

Zeitschrift: Memorie / Società ticinese di scienze naturali, Museo cantonale di storia naturale
Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali ; Museo cantonale di storia naturale
Band: 11 (2012)

Artikel: L'apporto di Piora alla storia delle scienze
Autor: Peduzzi, Raffaele / Bianconi, Filippo
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-981642>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'apporto di Piora alla storia delle scienze

Parte I – Storia della ricerca biologica e limnologica

Raffaele Peduzzi* e Filippo Bianconi**

* Fondazione Centro Biologia Alpina, Piora, c/o Istituto Cantonale di Microbiologia, Via Mirasole 22A, CH-6500 Bellinzona (raffaele.peduzzi@ti.ch)

** August-Bebel-Strasse 52, D-03130 Spremberg (f.bianconi@t-online.de)

INTRODUZIONE

La storia della ricerca scientifica in Piora e sul San Gottardo è vasta e importante anche dal profilo del progresso delle conoscenze di base nelle diverse discipline delle scienze naturali. Le indagini effettuate in Piora spaziano dalla geologia alla biologia e i risultati sono stati pubblicati in articoli e monografie che costituiscono una ricca bibliografia di oltre 400 titoli.

In particolare in biologia negli ultimi decenni le tecniche di approccio molecolare hanno permesso di dare nuovi impulsi non solo all'inventario delle specie presenti, ma anche alla conoscenza delle "specie chiave" che presiedono i metabolismi dei diversi ecosistemi. In particolare nello studio microbiologico della meromissi crenogenica del Lago Cadagno. Recentemente ad esempio l'applicazione di metodi moderni ha permesso la scoperta e la relativa omologazione di specie batteriche nuove legate a metabolismi specifici, come *Thyocistis chemoclinalis* e *Thiodictyon syntrophicum*, o che portano il nome geografico di ritrovamento, come *Thyocistis cadagnonensis* (PEDUZZI et al. 2011)

Disporre di dati scientifici pregressi di una regione costituisce un'estimabile ricchezza, in quanto c'è l'enorme vantaggio di poter dare un'interpretazione evolutiva ai risultati derivati dall'indagine odierna. In questo senso le pubblicazioni sugli studi scientifici svolti nella regione di Piora e del Gottardo risultano essere particolarmente ricche e complete per chi si accinge ad effettuare nuove indagini. Pur essendo nell'impossibilità di ripercorrere i 400 titoli menzionati, risulta pertinente fornire almeno alcuni scorci cronologici nelle diverse discipline, che ripercorrono le tappe essenziali della ricerca dopo l'avvio dell'interesse per le varie materie di studio.

A livello europeo il 18° e 19° secolo sono caratterizzati da indagini e analisi precise sulla natura, così come da un numero consistente di esplorazioni scientifiche, che portano alla scoperta di nuove specie di piante e animali. Questo sviluppo delle conoscenze è stato molto marcato in Svizzera sia nelle regioni lacuali sia nelle regioni alpine, in particolare nella zona del massiccio del Gottardo.

LA TRADIZIONE, IL 18° SECOLO

Piora ha attirato l'attenzione dei naturalisti fin dal 1700: le prime testimonianze e descrizioni della zona di Piora e del Gottardo coincidono cronologicamente con la nascita dell'alpinismo e degli interessi dei naturalisti per la montagna. A questo proposito lo storico Emilio Motta così si esprime: *"Questo secolo (1700), in ispecie la sua seconda metà, è caratteristico per il grande numero di naturalisti accorsi a studiare il Gottardo"*. Lo SCHEUCHZER (1718 e 1723), geografo e naturalista, *"il primo che viaggiasse munito di strumenti di fisica"*, visitò l'alpe di Piora nel 1705. Nel suo viaggio nelle Alpi del 1728, ALBRECHT DE HALLER esplorò la regione del Gottardo *"pei suoi lavori botanici"*. HORACE BÉNÉDICT DE SAUSSURE, *"l'homme possédé par la montagne"*, ne segnala prontamente le bellezze nella sua opera classica in quattro volumi *Voyages dans les Alpes* nelle pagine dedicate alle *Excursions et récits sur la région du Gothard* apparse tra il 1775 e il 1783. A proposito di questo illustre scienziato e alpinista ginevrino, un biografo si poneva la domanda nei termini seguenti: *"l'amour des montagnes est-il le résultat de la curiosité scientifique?"* e mai come per questi uomini di scienza risulta fondamentale l'affermazione seguente: *"la fréquentation passionnée des montagnes agrandit les perspectives du scientifique"*. Un altro illustre uomo di scienza che visita le nostre regioni in questo periodo è il cavalier ERMENEGILDO PINI, professore di chimica e mineralogia, che pubblica nel 1783 a Milano la *Memoria mineralogica sulla montagna e sui contorni del San Gottardo*.

IL 19° SECOLO

Nella *Descrizione dell'Erbario centrale italiano* troviamo la seguente annotazione: *"Scelta di 63 specie di piante dell'Alpe di San Gottardo, raccolte nel 1846 e donate dal prof. Parlatore"*. Infatti FILIPPO PARLATORE, medico e botanico fondatore del *Giornale botanico italiano*, nei suoi articoli aveva inserito diversi riferimenti al San Gottardo. Nel 1854 aveva pubblicato a Firenze da Le Monnier il *Viaggio per le parti settentrionali di Europa fatto nell'anno 1851*: la prima parte dell'opera contiene la narrazione del percorso e un capitolo è

dedicato al *Viaggio da Firenze a Berlino*; la seconda parte *Concerne le osservazioni e gli studi sulla flora e sulla geografia botanica* e risulta ancora più interessante dal profilo delle scienze naturali. Nel 1888 sul Bollettino della società di botanica di Francia appare ad opera di LUISET *Un récit d'herborisation dans les Alpes de Piora*. FUHRMANN, professore all'università di Ginevra, nel 1897 pubblica una valutazione completa della fauna dei laghi della Val Piora, della Val Canaria e della Val Cadlimo in una memoria apparsa sulla rivista svizzera di zoologia con il titolo *Recherches sur la faune des lacs alpins du Tessin*.

Dal profilo più utilitaristico il FRANCINI nel 1837 introduce ne *La Svizzera italiana* una prima distinta delle erbe foraggiere dei pascoli più elevati, citando che *"le migliori pasture sonovi bonificate dalle erbe aromatiche"*. Con un'angolatura analoga LUIGI LAVIZZARI nelle sue celebri *Escursioni nel Cantone Ticino* del 1863 descrive la Val Piora nel resoconto di una visita effettuata il 16 agosto 1850, durante la quale mette in risalto *"gli strati della dolomia alpina"* e *"le erbe aromatiche che smaltano i pascoli"*, menzionando *"quei contorni ricchi di pingui pascoli"*.

Un compendio di geologia, botanica e zoologia della regione viene pubblicato nel 1891 a Berna da E.A. TÜRLE con il titolo *Gotthard und Val Piora (S. Gotthard - Airolo und Val Piora) geologische, botanische und zoologische Verhältnisse*. In quest'opera si delinea già una netta preponderanza dello studio delle acque sotto tutti i punti di vista possibili, studi che troveranno il loro apogeo nel ventesimo secolo e inizio ventunesimo effettuati da zoologi, botanici, microbiologi, chimici, fisici, geografi e geologi.

Per quanto interessa le indagini di tipo più fondamentale è significativo rilevare che il fenomeno della "neve rossa" fu descritto sul Gottardo da JOSEF ANTON MAXIMILIAN PERTY, che già nel 1849 tenne una relazione alla società delle scienze naturali di Berna sui *Mikroskopische Organismen der Alpen in der Italienischen Schweiz*. PERTY era professore di storia naturale all'Università di Berna e nel 1850 pubblica una nota *Ueber den gefärbten Schnee des St. Gotthard, vom 16.-17. Febr. 1850* apparsa sulle *Mitteilungen* della società di scienze naturali di Berna. L'importanza della sua scoperta è immediatamente riconosciuta anche al sud delle Alpi. Ne è la prova il fatto che la memoria di PERTY viene pubblicata lo stesso anno anche in italiano, tradotta dal prof. CURTI con il titolo *Sugli enti microscopici delle Alpi e della Svizzera Italiana* (Tipografia Fioratti di Lugano, 1850).

Il fenomeno della "neve rossa" (fig. 1 e 2), dovuto a una proliferazione algale, può essere osservato regolarmente nella regione del Gottardo e in Piora, per esempio in Val Cadlimo e vicino al Lago di Dentro. Queste località sono oggetto di indagini da parte del Centro di biologia alpina di Piora, dove la microbiologia della neve costituisce una linea

di ricerca condotta in collaborazione con l'Istituto federale per lo studio della neve e delle valanghe (Weissfluhjoch) di Davos. In tempi recenti sul tema è stato condotto un dottorato di ricerca presso l'Università di Ginevra sulla base di rilievi effettuati a Piora e a Davos (BISCHOFF 2007).

Un'altra serie di importanti lavori scientifici si situa nella seconda metà dell'Ottocento. Le ricerche considerano la flora, l'idrobiologia e, cosa rara, l'ittologia.

E' infatti a metà Ottocento che troviamo documentato l'interesse degli abitanti di Altanca per la gestione della pesca. Storicamente l'attenzione di una popolazione di montagna per questo tipo di risorsa è abbastanza raro, ma in Val Piora essa doveva comunque costituire una fonte di sostentamento importante, in quanto sia Pietro Pavesi sia Stefano Francini ne menzionano l'esistenza. PAVESI (1870) nella sua opera *I pesci e la pesca nel Canton Ticino*, così si esprimeva: *"Questi laghetti furono già nel secolo passato ricchissimi di trote; ma poi queste scomparvero affatto, secondo alcuni in seguito a scoscendimenti dei monti sovrastanti, intemperie ecc., secondo altri perché distrutte apposta in odio ai Landvogt, che aspiravano ad acquistarne la privativa di pescagione. La prima volta vi furono portate dai Curati di Quinto e la seconda dal dottor Severino Guscetti"*. A questo proposito esiste un documento del 1635 nell'archivio della parrocchia di Quinto dove il Parroco annota l'avvenuto inserimento dei pesci nei laghi di Piora. Analoga annotazione la troviamo ad opera del FRANCINI (1837) ne *La Svizzera Italiana*. Riferendosi ai laghi della Val Piora riporta: *"Vuolsi che fossero abbondantissimi di pesce, ma la trascuraggine d'alcune cautele abbiano molto nociuto al di lui prosperamento"*.

Nel 1854 è documentata l'immissione di trote effettuata ad opera degli abitanti di Altanca nei laghi di Cadagno e Ritóm. Infatti, per iniziativa di Giovanni Mottini di Altanca, furono immessi 50 esemplari di trote, il cui acquisto fu finanziato dalle famiglie del paese. Ogni famiglia diede un franco, così da raccogliere la somma totale di franchi 30. Il trasporto, che si rilevò epico, fu assicurato dagli uomini di Altanca, i quali dovettero risalire evidentemente a piedi i più di mille metri di dislivello che separano la Val Piora dal Piottino. Il fatto è riportato anche da SURBECK (1917), biologo che nel 1916 eseguì uno studio sull'ittiofauna della Val Piora prima di diventare ispettore federale della pesca, come esempio raro se non unico di interesse per lo sfruttamento della pesca da parte degli abitanti di un villaggio di montagna.

Questa attività fu in seguito incrementata dalla famiglia Lombardi, albergatori in Piora e sul passo del San Gottardo. Procedevano regolarmente alle semine di trote e del salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*), il famoso Rötél, probabilmente importato dall'Austria e già ben acclimatato nel lago di Zugo e nel Ceresio, come attestato da una lettera del

Il fenomeno della "neve rossa"

Gli arrossamenti soprattutto estivi della superficie della neve sono dovuti alla moltiplicazione o "fioritura" di un'alga unicellulare della specie *Chlamydomonas nivalis*. Le cellule di quest'alga che si sviluppa in condizioni estreme (basse temperature e relativa resistenza al freddo, esposizione alle radiazioni ultraviolette) contengono una grande quantità di un pigmento rosso appartenente alla famiglia dei carotenoidi. Questo pigmento costituisce uno schermo per proteggere i cloroplasti, gli organelli dove viene effettuata la fotosintesi, dalle forti radiazioni ultraviolette.

In inverno le alghe sono presenti sotto la coltre nevosa sotto forma di spore inattive. In primavera, al momento del disgelo, le spore germinano e danno origine a quattro cellule verdi fotosintetiche munite di due flagelli. Guidate dalla luce le cellule flagellate cercano di raggiungere la superficie, nuotando tra i pori saturi d'acqua della neve in scioglimento (se la coltre nevosa non è troppo spessa) o facendosi trasportare dalle acque di fusione dei pendii soprastanti. Appena al di sotto della superficie avviene la crescita e la riproduzione. Dopo alcune settimane, a causa dell'intensa radiazione solare e delle forti escursioni termiche, le alghe iniziano a ricreare le spore e a produrre pigmenti rossi (carotenoidi) di protezione contro i raggi ultravioletti. La progressiva concentrazione delle spore causa in seguito l'apparizione delle vistose macchie rosso-lampone sul manto nevoso.



