

13.10.2016

# Piora – Lago di Cadagno – Ritom

Deutsch / English

**Natur- und Umweltführer**

***A guide to nature and environment***

**Koordination/Coordination: Raffaele  
Peduzzi, Walter Wildi**

**Beiträge / Contributions: Reiner Bachofen, Fabrizio  
Barudoni, Adriano Dolfini, Giorgio Guscetti, Valerio Jelmini,  
Enrico Krüsi, Jean-Luc Loizeau, Joëlle Massy, Yves Nardini,  
Raffaele Peduzzi, Sandro Peduzzi, Susanne Theodora  
Schmidt, Rodolphe Spichiger, Mauro Tonolla, Walter Wildi**

**Centro Biologia Alpina**

**2<sup>nd</sup> ed.**

(Photo: Delta der Murinascia in den Lago Ritom, bei abgesenktem  
Seespiegel, Frühjahr 2011 / *Murinascia river delta in the Lago  
Ritom, low lake level in spring 2011*)



# Piora – Lago di Cadagno –Ritom

## Natur- und Umweltführer/ *A guide to nature and environment*

### Autoren / *Authors*

Reiner Bachofen, Institut für Pflanzenbiologie, Universität Zürich

Fabrizio Barudoni, Leventina Turismo, Airolo

Adriano Dolfini, Corporazione Boggesi Piora, Quinto

Giorgio Guscelli, Corporazione Boggesi Piora, Quinto

Valerio Jelmini, sindaco di Quinto, Quinto

Enrico Krüsi, Funicolare Ritom, Quinto

Jean-Luc Loizeau, Institut F.A. Forel, Université de Genève

Joëlle Massy, DETA - Direction générale Nature et Paysage (DGNP), Genève

Yves Nardini, Onex

Raffaele Peduzzi\* (raffaele.peduzzi@cadagno.ch), Fondazione Centro Biologia Alpina, Quinto - Airolo

Sandro Peduzzi, Ufficio dei corsi d'acqua, Repubblica e Cantone Ticino, Bellinzona

Susanne Theodora Schmidt, Département des sciences de la Terre, Université de Genève

Rodolphe Spichiger, Conservatoire et Jardin botaniques, Ville de Genève

Mauro Tonolla, Laboratorio di Microbiologia Applicata (LMA-SUPSI), Bellinzona

Walter Wildi\* (Walter.Wildi@unige.ch), Institut F.A. Forel, Université de Genève

\* Kontaktpersonen/ Contact

© 2016: Fondazione Centro Biologia Alpina, Bellinzona, Internet: [www.cadagno.ch](http://www.cadagno.ch)

The manuscript of this guide has been checked by Georges Gorin and Susanne Theodora Schmidt.

## Inhaltsverzeichnis / Content

### Vorwort

#### 1. Einführung

##### 1.1 Val Piora und das Centro di Biologia Alpina (CBA)

##### 1.2 Geologie und Mineralogie

##### 1.3 Hydrologie und Hydrobiologie, Lago Ritom und Lago Cadagno

##### 1.4 Biologie: Flora und Fauna

##### 1.5 Alpe di Piora

##### 1.6 Umweltgeschichte

#### 2. Exkursionen

##### A. Lehrpfad Lago Ritom

##### B. Von der Alpe di Piora zum Lago di Tom

##### C. Von der Alpe di Piora zum Lago di Dentro

##### D. Von der Alpe di Piora über den Laghetto di Giübin nach Fontanella

### Vorwort

"Kein anderes Tal im Kanton Tessin genießt einen solchen Ruf und zieht so viele Besucher an, wie das Val Piora, das heute zu den bekanntesten Hochtälern Europas zählt." Mit diesen Worten beschreibt das Geographische Lexikon der Schweiz die Region im Jahr 1905. In der Tat, ist das Val Piora durch seine außergewöhnliche Geologie und Mineralogie, seine ehemaligen Gletscherseen, seine vielfältige Flora und seine Alpweiden, ein Paradies und eine ausgezeichnete Region für Forschung und naturkundliche Ausflüge. Das Tal ist aber auch ein wichtiger Durchgangsweg: Über den Passo dell'Uomo, den Passo Columbe und den Passo del Sole ist es möglich, den Lukmanierpass zu erreichen. Der Passo de Predelp verbindet mit der Leventina. Durch das Val Cadlimo gelangt man via Passo Bornengo zum Oberalppass, durch das Val Canaria via Unteralp- und Sellapass zum Gotthardpass.

