

Furrer, H. and A. Vandelli (2014). Guida al museo dei fossili del Monte San Giorgio, Meride. Fondazione del Monte San Giorgio, 978-88-940067-0-4.

Gianola, O., Schmidt, M.W., Von Quadt, A., Peytcheva, I., Luraschi, P. & Reusser, E. 2014: Continuity in geochemistry and time of the Tertiary Bergell intrusion (Central Alps). Swiss Journal of Geosciences 107: 197-222.

Greber, E., Leu, W., Bernoulli, D., Schumacher & M., Wyss, R. 1997: Hydrocarbon provinces in the Swiss Southern Alps – a gas geochemistry and basin modelling study. Marine and Petroleum Geology 14/1: 3-25.

Laubscher, H. & Bernoulli, D. 1980:Cross-section from the Rhine Graben to the Po Plain. Excursion No. III. In: Aubert D. et al. (eds.) - Geology of Switzerland, A guide Book, Part B: Geological Excursions. Wepf & Co. Publishers. p. 183-209.

Mundil, R., Pàlfy, J., Renne, P. & Brack, P. 2010. The Triassic time scale: new constraints and a review of geochronological data. In: Lucas, S.G. (ed.) The Triassic Timescale. Geological Society London, Sp. Publications, 334, 51-60.

Neuweiler, F. & Bernoulli, D. 2005: Mesozoic (Lower Jurassic) red stromatactis limestones from the Southern Alps (Arzo, Switzerland): calcite mineral authigenesis and syneresis-type deformation. International Journal of Earth Sciences 94: 130-146.

Santantonio, M. & Carminati, E. 2011: Jurassic rifting evolution of the Apennines and Southern Alps (Italy): Parallels and differences. Geological Society of America Bulletin 123(3/4): 468-484.

Schumacher, M.E., Schönborn, G. , Bernoulli, D. & Laubscher, H.P. 1997: Rifting and collision in the Southern Alps. 186-204. In: Pfiffner, O.A. et al. (eds.) Deep structure of the Swiss Alps: results of NRP 20. 380pp.

Sciunnach, D., Gaetani, M. & Roghi, G., 2015. La successione terrigena pre-Ladinica tra Lugano e Varese (Canton Ticino, Svizzera; Lombardia, Italia). Geologia Insubrica 11/1: 45-61.

Stockar, R. 2005: GeoGuida - guida geologica per il Parco Gole della Breggia.

Stockar, R. & Bernoulli, D. 2011: La geologia del Monte Generoso: tracce di un oceano e anatomia di una montagna. In: Dadò, A. [ed.]: La scoperta del Monte Generoso. Museo Etnografico della Valle di Muggio.

Stockar, R., Baumgartner, P.O. & Condon, D., 2012. Integrated Ladinian bio-chronostratigraphy and geochrononology of Monte San Giorgio (Southern Alps, Switzerland). Swiss J. Geosci. 105, 85–108.

Stockar, R., Adatte, T., Baumgartner, P.O. & Föllmi, K. 2013: Palaeoenvironmental significance of organic facies and stable isotope signatures: the Ladinian San Giorgio Dolomite and Meride Limestone of Monte San Giorgio (Switzerland, WHL UNESCO) . Sedimentology 60: 239-269.

Wiedenmayer, F. 1963: Obere Trias bis mittlerer Lias zwischen Saltrio und Tremona (Lombardische Alpen) Die Wechselbeziehungen zwischen Stratigraphie, Sedimentologie und syngenetischer Tektonik. Eclogae Geologicae Helvetia 56/2: 529-640.