Fig. 1 – "Neve rossa" in località Piatto della Miniera tra la Val Piora e la Val Cadlimo a circa 2540 m s.l.m. (foto M. Tonolla)

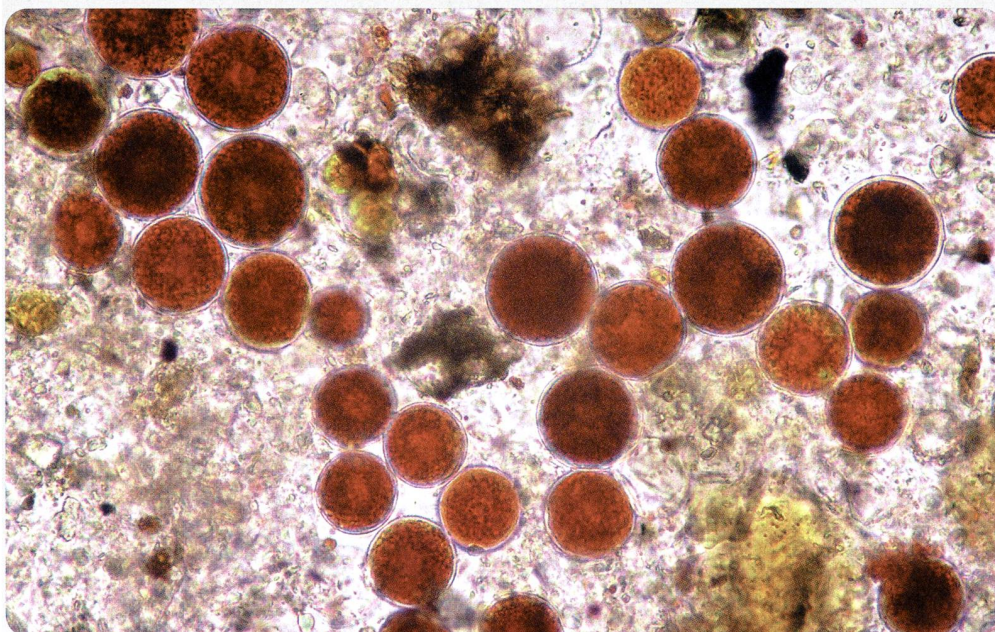


Fig. 2 – Spore rosse inattive dell'alga delle nevi *Chlamydomonas nivalis* (foto M. Tonolla).

Fig. 3 – "Hôtel & Pension Piora" sulle rive del Lago Ritóm negli anni '30 dopo il primo sbarramento.



1917 di Severino Lombardi all'ispettore della pesca Dr. Surbeck. L'immissione di avannotti era possibile partendo dal loro incubatoio per le uova ad Airolo. Proprio in questa seconda metà del 19° secolo si situa anche la creazione, ad opera dei Lombardi, di un'infrastruttura alberghiera in Piora di primissimo ordine, una costruzione di cinque piani, inaugurata nel 1875 (fig. 3).

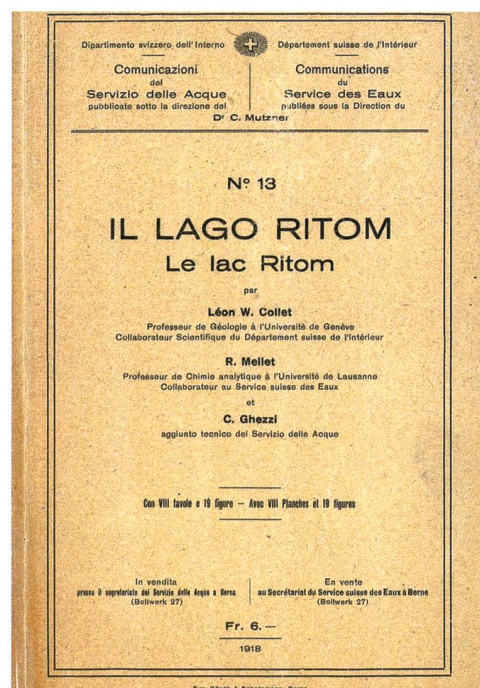
IL 20° SECOLO

Una prima importante serie di documenti del 20° secolo è quella inerente la realizzazione del primo sbarramento del Ritóm per l'elettrificazione della linea ferroviaria del San Gottardo, e all'apertura del cantiere per la costruzione dello sbarramento (1914-1918).

In seguito le ricerche furono promosse dalla Commissione di idrobiologia della Società elvetica delle scienze naturali. Gli studi effettuati dalla direzione della *Gotthardbahn*, che aveva ottenuto la concessione per l'utilizzazione dell'acqua del lago di Ritóm nel 1906-1909, poterono beneficiare dello svuotamento completo del bacino (fig. 4). Le indagini furono condotte tramite il servizio nazionale svizzero di idrografia da COLLET, MELLET & GHEZZI (1918): il primo era professore all'Università di Ginevra, il secondo professore di chimica analitica all'Università di Losanna e il terzo ingegnere presso il servizio federale delle acque. La determinazione del regime delle acque e il rilievo batimetrico dettagliato del lago furono i primi mandati di ricerca ed andarono a completare le indagini di GARWOOD effettuate nei primi anni del secolo (1906).

Fig. 4 – Fotografia del Lago Ritóm dopo l'abbassamento del suo livello di 18.5 m il 9 giugno 1918 (foto C. Ghezzi. Da COLLET *et al.* 1918).

Fig. 5 – Frontespizio della monografia sul Lago Ritóm pubblicata nel 1918 da L. W. Collet, R. Mellet e C. Ghezzi (COLLET *et al.* 1918).



Durante lo studio si attirò soprattutto l'attenzione sulla presenza di idrogeno solforato, che si sprigionava dal fondale. Per la verità questo fenomeno era già stato segnalato nel 1906 ad opera di BOURCART nel suo lavoro di dottorato: *Les lacs alpins suisses, étude chimique et physique*, apparso a Ginevra nelle edizioni della Librairie de l'Université Georg. La presenza di questo strato solforoso nel Lago Ritóm diede l'avvio ad una campagna di studi particolarmente intensa dettata anche da preoccupazioni di ordine tecnico-finanziario, come il timore della corrosione delle condotte a causa della presenza dei composti dello zolfo nell'acqua in concentrazione elevata. La monografia *Il lago Ritóm*, comunicazione del Servizio delle acque del Dipartimento federale degli interni, fu pubblicata nel 1918 ad opera appunto di COLLET, MELLET & GHEZZI e costituisce ancora oggi un testo limnologico di riferimento per quanto concerne il fenomeno menzionato: la meromissi crenogenica di origine geologica (fig. 5). Questo libro di oltre cento pagine sul Lago Ritóm, articolato in cinque parti, presenta un bilancio idrico completo comprendente la topografia, la geologia, lo studio chimico e termico delle acque, ed anche un capitolo sulla comparazione con altri laghi dove esiste un fenomeno meromittico analogo come quello della Giorrotte in Savoia.

Un'altra serie molto importante è composta dai lavori condotti dai pionieri della limnologia e della protezione delle acque. Infatti nel 1915 la commissione di idrobiologia della Società elvetica delle scienze naturali decise di attuare un programma di ricerche interdisciplinari sulle acque, che si protrasse poi per oltre un trentennio. Per situare meglio la portata di questi lavori nell'epoca nella quale furono svolti e l'importanza di questa decisione, bisogna considerare che la limnologia - come scienza che studia le acque dolci nelle sue caratteristiche geografiche, geologiche, fisiche, chimiche e biologiche - era nata da poco. O meglio, stava proprio nascendo in quegli anni, in quanto F.A. FOREL, considerato il padre della limnologia moderna, aveva pubblicato tra il 1892 e il 1901 i tre volumi della sua monografia *Le Léman*, considerata l'atto di fondazione di questa disciplina. Piora si avviava così a diventare una delle culle della limnologia. Tutti gli aspetti inerenti lo studio dell'acqua furono trattati in queste indagini, tanto da costituire dei manuali classici per la loro interdisciplinarietà e la loro completezza. Interessante a questo proposito risulta citare le motivazioni che portarono alla scelta della regione di Piora per l'attuazione del programma menzionato: "Questa zona è una regione alpina per eccellenza, essa presenta pure una variabilità ideale che va dai piccoli corsi d'acqua ai fiumi con forte corrente; dalle numerose bolle e paludi, ai laghi alpini relativamente profondi". Nello stesso documento, che costituisce il programma adottato nel 1916, si afferma di

voler iniziare una ricerca sistematica sull'idrobiologia dei corpi d'acqua della regione "ben delimitata geograficamente", dove le diverse discipline necessarie alle indagini sull'ambiente idrico dovevano e potevano "trovarsi assieme". "Proponiamo la Val Piora con le sue valli collaterali, la Val Canaria, la Val Cadlino e la Val Termine che assieme comprendono 21 laghi, 28 stagni, 14 bolle e 58 corsi d'acqua". Si concludeva evidenziando come la presenza di pesci nei laghi di Cadagno e Ritóm permetteva uno studio completo delle catene alimentari, inclusa l'ittiofauna. Risulta impossibile citare singolarmente i numerosi articoli e le monografie apparsi sulla Rivista svizzera di idrologia appunto fra gli anni 1920 e 1946. Comunque troviamo i grandi nomi della limnologia svizzera come BACHMANN (1924), BORNER (1928), BRUTSCHY (1931), BOURCART (1906), DÜGGELY (1919), EDER-SCHWEIZER (1924), KOCH (1928) e SURBECK (1917). Inoltre moltissimi risultati di questi lavori di ricerca non sono stati pubblicati su riviste scientifiche, ma possono essere consultati negli archivi di istituti universitari o del Politecnico federale di Zurigo, come ad esempio i risultati delle campagne riprese negli anni 1940 ad opera del prof. Otto Jaag, fondatore dell'Istituto federale per la protezione, l'approvvigionamento e la depurazione delle acque (EAWAG) e dei suoi collaboratori. Prima della seconda opera d'innalzamento dello sbarramento del Ritóm sono da menzionare anche le indagini inerenti le zone umide

Fig. 6 – 1° agosto 1944. Delta della Murinascia, Alpe di Campo. Livello 1928, 1 m s.l.m. [7,6 m sotto il precedente livello (1935,7)] (foto O. Jaag).

Fig. 7 – 1° agosto 1944. Lago Ritóm. Stessi livelli della precedente figura. Cuscini di equiseti e vegetazione spontanea alluvionale (foto O. Jaag).



di KOCH (1928) e gli ampi studi dello stesso JAAG (1944) sulle rive umide e sulla loro ricolonizzazione da parte della vegetazione. Negli stessi anni JÄGGLI (1944) pubblicava *Les Bryophytes du Val Piora*, un'importante monografia sulle epatiche e sui muschi della regione, le cui indagini saranno riprese negli anni '80 da SELLDORF & GEISSLER (1984), quando anche HAINARD (1986) darà alle stampe gli inventari floristici delle sue escursioni botaniche.

DALLA FINE DEL 20° SECOLO ALL'INIZIO DEL 21°

In epoca recente è ancora soprattutto la ricchezza idrobiologica della regione che attira l'attenzione dei ricercatori. A partire dagli anni '80 del 20° secolo la regione di Piora è stata meta di un'attività accademica regolare d'insegnamento e di ricerca da parte delle Università di Ginevra e di Zurigo, alle quali si sono aggiunte altre università e diverse società di scienze naturali nel quadro di corsi e stages di formazione.

Attualmente la meromissi crenogenica viene indagata a livello molecolare con ricerche incentrate sui batteri legati al ciclo dello zolfo. Infatti la biodiversità microbica del Lago Cadagno costituisce un'importante linea di ricerca molto articolata, che comprende l'approccio interdisciplinare ai sedimenti anossici del lago, lo studio della biodiversità microbica della colonna d'acqua e le indagini sulle formazioni degli aggregati batterici.

Proprio questo richiamo scientifico ha portato alla creazione del Centro di biologia alpina di Piora (CBA). Si è così realizzata all'inizio degli anni '90 una struttura accademica d'accoglimento con la partecipazione diretta dell'Università di Ginevra, dell'Università di Zurigo e del Canton Ticino. Come contemplato nel Messaggio di istituzione del 1989 ed ancorato negli statuti all'art. 1 *"Lo scopo della fondazione è di promuovere l'insegnamento di livello universitario, la ricerca scientifica, la divulgazione e altri compiti di utilità pubblica tramite la gestione del Centro di biologia alpina della Valle di Piora"*. A titolo d'esempio, nella sola stagione 2011 il Centro di biologia alpina è stato frequentato da 8 università svizzere ed estere che vi hanno svolto corsi della durata di una o due settimane, così come da 6 licei e scuole medio-superiori con corsi settimanali.