Unter den zahlreichen Veröffentlichungen zu dieser Region, sind die im Rahmen des Hydrologischen Atlas der Schweiz veröffentlichten

### Foreword

#### 1. Introduction

##### 1.1 Val Piora and the Centro di Biologia Alpina (CBA)

##### 1.2 Geology and Mineralogy

##### 1.3 Hydrology and Hydrobiology, Lago Ritom and Lago Cadagno

##### 1.4 Biology: Flora and Fauna

##### 1.5 Alpe di Piora

##### 1.6 Environmental history

#### 2. Field trips

##### A. Didactic trail of Lago Ritom

##### B. From Alpe di Piora to Lago di Tom

##### C. From Alpe di Piora to Lago di Dentro

##### D. From Alpe di Piora to Laghetto di Giübin and Fontanella

### Foreword

*"No other valley in the Canton of Ticino enjoys such a reputation and attracts so many visitors as Val Piora, which is now one of the best known high alpine valleys in Europe." With these words, the Geographical Dictionary of Switzerland describes the region in 1905. In fact, with its geological and mineralogical diversity, its former glacial lakes, its diverse flora and its alpine meadows, the Val Piora is a paradise and an excellent area for research and natural history studies. But the valley is also an important transit route: when crossing the Passo dell'Uomo, the Passo Columbe and the Passo del Sole it is possible to reach the Lucomagno Pass. The Passo de Predelp connects to the Leventina. Val Cadlimo leads via the Passo Bornengo to the Oberalp Pass, and through the Val Canaria one gets to the Gotthard Pass via the Unteralp- and Sellapass .*

*Among the numerous publications dealing with this region, one has to mention the field guides published in the Hydrological Atlas of*

Führer und die anlässlich der Einweihung des Lehrpfads Ritom erstellten Broschüren zu erwähnen. Der vorliegende „Natur- und Umweltführer“ bietet grundlegende wissenschaftliche Informationen und schlägt zusätzlich zu den in den oben erwähnten Schriften beschriebenen Exkursionen ergänzende Routen vor, unter besonderer Berücksichtigung geologischer und mineralogischer Themen. Zahlreiche wissenschaftliche Publikationen sind in den Bibliographien aufgelistet. Davon können einige auf der Internetseite [www.cadagno.ch](http://www.cadagno.ch) studiert und heruntergeladen werden. Damit möchten wir Forscher und andere interessierte Besucher einladen, zu spezifischen Fragen auch einschlägige Fachliteratur beizuziehen.

## 1. Einführung

### 1.1 Val Piora und das *Centro di Biologia Alpina* (CBA)

Den vom Tal aufsteigenden Besucher erwartet auf der Höhe der Staumauer von Ritom eine grossartige, weite Berglandschaft, das Val Piora: der türkis-schimmernde Lago Ritom, die blumigen Alpwiesen und der Lärchen- und Arvenwald an den gegen Norden ausgerichteten Abhängen geben einen Eindruck dessen, was das Tal auf seinen 23 km<sup>2</sup> Oberfläche zu bieten hat. Dazu gehören, wenn man das Val Canaria, das Val Cadlimo und das Val Terme einschliesst, 21 Seen und Seelein, zahlreiche Bergbäche, Teiche und vielfältige Moore. Diese bieten dem Besucher, zusammen mit zahlreichen andern Sehenswürdigkeiten, viele interessante Ausflugsziele. Dank ihnen ist die Region seit Beginn des letzten Jahrhunderts ein privilegierter Ort für limnologische, hydrobiologische und geologische Studien. Dank den speziellen klimatischen Bedingungen, der Hydrologie und der kontrastreichen Geologie zeigt die Flora eine grosse Diversität, wie sie in der alpinen Umwelt nur selten anzutreffen ist.