Molti aspetti inerenti le scienze naturali e la microbiologia hanno così potuto essere studiati sul posto anche nel quadro di tesi di laurea e lavori di master, come nel caso della produttività biologica dei laghi, della gestione della pesca dei diversi bacini (TONOLLA *et al.* 1988) oppure delle analisi palinologiche (Massy 2011). Tra il 1998 e il 2011 la produzione scientifica concernente il solo ecosistema del Lago Cadagno ammonta a 40 titoli (pubblicati su riviste internazionali peer reviewed, v. Peduzzi *et al.* 2011). Riguardo agli

aspetti microbiologici dell'ecosistema lacustre si veda in particolare il capitolo "La diversità microbica del Lago Cadagno e degli endoliti della Val Piora" di Ravasi *et al.* in questo volume.

CONCLUSIONI

In questa sede gli autori hanno tentato di fornire un quadro di sintesi delle ricerche svolte in una regione dove si sono avvicendati ricercatori sin dalla nascita delle scienze sperimentali e la nascita delle moderne discipline delle scienze naturali come la limnologia e la biologia sperimentale.

Nella storia scientifica troviamo studiosi che hanno frequentato il Gottardo e Piora e sono stati i primi ad apprezzare questi luoghi naturalisticamente pregiati. Spazi geografici ancora attualmente preziosi per le diverse discipline e considerati non solo come punti da superare, da valicare o da transitare, ma luoghi sui quali recarsi perché scientificamente interessanti.

Una sintesi bibliografica ragionata sulla regione di Piora e del San Gottardo, suddivisa per epoca o tappa cronologica, era già stata presentata in occasione del congresso annuale dell'Accademia svizzera di scienze naturali organizzato nel 1998 ad Airolo, manifestazione alla quale erano convenuti oltre mille partecipanti. La pubblicazione "Piora e San Gottardo, due secoli di ricerca scientifica" (PEDUZZI 2000), conteneva 181 referenze bibliografiche inerenti soprattutto la biologia. Nel presente articolo gli autori si sono limitati a commentare soltanto il 10% delle referenze bibliografiche attualmente note per la regione di Piora e del Gottardo, mostrando una finestra sulla grande ricchezza di stimoli per i cultori delle scienze naturali.

BIBLIOGRAFIA

- BACHMANN H. 1924. Hydrobiologische Untersuchungen im Pioragebiet. Hydrobiologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Separatdruck aus der Schweiz. Zeitschr. Hydrol. II, Heft 3/4: 28 pp.
- BISCHOFF Y. 2007. Diversité et mobilité des algues de neige dans les Alpes suisses, Tesi Università di Ginevra, Documenta : Milieux Alpains et changement global Vol. 2, Centro Biologia Alpina Piora.
- BORNER L. 1928. Die Bodenfauna des Lago Ritóm und seines Deltagebietes vor der Absenkung (1916). Schweiz. Zeitschr. Hydrol. V, Heft 1/2: 121-162.
- BOURCART F. 1906. Les lacs alpins suisses, étude chimique et physique. Thèse présentée à l'Université de Genève. Georg & Co. Editeurs, Genève.
- BRUTSCHY A. 1931. Die Algenflora des Val Piora. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. V, Heft 3/4: 120.
- BUTLER S. 1931. Alps and sanctuaries of Piedmont and the Canton Ticino. The life and Letters series No. 25 Jonathan Cape, London-Toronto. 1881, 1913, 1920, 1923, 1931.
- COLLET L.W., MELLET R. & GHEZZI C. 1918. Le Lac Ritóm. Département suisse de l'intérieur, Communication du Service des eaux No. 13 : 101 pp. (Dr. C. Mutzner), Bern.

- DE HALLER A. 1728. Récit du premier voyage dans les Alpes. Réédition E. Hintzsche et P.F. Flückiger, St. Gall, 1948.
- DE SAUSSURE H.B. 1779/1796. Voyages dans les Alpes, 1775 & 1783, Excursions et récits sur la région du Gothard (réimpression Ed. Slatkine Genève, 1978).
- EDER-SCHWEIZER J. 1924. Chemische Untersuchungen am Lago Ritóm vor und nach der Absenkung. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. II, Heft 1/2 : 28-64.
- DUEGGELI M. 1919. Die Schwefelbakterien. Neujahrsblatt 121 der Naturforschenden Gesellschaft Zürich.
- FOREL F.A. 1892, 1896, 1904. Le Léman, monographie limnologique. Librairie F. Rouge, Lausanne, 1-3.
- FRANCINI S. 1837. La Svizzera italiana. Ristampa a cura di Virgilio Gilardoni, Ed. Casagrande, Bellinzona 1987.
- FUHRMANN O. 1897. Recherches sur la faune des lacs alpins du Tessin. Rev. Suisse de Zool., Tome IV. Fasc. 3 : 489-533.
- GARWOOD E.J. 1906. The tarns of the Canton Ticino. Quart. Journ. Geol. Soc., Vol. LXII: 165-193.
- GEISSLER P. & SELLDORF P. 1986. Vegetationskartierung und Transektenanalyse im subalpinen Moor von Cadagno di fuori (Val Piora, Ticino). Saussurea, 17: 35-70.
- HAINARD P. 1986. Excursion botanique au Val Piora (Itinerario botanico in Val Piora). Boll. Soc. tic. sci. nat., 74: 117-124.
- JAGG O. 1944. Di spontane Begrünung der zeitweise überstauten Uferhalden verschiedener Stauseen. Archivio Centro di biologia alpina, Piora.
- JAEGGLI M. 1944. Bryophytes du val Piora. Rev. Bryol. lichén. 13: 98-104.
- KOCH W. 1928. Die höhere Vegetation der subalpinen Seen und Mooregebiete des Val Piora. Schweiz. Zeitschr. Hydrol. IV, Heft 3/4 : 131-175.
- LAVIZZARI L. 1863. Escursioni nel Cantone Ticino. Stampato a Lugano (ristampa Ed. Dadò, Locarno 1988).
- LUISSET M.D. 1888. Herborisation au Val Piora. Un récit d'herborisation dans les Alpes de Piora. Bull. soc. bot. de France, Vol. XXXV.
- MASSY J.E. 2011. Mémoire Etude des changements environnementaux dans la région du Lac de Cadagno (Val Piora, Ti) au travers de l'évolution de la couverture végétale grâce à l'apport de la palynologie. Présenté à l'Université de Genève.
- PARLATORE F. 1854. Viaggio per le parti settentrionali di Europa. Seconda parte: osservazioni e studi sulla flora e sulla geografia botanica. Firenze, Tip. Le Monnier.
- PAVESI P. 1871-72-73. I pesci e la pesca nel Cantone Ticino, 150 p. Tipografia Veladini & Co., Lugano.
- PEDUZZI R., BACHOFEN R. & TONOLLA M. 1998. Lake Cadagno: a meromictic alpine lake. Documenta dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, 63, 152 pp.
- PEDUZZI R. 2000. Piora e San Gottardo, due secoli di ricerca scientifica, Atti e contributi scientifici della 178. Assemblea annuale dell'Accademia Svizzera di Scienze Naturali, Airolo-San Gottardo-Piora, 23-26 settembre 1998 – "La ricerca alpina e le trasversali" (dove è inserita una bibliografia completa sui lavori scientifici svolti sulla Regione dal 1783 al 1998). Edizioni: Documenta "Centro Biologia Alpina" (ISSN 1424-4993).
- PEDUZZI R. & BOUCHER-RODONI R. 2006. L'apport de la recherche dans un milieu extrême à la science européenne : la région du St. Gothard & le val Piora. Edizioni : Documenta "Centro Biologia Alpina" (ISSN 1424-4993).
- PEDUZZI S., WELSH A., DEMARTA A., DECRISTOPHORIS P., PEDUZZI R., HAHN D. & TONOLLA M. 2011. *Thiocystis chemoclinalis* sp. nov. and *Thiocystis cadagnonensis* sp. nov., mobile purple sulfur bacteria isolated from the chemocline of a meromictic lake. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 61: 1682-7.
- PERTY M. 1849. Mikroskopische Organismen der Alpen und der italienischen Schweiz. Mitt. Naturf. Ges. Bern. 1850, Sugli enti microscopici delle Alpi e della Svizzera Italiana (Trad. del prof. G. Curti), Lugano, Tip. Fioratti (prima e seconda edizione).
- PERTY M. 1850. Ueber des rotgefärbten Schnees des St. Gothards vom 16/17 Februar 1850. Mitt. Naturf. Ges., Bern.
- PINI E. 1783. Memoria mineralogica sulla Montagna e sui contorni del San Gottardo. Marelli, Milano, 128 pp.
- SCHUECHZER J.J. 1718. Natur-Geschichten des Schweizerlandes. Teil VI. Zürich : 208 pp.
- SCHUECHZER J.J. 1723. Itinera per Helvetiae Alpinas Regiones. Tomus secundum (iter anni MDCCCV), Lugduni Batavorum.
- SELLDORF P. & GEISSER P. 1984. Piora: un gioiello nelle nostre montagne. Il nostro paese, anno XXXVI: 325-340.
- SPICCHIGER R. 2009. Flore et végétation du plateau de Cadagno, Val Piora. Herborisation pendant le MUSE (Maîtrise Universitaire en Sciences de l'Environnement) Université de Genève, Deposito di un erbario al Centro di Piora nel 2009.
- SURBECK G. 1917. Ueber die Fische des Ritóm-, Cadagno- und Tomsees im Val Piora, Verh. Schweiz. Naturf. Ges. 99, 1, 264-265. Ispettore federale della pesca, 1917. Documenta l'immissione di trote effettuata ad opera degli abitanti di Altanca nel 1854 "...esempio unico di sfruttamento della pesca da parte di abitanti di un villaggio di montagna"
- TONOLLA M., DEL DON C., BOSCOLO P., PEDUZZI, R. 1988. The problem of fish management in an artificially regulated meromictic lake: lake Cadagno (Canton Tessin, Switzerland). Riv. It. Acquacoltura 23: 57-68.
- TUERLER E.A. 1891. Gotthard & Val Piora. (St. Gotthard, Airolo und Val Piora). Geologische botanische und zoologische Verhältnisse. Verlag Kaeser & Co., Bern.

L'apporto di Piora alla storia delle scienze

Parte II – Storia della ricerca geologica e mineralogica

Filippo Bianconi* e Raffaele Peduzzi**

* August-Bebel-S7trasse 52, D-03130 Spremberg (f.bianconi@t-online.de)

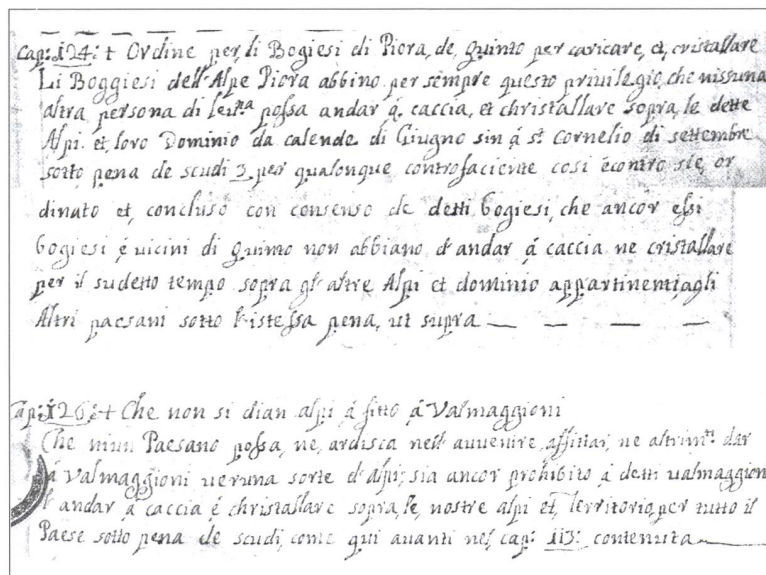
** Fondazione Centro Biologia Alpina, Piora, c/o Istituto Cantonale di Microbiologia, Via Mirasole 22A, CH-6500 Bellinzona (raffaele.peduzzi@ti.ch)

INTRODUZIONE

La Val Piora, orientata in direzione est-ovest, separata dalle due grandi direttrici nord-sud del Gottardo a ovest (dalla Val Canaria) e del Lucomagno a est (dalla Val Termine), è stata un po' negletta per quanto riguarda la ricerca geologica e mineralogica. Infatti, nel periodo d'oro di questa ricerca (all'incirca durante gli ultimi vent'anni del 18.mo secolo) l'attenzione dei naturalisti, grandi esponenti di questo periodo come ad esempio de Saussure, Pini e Volta, si concentrò sulla regione del passo del San Gottardo. Un grande geologo di quel periodo, Dolomieu, nel 1801 attraversò la valle diretto da Airolo a Disentis, dette sì una bella descrizione della Val Piora e specie del Lago Ritóm, ma per quanto riguarda la geologia si limitò ad un'unica frase inerente le rocce triassiche (vedi la trascrizione del diario inedito riportata di seguito).