Das Val Piora ist ein Ost – West verlaufendes Tal glazialen Ursprungs. Es erstreckt sich vom Gotthard zum Lukmanierpass. Diese Senke ist umgeben von imposanten Berggipfeln (Abb. 1 und 2): Punta Negra, Pizzo Taneda, Pizzo Corandoni und Schenadüi (2747 m) im Norden, Pizzo dell’Uomo und die weissen Felsklippen des Pizzo Columbe im Osten, die Bergkette die sich

*Switzerland and the guides published in relation with the didactic trail of Lago Ritom. The present “guide to nature and environment” provides basic scientific information and proposes, in addition to the excursions described in the documents mentioned above, additional routes, with special consideration to geological and mineralogical topics. Numerous scientific publications are listed in the bibliography. Some can be studied and downloaded on the internet site [www.cadagno.ch](http://www.cadagno.ch). We would also like to invite scientists and interested visitors to consult other relevant literature about specific issues.*

## 1. Introduction

### 1.1 Val Piora and the *Centro di Biologia Alpina* (CBA)

*Climbing from the Leventina valley to the Ritom dam, the visitor enjoys the view on the vast mountain landscape of Val Piora: the turquoise-shimmering Lago Ritom, the flowery alpine meadows on the southern slopes and larch and pine forest on the northern slopes offer an impression of the valley natural diversity. It covers an area of 23 km<sup>2</sup> and includes Val Canaria, Val Cadlimo and Val Terme, 21 lakes, numerous mountain streams, ponds, peat bogs and snow pools. Thanks to its natural diversity the region is a privileged place for limnological, hydrobiological and geological studies since the beginning of the last century. Also, the particular climatic conditions, the hydrology and contrasting geology have yielded a highly diverse flora, rarely observed in the alpine environment.*

*The Val Piora is an East - West extending valley of glacial origin. It stretches from the Gotthard Pass to the Lucomagno Pass. The valley is surrounded by imposing mountain peaks (figs. 1 and 2): Punta Negra, Pizzo Taneda, Pizzo Corandoni and Schenadüi (2747 m) in the north, Pizzo dell’Uomo and the white cliffs of Pizzo Columbe in the east, the mountain range from Forca Pass to Pizzo del Sole (2773 m) in the south and the Camoghè, Pizzo Tom and Pizzo Stabbiello in the west. Between the Bornengo Pass and the Piz Borel, and between Val Canaria and Val Cadlimo, the watershed separates*



vom Forca Pass zum Pizzo del Sole (2773 m) im Süden erstreckt und der Camoghè, der Pizzo Tom und der Pizzo Stabbiello im Westen. Zwischen dem Bornengo Pass und dem Piz Borel, zwischen Val Canaria und Val Cadlino, verläuft die Wasserscheide, die die Einzugsgebiete von Rhein und Po trennt. Die Feuchtgebiete sind weit verbreitet und von besonderem ökologischem Wert: Das Moor von „Cadagno di Fuori“, welches im „Bundesinventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und von nationaler Bedeutung“ unter der Nummer 2663 registriert ist, liegt im Westen des Lago di Cadagno. Es handelt sich um ein Naturarchiv, welches Dank seiner speziellen Lage wertvolle Informationen über die Dynamik verschiedener Pflanzenarten liefert (Zoller 1960). Die andern Moore nationaler Bedeutung sind jenes von Cadagno di Dentro (Objekt Nr. 2659), Pinett-Ritom (Objekt Nr. 2666) und Passo dell'Uomo (Objekt Nr. 2654).

Durch die Alpwirtschaft trägt der Menschen wesentlich zum Reiz der Landschaft bei, denn ungenutzte Alpen können langfristig zu einer Verarmung des Wieslandes führen. Die Alpe di Piora, mit ihrer Oberfläche von 3500 Hektaren, worunter 1000 Hektaren produktives Weideland sind, ist die grösste Alp im Kanton Tessin. Sie gehört gemäss altem Recht der Korporation der Boggese. Die Alpkäserei wurde im Jahr 2005 vollständig erneuert. Sie produziert jährlich im Mittel 3000 Laibe (23'000 kg) von ausgezeichnetem „Piora“ Alpkäse, der seinen Geschmack der hohen Qualität der Weiden und im Speziellen den aromatischen Kräutern verdankt.

**Abbildung 1:** Blick gegen Osten entlang der Talachse des Val Piora: Moorlandschaft von «Cadagno di Fuori», Lago di Cadagno und Alpe di Piora. Hinterste Kulisse, von rechts nach links: Pizzo Columbe, Pizzo dell'Uomo und Passo dell'Uomo.

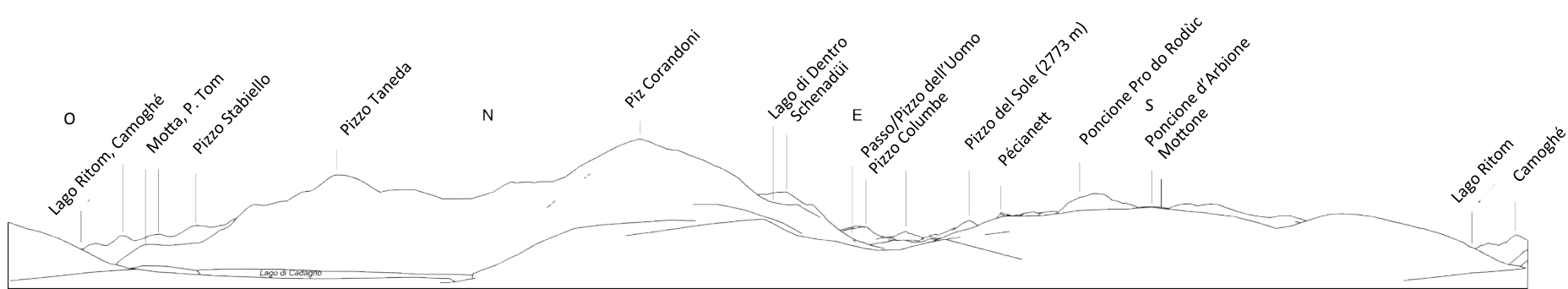
**Figure 1:** Looking towards the East along the valley axis of Val Piora: moorland of “Cadagno di Fuori”, Lake Cadagno and Alpe di Piora. Background, from right to left : Pizzo Columbe , Pizzo and Passo dell'Uomo.

*the catchment areas of the Rhine and Po. The wetlands are widely developed and of particular ecological value: the moor of "Cadagno di Fuori", which is registered in the "Federal Inventory of wetlands of special beauty and national importance" under number 2663, is located to the west of Lake Cadagno. Thanks to its location, it is a natural archive that provides interesting information about dynamics of various plant species (Zoller 1960). The other moors of national importance are those of Cadagno di Dentro (inventory no. 2659), Pinett-Ritom (no. 2666) and Passo dell'Uomo (no. 2654).*

*People contribute significantly to the charm of the landscape through the pasture activity, because unused alpine land can eventually lead to a depletion of meadow land. The Alpe di Piora, with its surface of 3500 hectares, of which 1000 hectares are productive pasture land, is the largest exploited alp in Canton Ticino. According to an old law it belongs to the corporation of the Boggese. The cheese dairy was completely renovated in 2005. It produces annually an average of 3'000 loaves (23'000 kg) of excellent "Piora" cheese which owes its taste to the high quality of the pastures and in particular their aromatic herbs.*







**Abbildung 2:** 360° Panorama vom Standort des Centro di Biologia Alpina (CBA, oben) und Perimeter des Val Piora (grüne Linie, unten); reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15003).

**Figure 2:** 360° panorama from the Centro di Biologia Alpina (CBA) and limits of the Val Piora watershed (green line); reproduced by permission of swisstopo (BA15003).

## Das Centro di Biologia Alpina (CBA)

Seit dem 19. Jahrhundert ist die Region des Val Piora Schauplatz zahlreicher wissenschaftlicher Forschungsarbeiten zu Themen der alpinen Umwelt. Ab 1980 lieferte eine neue Forschungstätigkeit um den Lago di Cadagno den Auslöser zur Schaffung eines eigentlichen Forschungszentrums, dessen Ziel es ist, Spezialisten und akademische Institutionen beherbergen zu können. Die Schaffung dieser Infrastruktur entsprach dem Wunsch des Kantons «zur Förderung einer konkreten Zusammenarbeit zwischen dem Kanton Tessin und den Schweizer Universitäten» (Botschaft 1989). Das Zentrum wurde im Jahr 1994 mit der Unterstützung der Universitäten Genf und Zürich eingeweiht.