In questa sede si vuole fare un breve giro d'orizzonte sulla storia della ricerca geologica e mineralogica della Val Piora, che si ricalca nella lista bibliografica (che comprende ben 75 titoli, senza la pretesa di essere completa), per rintracciare l'evoluzione che ha portato alle conoscenze attuali, descritte nell'articolo di MARCO ANTOGNINI (in questo volume). Il presente contributo completa così la prima parte dedicata alla storia della ricerca biologica e limnologica.

Fig. 1 – I capitoli 124 e 126 dello statuto di Leventina del 1730 concernente il privilegio di "christallare" all'Alpe Piora (documento conservato presso l'Archivio di Stato del Cantone Ticino, Bellinzona: Raccolta degli statuti Leventina, n. 15.5.).



I PRIMI CENTO ANNI - DAL 1705 AL 1801

Il primo cenno geologico è del naturalista zurighese JOHANN JAKOB SCHEUCHZER, il quale nel 1718 descrive "einen weissen glänzenden Sand [...] ob dem Lago di Rottom [...] Es gibt gegen dem S. Maria oder Medelser-Thal ganze Felsen von diesem Sand." Scheuchzer ha acutamente osservato la fascia di dolomie triassiche tra il Lago Ritóm e il Lucomagno e le ha considerate "sabbia bianca e splendente"; in effetti, la dolomia saccaroide, una delle molte varietà dei marmi dolomitici, in superficie si sgretola in una sabbia bianca.

Lo stesso autore nel 1723 pubblica la descrizione dei nove viaggi da lui fatti nelle Alpi. Nel corso del quarto viaggio, del 1705, Scheuchzer, partito da Airolo, passa per la bassa Val Canaria, la Bocchetta di Föisc, la Val Piora, il Passo dell'Uomo, la Val Termine per raggiungere l'ospizio di Santa Maria sul Passo del Lucomagno. Il testo non contiene dati mineralogici o geologici, ma una descrizione geografica dettagliata dei due laghi principali, il *Lacus Rottamensis* (il Lago Ritóm) & *Tomen-sis* (il Lago Tom), *Ticini Fontes* (una delle fonti principali del Ticino), accompagnata da una carta che fece stato per più di mezzo secolo. Il Lago Cadagno passa stranamente inosservato. Il testo in versione italiana dell'originale in latino è in MARTINONI (1989, pp. 1-24).

Scheuchzer non fa nessun accenno ai cristalli, specie quelli per antonomasia, cioè i cristalli di quarzo. Questi dovevano pur essere abbondanti e fonte di guadagno visto che nello statuto di Leventina del 1730 due capitoli si riferiscono al privilegio riservato ai "Boggiesi dell'Alpe Piora per caricare [...] andare a caccia e cristallare sopra le dette Alpi et loro Dominio da calende di Giugno sin a s.t Cornelio di settembre" (il 14 settembre). Così al capitolo 124. Nel capitolo 126 si precisa il divieto ai "Valmaggioni d'andar a caccia e cristallare sopra le nostre alpi..." (cfr. fig. 1). Lo statuto è menzionato da LAVIZZARI (1853), che riprende da SCHINZ (secondo fascicolo, 1784), e infine da PREISWERK (1933), che tiene la notizia da LAVIZZARI.

GOTTLIEB SIGMUND GRUNER nel 1760 riprende quasi alla lettera la descrizione geografica di Scheuchzer e menziona che "Unweit Ajrol befinden sich weitere Zingraupen in einem

grünlicht weissen Gesteine." Alla lettera si tratta di stagno granulare, nella terminologia moderna cassiterite granulare (ossido di stagno - SnO_2).

Nel 1775 il Gruner oltre a citare la "arena micans" di Scheuchzer riprende la descrizione delle *Zinngrauen*: "*Stannum ferro & arsenico mineralisatum. Minera cristallisata, figura poliedrica, diverso colore. Stannum cristalli pyramidatis irregularibus nigri Linnæi. Crystalli minerales Stanni. Cristaux d'Etain.*" Il ritrovamento di cassiterite granulare con cristalli neri piramidali è sicuramente spurio; questo minerale è sconosciuto nei dintorni di Airolò. Pochi anni dopo Ermenegildo Pini chiarisce l'errore (cf. più sotto).

JOHANN CONRAD FÄSI nel 1765 descrive in modo dettagliato le cinque fonti del fiume Ticino; la quinta, quella che ha origine nella Val Piora, è citata una volta ancora quasi alla lettera dal testo dello Scheuchzer e da quello del Gruner. Da questi plagi, aumentati da un errore riguardante la posizione idrologica della gola di Stalvedro, si deduce che né Gruner né Fäsi son passati per la Val Piora.

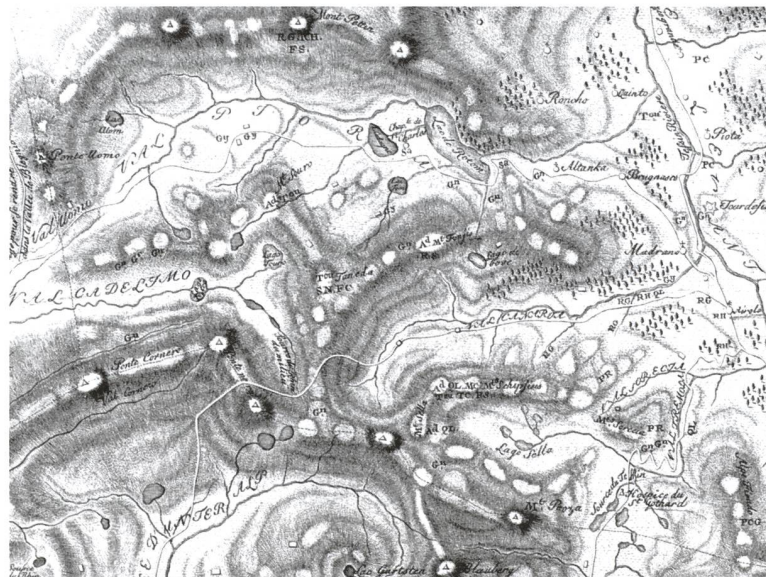
ERMENEGILDO PINI è senza dubbio il più grande geologo e mineralogista ad occuparsi della regione del Gottardo alla fine del 18.mo secolo, dove scopre l'adularia. Nel 1783 esamina un campione delle presunte *Zinngrauen* di Gruner: "*Il Gruner scrive, che nelle vicinanze di Airolò erasi scoperta una miniera [minerale metallifero] di stagno. Ma avendo io fatta diligenza per riconoscerla, mi avvenni in quello stesso contadino, che si diceva scopritore della medesima; e dalla mostra [campione], che me ne portò, compresi, che tale miniera non altro era, che una galena di piombo a piccoli cubi, la quale, come suol essere in altre miniere di tal natura, dee contenere anche argento. Dalla relazione, che lo stesso mi fece, conobbi, che finora di tal miniera non si è scoperta se non qualche piccola vena.*" L'unico ritrovamento di galena argentifera (solfuro di piombo, PbS) conosciuto nei dintorni di Airolò si trova al Piatto della Miniera sul versante meridionale della Val Cadlimo, ca. 500 m a nord dello spartiacque con la Val Piora e accessibile da questa passando per il Lago di Dentro. Negli anni 1904 e 1905 furono estratte alcune tonnellate di minerale dalla *Gothard Mining and Engineering Company* di Nuova York. Il minuscolo giacimento di galena è descritto in MARIANI (1905), PREISWERK (1918), KRIGE (1918), FRIEDLÄNDER (1930), SCHNEIDERFRANKEN (1943) e BRANDL (2007). Nel 1786 PINI verso la fine del suo grosso lavoro *Osservazioni su i feldspati, ed altri fossili singolari dell'Italia* dà la descrizione precisa della danburite (un silicato di calcio e boro, $\text{Ca}[\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$), senza coniare un nome (verrà scoperta solo nel 1839 a Danbury, Connecticut, negli Stati Uniti e di lì il nome) e senza indicare la località di provenienza. Il minerale è abbastanza raro ed è conosciuto nella Val Cadlimo.

CHRÉTIEN DE MECHEL, incisore ed editore basilese, nel 1795 pubblica un'ottima guida di una parte del Vallese e del San Gottardo. Nel capitolo intitolato *Fossiles du St. Gothard* descrive per primo i minerali seguenti della Val Piora: la *granatite* (l'odierna staurolite, solitamente associata a granato e distene), l'*adulaire* (tra l'altro *du Taneda*: compare per la prima volta il toponomastico Taneda, vale a dire la zona centrata attorno al Pizzo Taneda, 2667 m, sullo spartiacque tra la Val Piora e la Val Cadlimo) e le *schorl électrique ou tormaline du mont Taneda* (la tormalina nera del Taneda compare di seguito in praticamente tutte le descrizioni mineralogiche della Val Piora).

Annessa al lavoro del de Mechel è la *Carte pétrographique du S.^t Gothard* di EXCHAQUET *et al.* del 1791. La carta, alla scala di circa 1:95'000 e con il sud verso l'alto, non è una carta geologica nel senso moderno della parola, bensì una carta topografica abbastanza dettagliata sulla quale i ritrovamenti di minerali e di rocce allora conosciuti sono indicati con simboli (ad esempio per la zona del Taneda: Tou - Tourmaline, SN - Schorl noir, FC - Feldspath cristallisé; cfr. fig. 2 qui sotto). Comunque essa è considerata la prima carta geologica della regione del Gottardo *sensu lato*.

A distanza di un anno (1796) è pubblicato il quarto ed ultimo volume dell'opera prestigiosa di HONORÉ-BÉNÉDICT DE SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*. In questo volume de Saussure descrive il terzo viaggio che lo vede al San Gottardo sulla via del ritorno a Ginevra. Il *Chapitre XXII. Notes pour servir à la litologie du St. Gothard* contiene la lista completa dei minerali conosciuti allora nella regione del San Gottardo *sensu lato*, accompagnata da lunghe e precise descrizioni. I minerali seguenti sono descritti dalla Val Piora, dove Saussure non era mai stato; quindi molto probabilmente cita de Mechel: al § 1900 la *granatite* (la staurolite; il termine francese, *staurolite*, era stato coniato già nel 1792 dal

Fig. 2 – Dettaglio estratto dalla *Carte pétrographique du S.^t Gothard* di EXCHAQUET *et al.* del 1791. In alto la Val Piora con i tre laghi maggiori e al centro il Taneda con le sigle dei minerali di quel ritrovamento. Si noti l'antica strada che collegava la Val d'Unteralp con la Val Canaria passando, con indicazione geograficamente un po' incerta, per la Bocchetta di Cadlimo e i Poncioni Negri (riproduzione per gentile concessione del Kunsthistorisches Museum di Görlitz, Sassonia).



mineralogista francese J.C. Delamétherie) e al § 1908 *la tourmaline*. "Les tourmalines se trouvent au St. Gothard sur le Mont Taneda, ou renfermées dans d'autres substances, ou groupées ensemble & sans gangue visible. J'en ai des masses de trois pouces de diamètre [8 cm di diametro], & où les cristaux sont entrelacés, & se croisent en différents sens & laissent entr'eux des espaces entièrement vides. [...] On les trouve aussi renfermés dans du quartz & dans du crystal de roche parfaitement transparent et régulier."