Zur Schaffung des Zentrums stellte die Korporation der Boggesi di Piora für die Dauer von 50 Jahren zwei Gebäude aus dem sechzehnten Jahrhundert, sogenannte «Barcs» zur Verfügung. Dies war an die Bedingung gebunden, dass die Bauten für Ausbildungszwecke renoviert werden. Die Renovation wurde durch den Bund über den Fond für historische Bauten subventioniert. Auf 800 m<sup>2</sup> Grundfläche finden sich heute drei funktionell ausgerüstete Laboratorien, zwei kleine Hörsäle mit je etwa 26 Plätzen, zwei Unterkünfte mit Küche und eine Bibliothek, bzw. ein Archiv. Unter Einbezug der Räume im oberen Stock des Hauptgebäudes der Alp können nun 65 Personen gleichzeitig untergebracht werden.

Zwischen Mitte Juni und Ende September zählt das Zentrum im Durchschnitt 2300 Übernachtungen und 3000 Besucher. Die wichtigsten Aktivitäten sind Universitätskurse, Master- und Doktorarbeiten, gefolgt von Lehrveranstaltungen auf Mittelschulebene und anderen, nicht universitären Kursen. Die laufende Zunahme der Besucher durch ein breites Publikum weist auf ein wachsendes Interesse für Natur- und Umweltwissenschaften hin. Dies ist in Übereinstimmung mit den Zielen der Stiftung des CBA, welche neben universitärer Forschung und Unterricht auch die Förderung der „Aktivitäten zur Verbreitung des Wissens und andere Aufgaben im öffentlichen Interesse“ vorsehen. Zur Stärkung dieser Ziele besteht ein Projekt zur Schaffung eines Informationszentrums, zur Unterstützung des Unterrichtes und zur Präsentation von permanenten Ausstellungen zu den wesentlichen Themen, sowie ganz allgemein zur Unterstützung des Unterrichtes über die alpine Umwelt.

## The Centro di Biologia Alpina (CBA)

*Since the 19th century, the region of the Val Piora has been hosting scientific research on numerous topics related to the alpine environment. From 1980, a new research activity focused on Lake Cadagno has triggered the founding of a real research centre in order to accommodate specialists and academic institutions. The creation of this infrastructure corresponds to the request of the Canton "to promote cooperation between the canton of Ticino and the Swiss Universities" (Message 1989). The centre has been inaugurated in 1994 with the support of the Universities of Geneva and Zurich.*

*For the creation of CBA, the corporation of Boggesi di Piora have lent for a period of 50 years two buildings from the sixteenth century, the so-called "Barcs». This donation has been linked to the condition that the buildings would be renovated for educational purposes. This renovation has been subsidized by the federal government through the fund for historic buildings and by private foundations. On this built-up surface of 800 m<sup>2</sup>, there are now three well-equipped laboratories, two small classrooms with about 26 seats each, two accommodations with kitchen and a library and archive. The centre can host up to 65 people when using the rooms on the upper floor of the main building.*

*Between mid-June and the end of September, the centre counts on average between 2300 and 3000 visitor-nights. The main activities are university courses, master and doctoral theses, followed by courses at the secondary school level and other, non-university courses. The ongoing increase in attendance by the general public indicates a growing interest in natural and environmental sciences. This is in line with the objectives of the Foundation of the CBA, which are to promote "activities aimed at disseminating knowledge and other tasks in the public interest", in addition to university research and teaching. In order to strengthen these objectives, there is a project to create an information centre, support the teaching and present permanent collections about the main theme. More generally, the idea is to support teaching about the alpine environment.*



## Bibliographie / Bibliography



**Abbildungen 3a, b:** Feld- und Laborarbeit **(a)** im Moor von Cadagno di Fuori und **(b)** im Labor des Centro di Biologia Alpina (CBA).

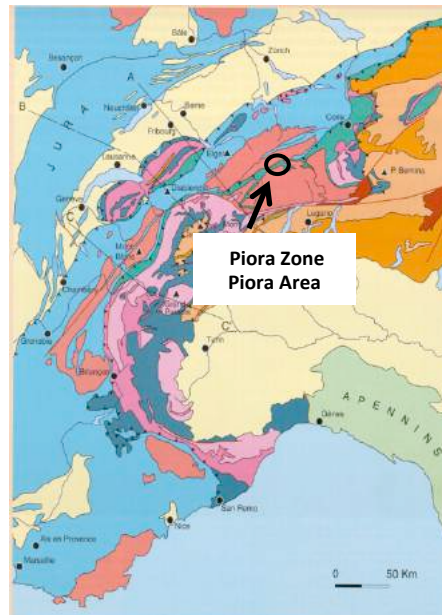
**Figure 3a, b:** Field- and laboratory work **(a)** in the wetlands of Cadagno di Fuori and **(b)** in the laboratory of the Centro di Biologia Alpina (CBA).

- AA.VV. 2009: Sentiero didattico Lago Ritom, © Funicolare Ritom SA, Quinto.
- Auguadri, A., Lucchini, G., Riva, A. & Testa, E. 1987: Funghi e boschi del Cantone Ticino vol. 4, ed. Credito Svizzero.
- Cotti, G., Felber M., Fossati, A., Lucchini, G., Steiger, E. & Zanon P.L. 1990: Introduzione al paesaggio naturale del Cantone Ticino, 1. Le componenti naturali, Dipartimento dell' Ambiente.
- Docenti S.E Viganello 1998: La regione del San Gottardo. Val Piora, Val Lucendo, Val Canaria, Istituto cantonale batteriosierologico, Centro didattico cantonale.
- Knoll-Heitz, F. 1987: Piora: concetto per la conservazione di un paesaggio, WWS Sezione Svizzera italiana.
- Peduzzi, R. 1993: Il nuovo Centro di Biologia Alpina di Piora, Memorie Società ticinese di scienze naturali, 4, 25-31.
- Peduzzi, R. 2003: Storia e bilancio del Centro di Biologia Alpina di Piora, Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali-91, 71-80.
- Peduzzi, R., Demarta, A., Peduzzi, S. & Tonolla, M. 2006: Il Centro Biologia Alpina di Piora (CBA), Rivista Dati, statistiche e società, n. 2, 143-152.
- Peduzzi, R., Bianconi, F. 2012: Biodiversità della val Piora. Risultati e prospettive delle Giornate della biodiversità. L'apporto di Piora alla storia delle scienze. Parte I - Storia della ricerca biologica e limnologica, Memorie della Società ticinese di scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale – vol. 11, 13-19.
- Peduzzi, S. (2011): La forza idrica Val Piora-Piotta, Atlante idrologico della Svizzera, Berna.
- Zoller, H. 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. - Denkschr. Schweiz. nat.forsch. Ges., 83, 45-156.



## 1.2 Geologie und Mineralogie

Aus geologischer Sicht liegt das Val Piora im unteren Teil des Deckengebirges der Zentralalpen. Während der Alpenbildung wurden die Gesteinsformationen unter dem Einfluss von Druck und Temperatur umgewandelt (Metamorphose) und sodann durch die Erosion an der Erdoberfläche wieder freigelegt (Abb. 4).



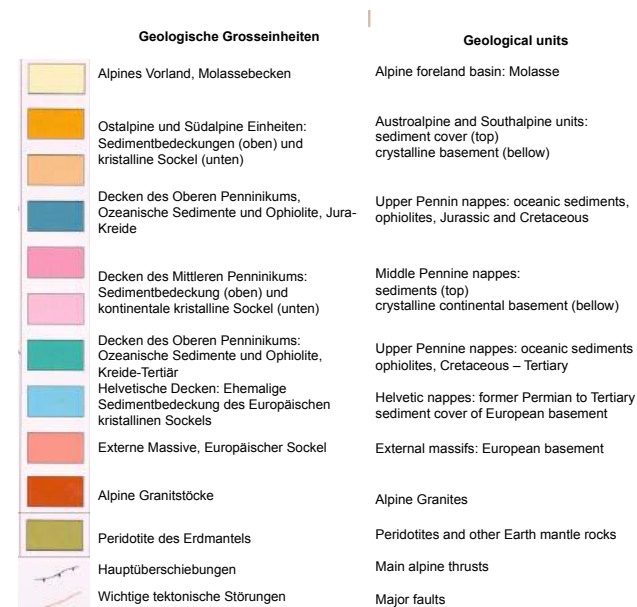
**Abbildung 4:** Vereinfachte tektonische Karte der Zentral- und Westalpen (Marthaler 2001) mit der Lage der Piora-Zone (© LEP Loisirs et Pédagogie SA, 2001).