Durante il suo ultimo viaggio e a poche settimane prima della morte, DÉODAT DE DOLOMIEU, proveniente dalla Val Formazza passa per Airolo (da dove in un giorno sale al Campolungo per raccogliere campioni di tremolite) e il 16 settembre 1801 va da Airolo a Disentis, passando per la Val Piora. La trasferta è descritta nel suo diario manoscritto che abbiamo potuto trascrivere partendo dall'originale depositato a Parigi nell'archivio dell'Accademia delle scienze: "...et par une heure de marche pénible [da Altanca] fait atteindre la vallée dite de Piora dont tout le fond est occupé par un lac du même nom. ce lac très poissonneux a près de 3/4 de lieue de longueur et 500 pas dans sa plus grande largeur. il gele en hyver et alors le chemin le traverse, cependant quelques sources plus chaudes y maintiennent quelques ouvertures par les quelles le poisson peut respirer; ce lac n'occupe cependant pas tout le bassin qui lui était primitivement destinées, vers sa tête il y a déjà délaissé un espace de plus de 500 pas de longueur qui sont couverts en prairies, et où on a construit un chalet [il delta della Murinascia e la cascina dell'alpe di Campo]. les cotes qui forment le circuit du lac sont déjà dégarnies de bois à cause de leur hauteur, elles sont couvertes d'une pelouse qui pendant quelques instants servent de paturage aux nombreux troupeaux qui parcourent successivement toutes ces montagnes. l'aspect de cette vallée et de son lac est singulièrement sauvage quoique les montagnes qui l'environnent ne paraissent ni hautes ni escarpées, mais la végétation est si faible, la solitude si grande, le silence si profond qu'on ne peut s'y défendre d'un sentiment de mélancolie. la route en corniche sur la cote qui borde la droite du lac conduit à un second lac distant d'un quart de lieue du premier; celui-ci dit cadain [Cadagno] beaucoup plus petit est environné d'assez bonnes prairies sur un sol horizontal auprès desquelles se trouvent les derniers chalets situés sur les hauteurs. la route continue ensuite pendant une heure en s'élevant en traversant des pelouses désertes [le Coste di Carorescio e del Piano Grande], et passant sur des cotes embarrassées par des nombreuses pierres tombées des hauteurs voisines..." [sicuramente allusione alle dolomie del Pizzo Columbe]. Stranamente Dolomieu, uno dei grandi geologi dell'epoca, si limita a questa descrizione

geografica della valle. L'unico cenno geologico riguarda le rocce triassiche: "...la roche continue à être de même nature et continue sa direction jusqu'au col qui sert de division entre les suisses et les grisons et auprès duquel on voit quelques placages de gypse blanc en grain fin sans mica." Si tratta delle dolomie a sud del passo del Lucomagno, che alla località Al Foppone contengono gesso. Dolomieu è accompagnato dal danese TOENNES CHRISTIAN BRUUN-NEERGARD, che un anno dopo pubblica il *Journal du dernier voyage du C^{en}. Dolomieu dans les Alpes* (1802a). Il diario si limita a qualche appunto sulla geologia della Val Canaria (il gesso, la dolomia e gli scisti a granato, orneblenda e raro distene della Serie della Tremola). Il diario è tradotto in tedesco (1802b) e in danese (1802c).

IL 19° SECOLO

Il medico e naturalista tedesco JOHANN GOTTFRIED EBEL fornisce una prima sintesi importante della geologia alpina, che non tocca però la regione di Piora. Nella terza edizione, del 1809, della sua ottima guida turistica della Svizzera dà invece vari ragguagli sulla mineralogia alla voce *Piora-Thal*. Qui di seguito si menzionano solo i ritrovamenti dei minerali sconosciuti fino allora: "[...] am westlichen Ende der Seen Ritóm und Cadagno findet sich Cyanit [cianite, sinonimo di distene], auf der Petina [il Pecianett e il Pettine, sul crinale tra la Val Piora e la Valle Leventina] Bänke grauen Glimmerschiefers mit vielen Granaten; auf dem Scurò [il Lago Scurò, al piede nordovest del Pizzo Taneda, o più probabilmente la Punta Negra, 2714 m] Tourmaline; auf dem Taneda [oltre alla già famosa tormalina nera] krystallisierter Feldspath, rother Schörl (auch rothe Nadeln genannt; Titanerz) [è il rutilo, ossido di titanio, TiO₂; le rothe Nadeln sono la sagenite, la varietà aghiforme del rutilo]; auf dem Fonjio [il Föisc, 2208,4 m, ca. 500 m a ovest della diga del Ritóm] Adularia und Schörl im Gneuss [lo gneiss]; über dem See Tom und am östlichen Fusse des Scurò, am Wege, Gyps, welcher Fortsetzung der Urgypsformation im Bedretto- und Canaria-Thal ist; [...] im Piora-Thal Urkalkstein und Gyps" [ma in queste località non affiorano né gesso né calcare primitivo, bensì solo dolomie, in parte saccaroidi].

Nel 1836 ARNOLD ESCHER VON DER LINTH dà alle stampe due manoscritti del padre HANS CONRAD ESCHER VON DER LINTH. Quello del 1816 descrive il passaggio della Val Piora. Proveniente da Casaccia l'autore nota le dolomie del Pizzo Columbe: "[...] ein feinkörniger, weisslicher Dolomit, welcher aber an den Tagstellen durch Verwitterung eine hoch isabellgelbe Farbe erhält [di colore giallo canarino], fein porös und sich der Rauchwacke [per *Rauhawacke*, dolomia cariata] nähert." Scendendo verso l'Alpe Piora l'autore, che era ottimo disegnatore, osserva un profilo

esposto forse nell'intaglio della Murinascia (cfr. fig. 3). Si tratta del primo profilo geologico rilevato in Val Piora.

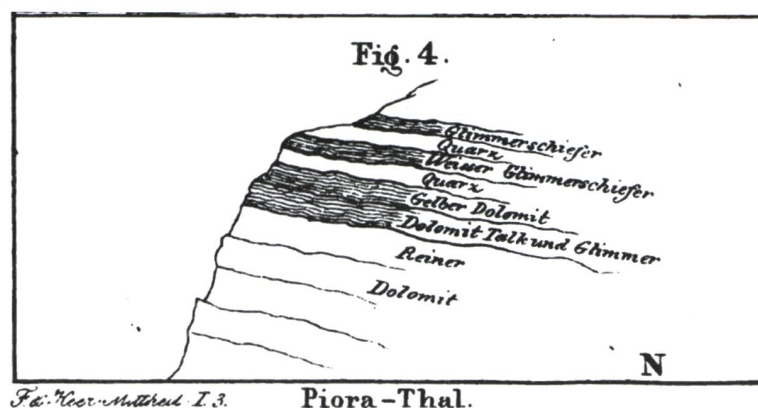
Dalla descrizione assai dettagliata appare che gli strati leggermente pendenti verso nordest, al tetto comprendono un'alternanza di mica-scisti intensamente fillitici, di colore argentino con straterelli quarziticci e altri dolomitici: si tratta quasi sicuramente degli scisti di Quarten del Trias Superiore. Sotto questi affiorano i banchi potenti di dolomia saccaroide del Trias medio: "[...] isabellgelber Dolomit, welcher leicht zerreiblich ist und einen sehr feinen Sand liefert." Passato il Lago di Cadagno l'autore vicino alla cappella di San Carlo descrive mica-scisti ondulati, che continuano fino all'inizio del Rotamsees, e che localmente contengono straterelli con granati: si tratta di rocce della formazione dei Calcescisti del Giurassico.

Il vodese CHARLES LARDY, ingegnere forestale e geologo, nel 1833 pubblica un'opera altrettanto importante sulla geologia della regione del San Gottardo. Ma anche questo autore nella regione della Val Piora si limita a una descrizione di minerali e rocce. Per la prima volta appaiono "le schiste micacé de grenat", "la staurotide en cristaux géminés [...] Ils sont accompagnés de perles de tormaline noire et quelquefois de grenats rouges", dalla Val Canaria fino all'Alpe Piora "schiste micacé renfermant de l'amphibole, fréquemment accompagnés de grenats rouges" (i famosi scisti a granato e orneblenda a covoni della serie della Tremola), la tormalina nera, spesso inclusa nel quarzo, oltre che sul Taneda anche sur "les hauteurs du Scaro [sic, per Scuro] dans le voisinages de l'Alpe Piora", e infine la dolomia, che Lardy nota "au levant du col d'Uomo, les rochers de dolomie forment une arête élevée de rochers d'une blancheur éblouissante et qui a quelque chose de frappant" [le guglie dei Campanitt ovvero del Pizzo Columbe] e inoltre "en traversant les monts Foncio [il Föisc] jusques dans le Val-Piora [...] elle se retrouve à l'Est du col d'Uomo."

Lardy è il primo geologo a descrivere i calcescisti della formazione omonima (Giurese), che denomina "calcaire schisteux" e che segue giustamente a partire dal Gries a ovest: "Il paraît qu'elles accompagnent le gypse et la dolomie jusques dans le Val-Piora et le Lukmanier puisqu'elles forment l'extrémité méridionale de l'arête du Scopi."

L'interpretazione dei nessi geologici si limita all'osservazione piuttosto vaga che "Vers la chapelle de St.-Charles, la direction des couches se reporte à l'Ouest, et l'inclinaison au Sud, et au-delà d'Altanca elle a repris son allure ordinaire."

STEFANO FRANSCINI nella sua opera *La Svizzera Italiana* del 1837, di enciclopedica completezza, dedica alcune pagine ai laghi di Piora (p. 74 della ristampa del 1973), alla geologia (p. 85: "Presso Airolo si è scoperto un sottil filone di galena"; si tratta del filone di galena del Piatto della Miniera già descritto dal Pini



"[...] Dirimpetto a Piotta, sulla sinistra del Ticino, tormaline.") e ai minerali, dei quali alle pp. 88-91 dà una lunga lista, compilata dai lavori di de Saussure, Pini e di Ebel, senza menzionare le località precise di ritrovamento: perciò nulla di nuovo.

Anche la *Geologie der Schweiz* del 1851 di BERNHARD STUDER, professore di mineralogia all'università di Berna, non apporta conoscenze nuove. L'autore si limita a citare l'ormai famosa tormalina, "auf dem Scuro und Taneda, nördlich von der Alp Piora", gli scisti a granato e orneblenda con immersione verso nord sul versante settentrionale della valle e la dolomia: "Der Dolomit aber erhebt sich, am Ende des tief eingeschnittenen Piorathales, zu einem wild zerrissenen nackten Stocke, der gegen O steil nach Casaccia abfällt [il Pizzo Columbe]."

Anche LUIGI LAVIZZARI nelle *Escursioni nel Cantone Ticino* del 1863 dà un elenco dei minerali, in gran parte già conosciuti e descritti (la tormalina nera, il titanio rutilo, l'adularia, il granato, la staurotide e il distene), ma alcuni nuovi: lo sfeno (titanite), il quarzo, la clorite e lo spato calcare (la calcite) "in cristalli romboedrici, lenticolari, uniti spesso ad altri minerali". Lavizzari menziona gli "antichi statuti di Leventina del 1730" secondo i quali "gli alpigiani di Piora avevano il privilegio d'andare a caccia e raccogliere cristalli." (vedi più sopra).

L'autore è inoltre il primo ad usare il termine di dolomie saccaroidi, che "si scontrano pure sui laghetti di Piora." Suo merito è poi di avere descritto per primo il deflusso sotterraneo dell'emissario del Lago Tom, il Rì det Tom: "Le acque di questo laghetto s'infiltrano bizzarramente per un foro sotterraneo [l'inghiottitoio], che si apre nella roccia dolomitica pel tratto di cento passi, per indi uscire [la risorgenza] scorrendo sulla roccia di micaschisto a versarsi nel primo lago [il Lago Ritóm; ma la risorgenza è ancora nella dolomia]."

Tre anni dopo, nel 1866 ADOLF KENNGOTT pubblica *Die Minerale der Schweiz*, che è la prima opera sistematica su questo tema. Per la regione di Piora riprende la tormalina nera del Taneda, solitamente inclusa in quarzo e accompagnata da sagenite (rutilo aciculare) e in parte da clorite terrosa, adularia e mica. Dall'Alpe Piora Kenngott descrive *Eisenthongranat*

Fig. 3 – Il profilo geologico rilevato da HANS CONRAD ESCHER VON DER LINTH forse nell'intaglio della Murinascia (da ESCHER VON DER LINTH, 1836).

(la varietà almandino, ricca di ferro, del granato), accompagnato da staurolite di colore bruno oscuro, distene di colore grigio e solo in parte azzurro (che è il suo colore normale, e di lì il suo sinonimo, cianite) e tormalina da nera a brunastra in micascisti grigi. In una località non precisata si trovano rose di ferro (ematite, ossido di ferro; le più famose e pregiate sono quelle della Fibbia a sudovest del Passo del San Gottardo).

A cavallo tra il 19.mo e il 20.mo secolo due geologi inglesi studiano la genesi dei laghi alpini dell'alta Leventina, in particolar modo di quelli della Val Piora e in primo luogo il più grande, il Lago Ritóm. L'interpretazione dei due geologi è controversa: THOMAS G. BONNEY (1898) spiega la formazione delle conche che ospitano i laghi come il risultato dell'erosione dei ghiacciai locali; al contrario EDMUND J. GARWOOD (1906) nel suo ottimo lavoro propende per una formazione dovuta alla dissoluzione delle rocce triassiche (dolomie ed eventualmente gesso). In effetti, la genesi è il risultato della combinazione dei due fenomeni, erosione glaciale e dissoluzione di dolomie (COLLET *et al.* 1918; BIANCONI, 1969): gli esempi più probanti sono il Lago Ritóm e il Lago Tom (GEMNETTI 1937).

IL 20° SECOLO E L'INIZIO DEL 21°

Durante il primo ventennio del 20.mo secolo sono pubblicati due lavori fondamentali per la conoscenza della geologia della regione di Piora.

Il primo lavoro è di LAURA HEZNER (1909) e concerne le rocce al margine sud del massiccio del Gottardo, da quest'autrice denominata "Serie di Tremola" composta da una fitta alternanza di scisti, gneiss e anfiboliti e suddivisa in tre zone. Queste verranno più tardi denominate, da nord a sud: Zona di Nelva, Zona del Sasso Rosso e Zona di Pontino. Le tre zone scompaiono a cuneo verso est e nella Val Piora affiora unicamente la Zona di Pontino, basale, al contatto con le rocce triassiche. Merito dell'autrice è stato l'aver elaborato uno studio petrografico e chimico dettagliato di queste rocce e di aver riconosciuto

la loro formazione grazie al metamorfismo di sedimenti originari. Sono ottime le sue descrizioni dei famosi scisti a orneblenda a covoni e granato nella Zona del Sasso Rosso. Errata invece la datazione: infatti, l'autrice assegna i sedimenti originari al Giurassico, mentre oggi si sa che essi sono di formazione più antica, del Paleozoico.

Il secondo lavoro è contemporaneamente il più importante è quello del geologo sudafricano LEO KRIGE, che nel 1918 pubblica il suo lavoro di tesi *Petrographische Untersuchungen im Val Piora und Umgebung*, elaborato sotto la direzione del prof. Grubemann di Zurigo, precursore dello studio degli scisti metamorfici delle Alpi centrali. Il lavoro è accompagnato da una carta geologica alla scala 1:50'000 che copre un'area vasta, dalla Val Canaria a ovest ad Acquacalda a est (cfr. fig. 4). La carta è centrata sulle rocce triassiche (quarzite di base, dolomia, dolomia cariata, gesso e gli scisti di Quarten metamorfici) e giurassiche (micascisti calcariferi, marmi e filladi a granato) di quella che l'autore denomina *Pioramulde* (la "Sacca di Piora", termine scorretto) e che oggi è conosciuta con il nome di Zona di Piora. Il rilievo è completato da una larga striscia di rocce del massiccio del Gottardo a nord e di quella che l'autore denomina massiccio del Lucomagno (in realtà coltre di ricoprimento Lucomagno) a sud. La carta nelle grandi linee è valida a tutt'oggi e forma la base di carte e testi geologici pubblicati di seguito (PREISWERK *et al.* 1934; NIGGLI *et al.* 1936) oltre che alla carta geologica che accompagna l'articolo di Antognini (questo volume). La carta è accompagnata da ben sette profili N-S, anch'essi sostanzialmente corretti. Il testo contiene ottime descrizioni petrografiche accompagnate da analisi chimiche. L'autore è il primo a separare le rocce metamorfiche variegiate del Trias superiore (gli scisti di Quarten) da quelle spesso analoghe del Giurassico (i "Bündnerschiefer", ovvero Formazione dei Calcescisti). In quest'ultima dà una descrizione dettagliata delle filladi a granato accompagnate da ottime microfotografie (vecchie di quasi cent'anni!) dei porfiroblasti di granato ruotati durante la loro crescita nel corso del metamorfismo alpino, con una struttura risultante denominata "snow ball" (a palla di neve; cfr. Fig. 5).

Nei micascisti calcariferi della Formazione dei Calcescisti affioranti nell'intaglio della Murinascia a sud del Lago Cadagno al microscopio l'autore ha scoperto resti di echinodermi, rarissimi in rocce con grado medio di metamorfismo, assai comuni invece più a est.

Lo stesso anno (1918) è pubblicato il lavoro di COLLET *et al.* sull'utilizzazione della forza idraulica del Lago Ritóm, sulla geologia e sul chimismo delle sue acque. In questa sede interessa soprattutto il capitolo *Géologie* di LÉON W. COLLET (op.cit., pp. 46-55). L'autore conferma l'ipotesi valida a tutt'oggi della formazione del bacino del lago in modo molto chiaro (p. 48): "... on est forcé d'y voir un superbe

Fig. 5 – Granati ruotati con struttura a palla di neve in fillade granatiferi del Giurassico (da KRIGE 1918, Fig. 2).



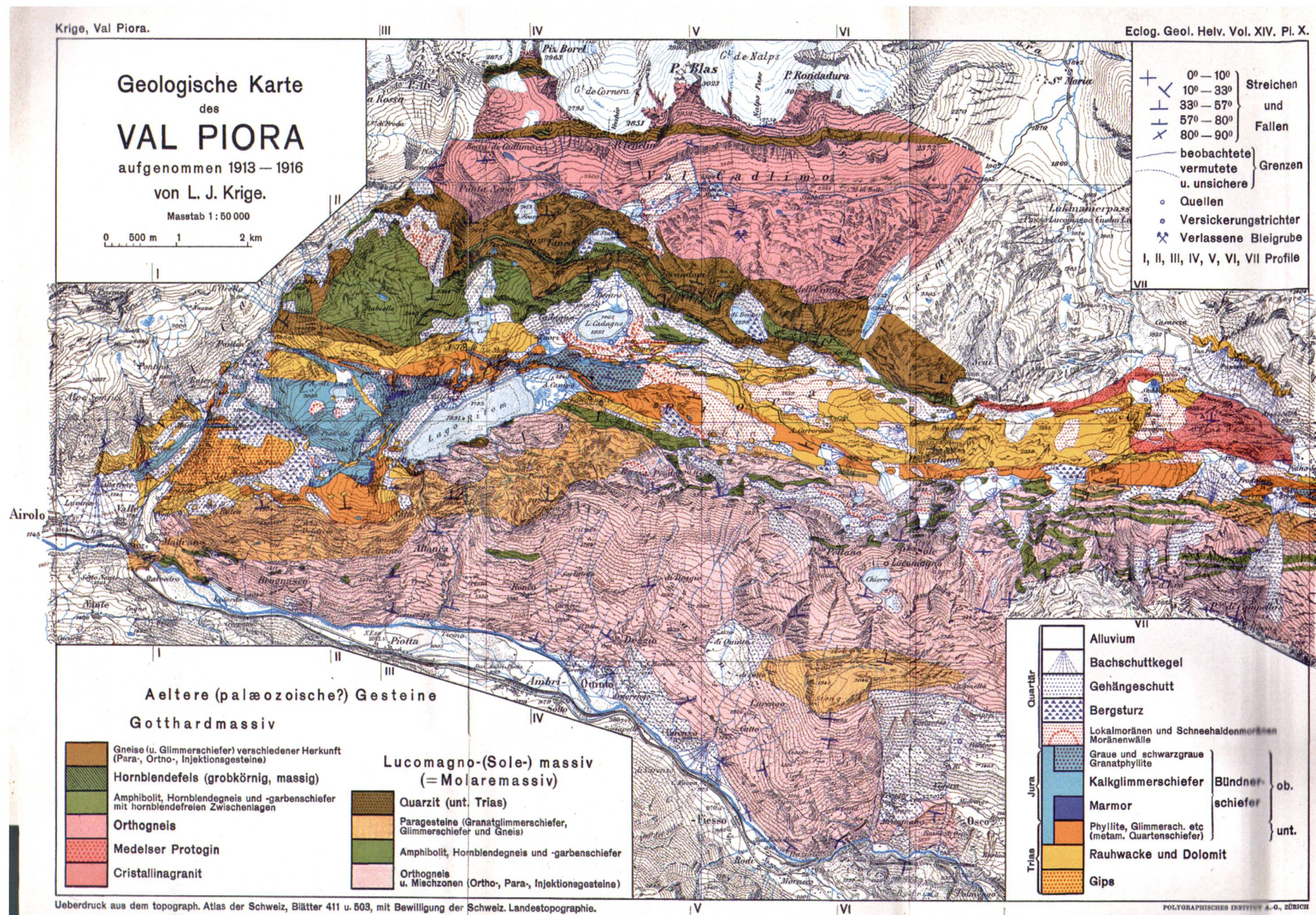


Fig. 4 – La carta geologica a scala 1:50'000 di Leo Krige (1918) copre una vasta area dell'Alto Ticino, dalla Val Canaria ad Acquacalda. Nelle grandi linee la carta è valida a tutt'oggi e forma la base di carte e testi geologici pubblicati in seguito (PREISNER et al. 1934, NISU et al. 1936, ANTONINI in questo volume).

exemple de lac dû au surcreusement glaciaire, avec parois très raides et fond large et plat. Des phénomènes de dissolution se seront probablement fait sentir dans les roches triassiques et auront préparé le terrain que le glacier n'aura eu qu'à déblayer et à surcreuser, tandis que les roches gneissiques en aval prédisposaient à la formation d'un verrou." Gli gneiss del ricoprimento Lucomagno e le quarziti triassiche formavano la barriera originaria del lago, nella quale era localizzato lo sbocco che alimenta l'emissario della Foss. L'abbassamento del lago di 30 m per mettere a secco il cantiere della diga e della captazione aveva messo in luce "superbes stries glaciaires" a dimostrazione dell'azione abrasiva del ghiacciaio.

Lo stesso volume contiene un capitolo *Étude chimiques des eaux* di R. MELLET ET L.W. COLLET (pp. 56-101) nel quale sono descritti i risultati dei campionamenti e delle analisi delle campagne del 1913 e del 1918. Essi confermano la presenza della meromissi crenogenica, già descritta qualche anno prima da F.E. BOURCART (1906), con acqua in profondità ricca in solfati di calcio e magnesio, provenienti da sorgenti fortemente mineralizzate al fondo del lago dovute alla dissoluzione di gesso e dolomia, e di idrogeno solforato, generato dalla riduzione batterica di solfati. Per maggiori dettagli si rimanda al capitolo di questa Memoria inerente la microbiologia. Inoltre, su questa linea di ricerca che analizza la batteriologia legata alla meromissi del Lago di Cadagno negli ultimi dieci anni sono stati pubblicati 40 articoli in riviste internazionali *peer reviewed*. In questa sede è importante sottolineare l'importanza degli strati di dolomie e anidrite/gesso in profondità, già rilevata dagli autori citati qui sopra.

I risultati del lavoro esemplare di KRIGE (op. cit.) sono integrati in quelli di PREISWERK (1918), NIGGLI (1929) e NIGGLI *et al.* (1936), che costituiscono una sintesi delle conoscenze geologiche delle Alpi Lepontine e in modo particolare delle alpi ticinesi fra Valle Maggia

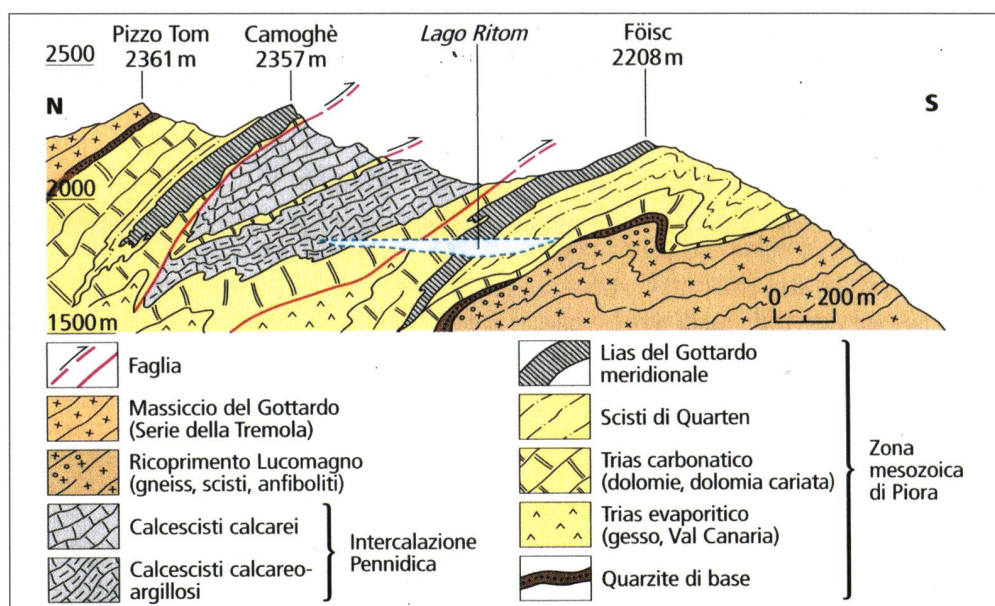
e Val Blenio. L'ultimo volume citato sopra accompagna la carta geologica di questa regione alla scala 1:50'000, conosciuta con il nome di Carta Speciale N° 116 (PREISWERK *et al.*, 1934), che riprende la Val Piora dalla cartografia di KRIGE (op. cit.).

Niggli (1929) descrive e interpreta le caratteristiche chimiche e mineralogiche dei metasedimenti (vale a dire rocce in origine sedimentarie e trasformate in scisti e gneiss durante episodi di metamorfosi) al sud del massiccio del Gottardo sulla base di ben 91 analisi chimiche, per la maggior parte eseguite su rocce triassiche e giurassiche, che hanno perciò subito unicamente la metamorfosi alpina. Ventuno analisi sono riprese dal lavoro di KRIGE (op. cit.) e servono a caratterizzare le rocce mineralogicamente complesse degli scisti di

Quarten (caratterizzate dalla presenza dei silicati di alluminio granato, staurolite e distene e originate dalla metamorfosi di sedimenti essenzialmente argillosi), alcune appartenenti alla formazione dei Calcescisti (in parte filladi nere a granato) e altre appartenenti agli scisti pretriassici della coltre di ricoprimento del Lucomagno rispettivamente a rocce cristalline a nord della Zona di Piora, che hanno quindi subito almeno una fase metamorfica prealpina oltre a quella alpina).