In einem Nord-Süd Profil im Val Piora beobachtet man 3 tektonische Einheiten oder Deckenstapel, die während der alpinen Gebirgsbildung zusammengeschoben wurden (Abb. 5) :

- Im Norden ist das Tal durch das Relief der **St. Gotthard-Decke** begrenzt. Diese besteht hier aus alten, kristallinen Gesteinen, wie etwa Gneis, Granit und Glimmerschiefern. An den Bergflanken zum Val Piora beobachtet man v.a. Glimmerschiefer und Gneis mit Hornblende und Granat (Tremola-Serie), Zweiglimmer-Gneis und Amphibolite (Krige 1913-1916, Bianconi et al. 2014).

## 1.2. Geology and Mineralogy

*Tectonic units of the Val Piora (fig. 4) are located in the lower part of the Central Alps nappe stack. The rock formations of this geological compartment were buried during the Alpine orogeny under a thick pile of nappes and the mineralogical composition was modified under the influence of pressure and high temperatures (process called metamorphism). The*



**Figure 4:** Simplified tectonic map of the Central and Western Alps (Marthaler 2001) and location of the Piora-Zone (© LEP Loisirs et Pédagogie SA, 2001).

*transformed rock formations are now exposed at the Earth's surface because of uplift and erosion.*

*In Piora, three major tectonic units are exposed, from north to south (fig. 5):*

- *The morphology in the north is formed by the **St. Gotthard-Nappe**. This nappe consists of old crystalline rocks. Mica schists and gneiss with hornblende and garnet (Tremola-Formation), gneiss with two micas (muscovite and biotite) and amphibolites are exposed on the valley slopes (Krige 1913-1916, Bianconi et al. 2014).*

- Im Zentrum des Tals stehen metamorphe Gesteine an, welche durch die Umwandlung von Sedimentgesteinen aus der Zeit der Trias und des Jura entstanden. Diese **Piora-Zone (oder „Piora-Mulde“)** erstreckt sich im Osten bis zum Lukmanierpass und im Westen bis zum Nufenenpass. Folgende Gesteinsformationen können unterschieden werden:
  - Stgir-Formation (Alter: Unterer Jura): Kalkglimmerschiefer, quarzreicher Serizitmarmor, Granatschiefer, Disthen führender Glimmerschiefer.
  - Quarten-Formation (Alter: Obere Trias): Glimmerschiefer mit Einschaltungen von Quarziten und Dolomit, lokal mit Granat, Hornblende, Staurolith und Disthen.
  - Röti-Formation (Alter: Mittlere Trias): Weisse bis beigefarbene Dolomitmarmore. Diese können zu zuckerartigem, weissem Staub verwittern. Z.T. sind sie in Kalzit umgewandelt, sind brekziös oder löcherig (Rauhacke, „Cornieules“) und reich an Serizit.

Durch den Farbkontrast zwischen diesen weissen Gesteinen der Piora-Zone und den grauen Gesteinen der St. Gotthard-Decke kann die Grenze zwischen den beiden geologischen Einheiten mit Leichtigkeit im Feld erkannt werden. Im Osten ist das Val Piora durch die aufragenden Felsen des Pizzo Columbe (Dialekt: Campanitt / Glockenturm) begrenzt, dessen Gipfel wie weisse Pfeile in den Himmel ragen; es handelt sich um das ausgeprägteste Dolomitrelief im nördlichen Kanton Tessin (Abb. 1 und 2).

- Die **Lukmanier-Decke**, im Süden der Piora-Mulde gelegen, gehört zu den Penninischen Decken. Sie besteht lokal aus einer reichen Palette von kristallinen Gesteinstypen, vor allem Gneis und Glimmerschiefer, sowie Amphiboliten. Auf der geologischen Karte (Abb. 5) unterscheidet man:
  - Serizit - Quarzite der Mels-Formation (Alter: Permo-Trias).
  - Schiefer und Zwei-Glimmer-Paragneis, z.T. mit Granat, Staurolith und Disthen (Alter: Paläozoikum).
  - Porphyritische, granitische Gneise, z.T. stark geschiefert.