PARKER nel 1954 pubblica il primo lavoro moderno e sistematico sui minerali delle Alpi svizzere accompagnato da una carta alla scala 1:200'000 con le località principali di ritrovamento. Nella regione di Piora l'autore descrive sei ritrovamenti principali di minerali di fessura che fanno parte di tre associazioni di minerali caratteristiche, di cui due nelle rocce cristalline del massiccio del Gottardo (associazioni A5 e B4) e una negli gneiss della coltre di ricoprimento Lucomagno (associazione B3). Per i dettagli si rimanda senz'altro a quest'opera fondamentale. Qui basti ricordare che la tormalina nera, spesso citata a partire dalla fine del 18.mo secolo, fa parte dell'associazione B4 (Punta Negra, Pizzo Taneda

Fig. 6 – Profilo geologico lungo lo spartiacque tra Val Piora e Val Canaria (modificato da GANSER & DAL VESCO 1964 e riprodotto da PEDUZZI 2011, p. 21, con l'autorizzazione dell'Atlante idrologico della Svizzera, Berna 2011).



e Piz Corandoni) che comprende i minerali principali albite, quarzo (per parte ametista), rutilo, actinolite, ripidolite, in parte accompagnati da calcite, siderite, appunto tormalina nera, pirite, anatasio e titanite.

L'interesse per la geologia della regione di Piora si intensifica notevolmente nella seconda metà del secolo. Nel 1962 esce il lavoro di dissertazione di STEIGER, che rappresenta una prima monografia sul margine meridionale del massiccio del Gottardo tra i passi del San Gottardo e del Lucomagno.

Nel 1964 GANSSE & DAL VESCO illustrano la geologia della regione con un profilo lungo lo spartiacque tra la Val Piora e la Val Canaria (fig. 6) centrato sui metasedimenti mesozoici compresi tra le rocce cristalline del Massiccio del Gottardo a nord e quelle della coltre di ricoprimento Lucomagno a sud.

Altri studi di questo periodo comprendono:

- Il lavoro di dissertazione di SIBBALD (1971), allievo dell'Imperial College di Londra; il lavoro dà una prima sintesi della geologia strutturale della Val Piora.
- Il lavoro di dissertazione di PROBST (1980), in cui l'autore elabora una sintesi regionale della Formazione dei Calcescisti tra la Valle di Valser e il passo di San Giacomo e quindi comprendente anche la regione di Piora.
- Il lavoro di diploma di WABER (1986) centrato sull'indagine delle rocce metamorfiche della coltre di ricoprimento Lucomagno tra il Poncione d'Arbione e il Pizzo Sole, in parte sconfinante sul versante sud della Val Piora. Il lavoro definisce quattro fasi della metamorfosi alpina (D1-D4) ed è corredato da una carta geologica alla scala 1:10'000.
- Il lavoro di dissertazione di BÖHM (1996) sullo sviluppo geochimico e geocronologico delle rocce della coltre di ricoprimento Lucomagno basato su numerose datazioni isotopiche delle età.
- I lavori importanti di BEFFA, che comprendono il lavoro di diploma del 1993 (elaborato su una striscia centrale della Val Piora e delle formazioni confinanti) e il rilievo geologico alla scala 1:10'000 (corredato da vari rapporti inediti) di un'area molto estesa che comprende tra l'altro tutta la Zona di Piora dalla Val Canaria alla Valle di Santa Maria. Il lavoro è stato svolto negli anni 1995 e 1996 su incarico del Servizio Geologico Federale; la cartografia farà parte del foglio 1252 - Ambri-Piotta della Carta geologica nazionale alla scala 1:25'000, in fase di preparazione (BIANCONI *et al.*).
- L'articolo di SCHMID (1998), in cui l'autore precisa la posizione tettonica della Zona di Piora racchiusa fra i due complessi di cristallino pre-mesozoico.
- La carta geologica regionale del Sopraceneri alla scala 1:100'000 di BERGER & MERCOLLI (2006), che fa il punto sullo stato attuale delle conoscenze sulla geologia regionale.
- Il catasto dei ghiacciai rocciosi (*rock glaciers*) delle Alpi Ticinesi di SCAPOZZA & MARI (2011) che comprende quelli della regione

di Piora. Il ghiacciaio roccioso di Gariói è illustrato nella fig. 5 in ANTOGNINI in questo volume.

- La bella escursione idrologica Val Piora-Piotta di SANDRO PEDUZZI (2011), che contiene una breve sintesi della geologia.
- Due articoli finora pubblicati pure nel 2011 unicamente come "abstracts": quello di HORAT *et al.* su microorganismi endolitici presenti in una banda sottile di pochi millimetri sotto la superficie delle dolomie della Zona di Piora e infine quello di JURETZKO *et al.* in cui è valutata la fattibilità dei metodi di tracciamento di cesio-137 e della USLE [*universal soil loss equation*] per quantificare i fenomeni di erosione nella Val Piora. I risultati ottenuti finora non sono univoci.

INDAGINI IN PREVISIONE DELLA COSTRUZIONE DELLA GALLERIA DI BASE DEL GOTTARDO

L'attraversamento della Zona di Piora durante la costruzione della galleria ferroviaria di base (AlpTransit San Gottardo) rappresentava la più grande incognita durante la fase di pianificazione e progettazione. Infatti la potenziale presenza di dolomia saccaroide friabile e impregnata di acqua sotto forte pressione idrostatica dovuta alla copertura notevole di circa 1700 metri sarebbe risultata in enormi difficoltà tecniche e di conseguenza in gravi ripercussioni finanziarie. Questa possibilità oltre modo pessimistica era fondata sulle esperienze precedenti fatte durante la costruzione delle gallerie degli impianti idroelettrici del Ritóm:

- La presenza nella galleria tra la diga di Ritóm e il castello d'acqua (galleria d'adduzione alla condotta forzata) di due zone con dolomia accompagnate da venute d'acqua (con un aumento delle portate dovuto all'innalzamento del pelo d'acqua) era stata prevista correttamente nella prognosi di HEIM *et al.* (1911). Nella perizia le rocce triassiche vengono descritte come dolomia e dolomia cariata (*Rauhwaacke*, vale a dire "*ein zelligporöser, teilweise ausgelaugter Dolomit*"). Durante i lavori di traforo il geologo ARBENZ nel 1920 descrive la presenza di due zone con dolomia cariata e gesso tra i m 440 e 723, in parte friabile ("*Gestein zum Teil mit Pickel lösbar*"), ma fortunatamente senza venute d'acqua.
- Gravi problemi tecnici furono invece incontrati durante la costruzione della galleria di adduzione dell'acqua dalla Val Canaria al Lago Ritóm. A Froda dopo i primi 800 metri di scavo la galleria si riempì d'acqua (comunicazione orale di Modesto Taddei titolare dell'impresa). Dai rapporti di WINTERHALTER (1957) risulta che le rocce triassiche carbonatiche furono attraversate lungo una potenza apparente di ben 410 m (per una potenza reale di 280 m). Esse consistevano in dolomia cariata e dolomia saccaroide; quest'ultima; mescolata con acqua, si disintegrava e

fluiva in galleria, il che risultava nella formazione di grosse caverne in calotta. In questa zona le venute d'acqua erano frequenti, fino a 160 l/sec. L'attraversamento di questa zona durò oltre quattro anni (da febbraio 1950 a settembre 1954).

Le perizie e gli studi elaborati durante le fasi di progettazione e di esplorazione della sezione ticinese della galleria di base stessa comprendono essenzialmente i seguenti:

- Vari rapporti inediti di DAL VESCO (ad es. 1964 e 1966), centrati sull'indagine della Zona di Piora in superficie e sulla prognosi della sua estensione al livello della galleria.
- DIETLER & SCHNEIDER (1993): la perizia comprende la compilazione di tutte le interpretazioni geologiche e tettoniche dell'andamento della Zona di Piora in profondità; si tratta di ben 28 schemi proposti nella letteratura a partire dal 1918, che dimostrano l'ampiezza della controversia.
- SCHAAD & PFIFFNER (1994 e 1995): studi dettagliati della dolomia saccharoide in superficie.
- HERWEGH & PFIFFNER (1999): prognosi e descrizione delle litologie della Zona di Piora a livello della galleria di base.
- ETTER (1999) descrive la geologia strutturale dell'area Passo del Lucomagno - Piora - Leventina; la sua prognosi definisce la presenza di strutture tettoniche che si prolungano fino al livello della galleria, ad esempio la sinforma di Chièra.
- VOLPERS (2000), come geologo di cantiere a Faido-Polmengo, pubblica i risultati dei sondaggi di esplorazione eseguiti dal fronte del cunicolo di esplorazione di Polmengo. Questa campagna mise alla luce che al livello della galleria non esisteva dolomia saccharoide ma unicamente un'alternanza solida e asciutta di marmo dolomitico e anidrite. Questo risultato di importanza eccezionale e non prognosticato fu confermato dall'attraversamento della Zona di Piora senza particolari difficoltà tecniche (cf. anche l'articolo di ANTOGNINI in questo volume).
- KROPF & LEUPIN (2000) nel loro lavoro di diploma descrivono in dettaglio le litologie intersecate da uno dei sondaggi (BS 4.5) e in modo particolare quelle della Zona di Piora. In questa predominano appunto alternanze di dolomia e anidrite, in cui gli autori descrivono la presenza di filoncelli di gesso e zolfo elementare sotto forma di impregnazioni di fessure negli straterelli dolomitici. Lo zolfo elementare fu poi trovato anche in galleria (cf. l'articolo e la fig. 4B in ANTOGNINI in questo volume). Lo zolfo si è probabilmente formato solo durante i lavori di sondaggio e di avanzamento dalla riduzione del solfato dell'anidrite (solfato di calcio, CaSO_4) a idrogeno solforato (H_2S) da parte di batteri solfato-riduttori e dalla successiva ossidazione dell'idrogeno solforato a zolfo elementare da parte dell'acqua e dell'aria dell'ambiente di lavoro ossidanti.

Di importanza ugualmente fondamentale nella fase di progettazione furono gli studi idrogeologici, di cui si vogliono citare i più

significativi (cf. anche ANTOGNINI in questo volume):

- FABBRO (1998) nel suo lavoro di diploma dimostra la connessione idraulica tra il Lago Ritóm e la Val Canaria: secondo l'autore le perdite del lago ammontano all'ordine di grandezza di 60-90 l/s (HALDIMANN & OTZ 1999, indicano invece ben 180-250 l/s). Esse alimentano il Riale della Val da Büi sul fianco orientale della Val Canaria. Questo a sua volta infila parzialmente la sua acqua alla località Tecc, che va ad alimentare le sorgenti di Frasnè di dentro. Fabbro ha inoltre dimostrato con prove traccianti che il Lago di Lei (chiamato anche "Lago di Alpe di Lago", sul versante orientale della Val Canaria) è alimentato con acqua da perdite del Lago Tom. Il Lago di Lei aveva subito un abbassamento del livello durante lo scavo della galleria di adduzione della Garegna dalla Val Canaria al Lago Ritóm.
- HALDIMANN & OTZ (1999) e OTZ *et al.* (2003) dimostrano con prove di tracciamento la presenza di un acquifero "di Piora" con uno spartiacque sotterraneo all'altezza dei Calderoni di Piora: ad est di questi l'acqua di falda fluisce verso est e alimenta sorgenti fino nella Val di Campo; in profondità essa raggiunge il livello del cunicolo di Polmengo.

BIBLIOGRAFIA

- ANTOGNINI M. 2013. Geologia della Val Piora. Questo vol., 51-54.
- ARBENZ P. 1920. Kraftwerk Ritóm, Wahrnehmungen am Stollen und an der Wasserausbruchsstelle (rapporto inedito FFS).
- BEFFA F.A. 1993.. Petrographic, structural, geochemical and quaternary studies of Gotthard massiv and Lucomagno nappe, Val Piora region (TI-CH). Lavoro di diploma ETH Zurigo (inedito).
- BERGER & MERCOLLI 2006. Tectonic and Petrographic Map of the Central Lepontine Alps, 1:100'000. Carta Geologica Speciale 127. Ufficio federale di topografia swisstopo.
- BIANCONI F. 1969. Laghi alpini del Ticino. Quaderni ticinesi, No. 12. Società ticinese per la conservazione delle bellezze naturali ed artistiche: 28 pp. e 46 fotografie.
- BÖHM C.O. 1996.: Provenance and pre-mesozoic evolution of the Lucomagno Unit (Central Swiss Alps): a geochemical, isotopic and geochronological approach. Dissertazione ETH no. 11773, Zurigo.
- BONNEY T.G. 1898. Notes on some small Lake-Basins in the Lepontine Alps. Geol. Mag. 5: 15-21.
- BOURCART F.E. 1906. Les lacs alpins suisses. Étude chimique et physique. Genève, Georg & C^{ie}.
- BRANDL A. 2007. Der historische Bergbau im Val Piora und Val Cadlmo - Interaktion zwischen Mikroorganismen und Metallen. In: R. Peduzzi, M. Tonolla, R. Boucher-Rodoni (Eds.): Milieux alpins et changement global, Vol. 1, Edizioni Centro Biologia Alpina: 107-112.
- BRUUN-NEERGARD T.C. 1802a. Journal du dernier voyage du C^{on}. Dolomieu dans les Alpes. Paris, Solvet.
- BRUUN-NEERGARD T.C. 1802b. Dolomieu's letzte Reise durch die Schweiz in dem Jahre 1801, nebst des Bürgers Eymars, Präfecten von Leman, Nachrichten über Dolomieu's Reise und dessen Tod. Hamburg und Mainz, bey Gottfried Vollmer 1802.
- BRUUN-NEERGARD T.C. 1802c. Reise mellem Alperne

- med Borger Dolomieu. Andreas Seidelin, København: 167.
- COLLET L.W., MELLET R. & GHEZZ, C. 1918. Le lac Ritòm. Département suisse de l'intérieur, Communication du Service des eaux No. 13: 101 pp., Bern.
- DAL VESCO E. 1964. Die geologischen Verhältnisse im Bereich der Piora-Mulde. Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau. Eidg. Amt für Verkehr - Gotthard-Basis Tunnel (rapporto inedito).
- DAL VESCO E. 1966. Gotthard Basistunnel, die Struktur der Pioramulde, Schlussbericht. Eidg. Amt für Verkehr (rapporto inedito).
- DIETLER T. & SCHNEIDER T.R. 1993. Gotthard-Basistunnel, Auswertung der Detailkartierungen 1991/92. (Rapporto inedito per AlpTransit).
- DOLOMIEU D. DE 1801. Carnet de voyage. Diario del viaggio del 1801 nelle Alpi. Manoscritto conservato nell'archivio dell'Académie des Sciences, Paris.
- EBEL J.G. 1809-1810. Anleitung, auf die nützlichste und genussvollste Art die Schweiz zu bereisen, zweiter und dritter Hauptteil (3. Auflage) Zürich.
- ESCHER VON DER LINTH J.C. 1836. Beiträge zur Gebirgskunde der Schweiz, aus den hinterlassenen Manuscripten J.C. Eschers von der Lith; mitgeteilt von seinem Sohne. Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde 1, Zürich: 171-230, 537-588. (Manoscritti degli anni 1812 e 1816.)
- ETTER U. 1999. Die Strukturgeologie des Gebietes Lukmanierpass - Piora - Leventina. In: S. Löw & R. Wyss (ed.): Vorerkundung und Prognose der Basistunnels am Gotthard und am Lötschberg. - A. A. Balkema, 109-116.
- EXCHAQUET M., STRUVE H. & VAN BERCHEM-BERTHOUD J.P. 1971. Carte pétrographique du St. Gothard. In: C. DE MECHEL (1975).
- FABBRO M. 1998. Val Canaria 1998, Hydrogeologische Verbindung zwischen Val Canaria und Ritòm See. Lavoro di diploma inedito, ETH Zurich.
- FÄSI J.C. 1765-1768. Genaue und vollständige Staats- und Erdbeschreibung der ganzen Helvetischen Genossenschaft, derselben gemeinen Herrschaften und zugewandten Orten. 4 vol, Zurich.
- FRANCINI S. 1837. La Svizzera Italiana. 2 voll. Tipografia di G. Ruggia e Comp, Lugano: 692 (ristampa Banca della Svizzera Italiana, 1971).
- FRIEDLÄNDER C. 1930. Erzvorkommenisse des Bündner Oberlandes und ihre Begleitgesteine. Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 16-1.
- GANSSE A. & DAL VESCO E. 1964: Bericht über die Exkursion B der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft: SE Gotthardmassiv und Penninikum (Piora-Lukmanier-Bleniot). Eclogae geol. Helv. 57/2: 619-628.
- GARWOOD E.J. 1906. The tarns of the Canton Ticino. Quart. Journ. Geol. Soc. LXII: 165-193.
- GEMNETTI G. 1937. L'origine dei laghetti di Piora: Istituto Editoriale Ticinese, Bellinzona.
- GRUNER G.S. 1760-1762. Die Eisgebirge des Schweizerlandes. 3 voll. Bern.
- GRUNER G.S. 1775. Beyträge zu der Naturgeschichte des Schweizerlandes. Bern.
- HALDIMANN P. & OTZ H. 1999. Tracerversuche in der Piora-Zone. In: S.Löw, R.Wyss (ed.): Vorerkundung und Prognose der Basistunnels am Gotthard und am Lötschberg. A.A.Balkema: 89-96.
- HEIM, STAUB & ARBENZ. Expertise F. Kraftwerk IV 1911: Ritòm (rapporto inedito FFS).
- HERWEGH M. & PFIFFNER O.A. 1999.: Die Gesteine der Piora-Zone (Gotthard-Basis-tunnel). In: S.Löw, R.Wyss (ed.). Vorerkundung und Prognose der Basistunnels am Gotthard und am Lötschberg. A.A.Balkema: 77-88.
- HEZNER L. 1908. Petrographische Untersuchungen der kristallinen Schiefer auf der Südseite des St. Gotthard (Tremolaserie). N. Jb. f. Min., Geol. U. Pal., Beil. Bd. 27: 157-218.
- HORATH T.D., BACHOFEN R., NEU THOMAS R. & STRASSER R. 2011. Endolithic microorganisms in Piora dolomite. Swiss Geoscience Meeting 2011, Zurigo, abstracts: 324.
- JURETZKO G., MEUSBURGER K. & ALEWELL C. 2011. Suitability of Cesium-137 and USLE for soil erosion assessment in an Alpine valley (Val Piora, Switzerland). Swiss Geoscience Meeting 2011, Zurigo, abstracts: 194-195.
- KENNGOTT A. 1866. Die Minerale der Schweiz nach ihren Eigenschaften und Fundorten. Wilhelm Engelmann Leipzig.
- KRIGE L.J. 1918. Petrographische Untersuchungen im Val Piora und Umgebung. Eclogae geol. Helv. 14/5: 519-654 e lavoro di dissertazione, Università di Zurigo.
- KROPP R. & LEUPIN O. 2000. Mineralogische und strukturgeologische Untersuchungen in der Trias der Piora-Zone. Lavoro di diploma inedito, università di Berna.
- LARDY C. 1833. Essai sur la constitution géognostique du St. Gothard. Denkschr. allg. Schweiz. Ges. f. gesammte Naturw. 1/2: 200-280.
- LAVIZZARI L. 1853. Escursioni nel Cantone Ticino. Stampato a Lugano. (Ristampa Ed. Dadò, Locarno, 1988).
- MARIANI E. 1905. Sul giacimento di galena argentifera dell'altipiano di Cadlimo. Giornale di Geol. Pratica, anno III, fasc. 1.
- MARTINONI R. 1989. Viaggiatori del Settecento nella Svizzera Italiana. Armando Dadò Ed., Locarno: 517 pp.
- MECHEL C. de 1795. Itinéraire du St Gothard, d'une partie du Vallais et des contrées de la Suisse, que l'on traverse ordinairement pour se rendre au Gothard, accompagné d'une carte lithographique des environs de cette montagne. Bâle: 142.
- NIGGLI P. 1929. Die chemisch-mineralogische Charakteristik der metamorphen Paragesteinsprovinz am Südrande des Gotthardmassivs. Boll. Soc. Miner. Petr. Svizzera 9: 160-187.
- NIGGLI P., PREISWERK H., GRÜTTER O., BOSSARD L. & KÜNDIG E. 1936. Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia und Bleniot. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz. Neue Folge 71. Lieferung.
- OTZ M.H., OTZ H.K., OTZ I. & SIEGEL D.I. 2003. Surface water/groundwater inter-action in the Piora Aquifer, Switzerland: evidence from dye tracing tests. Hydrology J. 11: 228-239.
- PARKER R.L. 1954. Die Mineralfunde der Schweizer Alpen. Wepf, Basel: 311.
- PEDUZZI S. 2011. La forza idrica Val Piora - Piotta. Escursioni idrologiche in Svizzera, Regione Ticino, 5.1 Atlante idrologico della Svizzera: 42.
- PINI E. 1783. Memoria mineralogica sulla Montagna e sui contorni di San Gottardo, Marelli, Milano: 128.
- PINI E. 1786. Osservazioni su i feldspati, ed altri fossili singolari dell'Italia. Memorie di matematica e fisica della Società Italiana, tomo III: 688-717.
- PREISWERK H. 1918. Geologische Beschreibung der Lepontinischen Alpen. Beitr. z. Geol. Schweiz 26.
- PREISWERK H. 1933. Historischer Überblick über die geologische Erforschung des Kantons Tessin bis 1920. Boll. Soc. Tic. Sc. Nat. 28: 9-29.
- PREISWERK H., BOSSARD L., GRÜTTER O., NIGGLI P., KÜNDIG E., JENNY H., AMBÜHL E. & KRIGE L.J. 1934. Carta geologica 1:50'000 delle Alpi Ticinesi fra Valle Maggia e Val Blenio. Carta Speciale N° 116. Commissione Geologica della Società Elvetica delle Scienze Naturali.
- PROBST P. 1980. Die Bündnerschiefer des nördlichen Penninikums zwischen Valser Tal und Passo di San Giacomo. Beitr. Geol. Karte Schweiz, Neue Folge 153: 63 pp.
- SAUSSURE H.-B. de 1779-1796. Voyages dans les Alpes, précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève. 4 voll., Neuchâtel.

- SCAPOZZA C. & MARI S. 2010. Catasto, caratteristiche e dinamica dei rock glaciers delle Alpi Ticinesi. *Boll. Soc. tic. sci. nat.* 98: 15-29.
- SCHAAD W. & PIFFNER A. 1994. Der zuckerkörnige Dolomit in der Piora-Zone: Schwimmendes Gebirge für die NEAT? *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 74/2: 298-299.
- SCHAAD W. & PIFFNER A. 1995. Teil A: Zur Entstehung des zuckerkörnigen Dolomits in der Piora-Zone. In: Schaad, 1995.
- SCHUCHER J.J. 1718. *Natur-Geschichten des Schweiz-landes, Teil VI.* Zürich: 208 pp.
- SCHUCHER J.J. 1723. *Itinera per Helvetiae Alpinas Regiones, Tomus secundum (iter anni MDCCV), Lugduni Batavorum.*
- SCHINZ H.R. 1784. *Beyträge zur nähern Kenntnis des Schweizerlandes - 2. Heft, Zurigo.*
- SCHMID S.M. 1998. Die Piora-Zone in ihrem geologisch-tektonischen Rahmen. SANW-Tagung Airolo. Abstracts: 3-5.
- SCHNEIDERFRANKEN I. 1943. *Ricchezze del suolo ticinese. Studio economico sullo sfruttamento delle pietre da costruzione e delle materie prime minerali.* Istituto Editoriale Ticinese, Bellinzona: 217 pp.
- SIBBALD T.I.I. 1971. *The structural and metamorphic geology of the Val Piora region, Ticino, Switzerland.* Dissertazione, Imperial College London.
- STATUTO DEL PAESE DI LEVENTINA 1730. In: *Raccolta di statuti Leventina*, n. 15.5., Archivio di Stato del Cantone Ticino, Bellinzona.
- STEIGER R.H. 1962. *Petrographie und Geologie des südlichen Gotthardmassivs zwischen St. Gotthard und Lukmanierpass.* *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 42: 381-577.
- STUDER B. 1851. *Geologie der Schweiz - Erster Band.* Zürich: 485.
- VOLPERS R. 2000. *La geologia della galleria di base del San Gottardo, un caso speciale: la sacca della Piora.* In: R. Peduzzi (ed.): *Alpenforschung und Transversalen.* Publikationen der Schweiz. Akad. der Naturw. 8: 101-111.
- WABER N. 1986. *Mineralogie und Metamorphose in der nördlichen Lukmanier-Decke, Val Piora, Tessin.* Lavoro di diploma, università di Berna (inedito).
- WINTERHALTER R.U. 1957. *Kraftwerk Rütóm, Zuleitung der Garegna, Geologischer Schlussbericht.* Schweizerische Bundesbahnen. Deponiert beim Geologischen Landesamt (Archiv-Nr. 10794), swisstopo, Bern (rapporto inedito).

In preparazione:

- BIANCONI F., BEFFA F., STEIGER R.H., HASLER P., GÜNTHER A., BAUMER A. & HUBER C.W.: *Foglio 1252 Ambri-Piotta - Atlante geol. Svizzera 1:25'000*, Ufficio federale di topografia, Berna. Con notizie esplicative di F. BIANCONI.