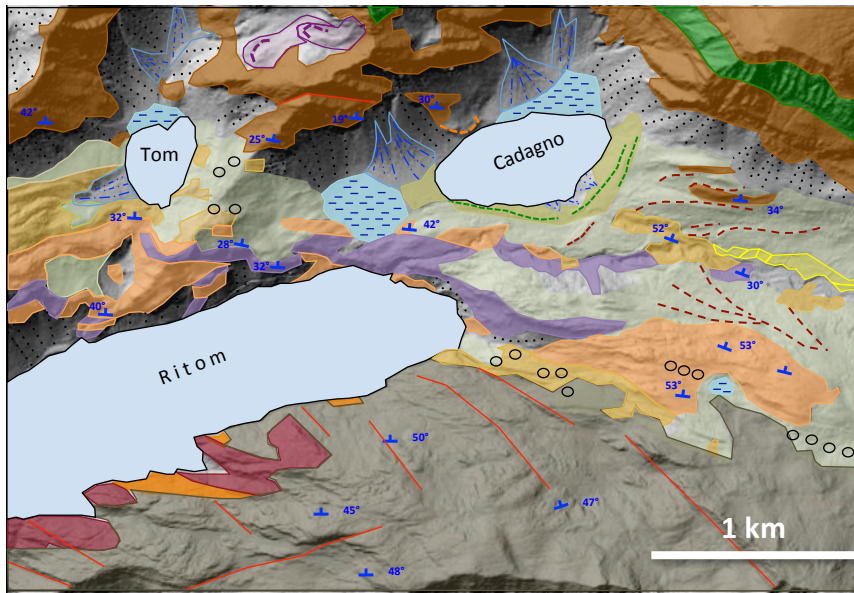
Die heutige geologische Struktur ist das Resultat der Alpenbildung (alpine Orogenese), während der die Gesteine mineralogisch umgebildet wurden (Metamorphose). Dieser Prozess geschah unter Bedingungen der Amphibolitfazies, bei einer Temperatur von ca. 560 °C, vor ca. 19 Mio Jahren, unter der Last der darüber liegenden alpinen Decken. Daraus entstanden Mineral-Vergesellschaftungen mit Granat, Amphibol, Staurolith und Disthen (sog. Amphibolit-Fazies).

- *The centre of the valley consists of metamorphic rocks, resulting from the transformation of sedimentary rocks of Triassic and Jurassic age. This **Piora-Zone** extends towards the east to the Lucomagno Pass and towards the west to the Nufenen Pass. The following rock formations can be distinguished:*
  - *Stgir-Formation (age: Early Jurassic): calcareous mica schists, quartz-rich marble with sericite, garnet schists, mica schists with kyanite.*
  - *Quartenschiefer-Formation (age: Late Triassic): mica schists with intercalations of quartzite and dolomite, locally with garnet, hornblende, staurolite and kyanite.*
  - *Röti-Formation (age: Middle Triassic): white to beige dolomitic marbles. These may weather to sugar-like, white sand. They are partly transformed into calcite; some are brecciated or porous (Rauhacke, "Cornieules") and rich in sericite.*

*Because of the colour contrast between the white rocks of the Piora-Zone and the grey rocks of the St. Gotthard-Nappe, the boundary between the two geological units can be easily recognized in the field. In the east, the Val Piora is limited by the cliffs of Pizzo Columbe, with peaks rising like white arrows in the sky (dialect Campanitt / bell tower). This is the most pronounced dolomite morphology in the northern part of Canton Ticino (figs. 1 and 2).*

- *The **Lucomagno-Nappe**, located in the South of the Piora-Zone, belongs to the Pennine nappes. It consists locally of a variety of crystalline rocks, mainly gneisses, mica schists and amphibolites. The geological map (fig. 5) shows the following lithologies:*
  - *Sericite - quartzites of the Mels-Formation (Age: Permo-Triassic).*
  - *Schists and two-mica paragneiss, p.p. with garnet, staurolite and kyanite (age: Palaeozoic).*
  - *Porphyritic, granitic gneisses, p.p. with a strong schistosity (age: Permo-Carboniferous).*

*Today's geological structure is the result of the Alpine orogeny during which the rocks were transformed mineralogically (metamorphism). This process happened within the stack of alpine nappes at temperature of ca. 560 °C, ca. 19 Mio years ago. The mineral associations contain garnet, amphibole, staurolite and kyanite (so-called "amphibolite facies").*



**Abbildung 5:** Geologisches Modell des Val Piora. Relief reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15003), Geologie: Vereinfacht nach Bianconi et al. (2014), ohne tektonische Grenzen.

#### Gotthard-Decke

- Glimmerschiefer und -gneis mit Hornblende und Granat, Tremola-Serie
- Amphibolit

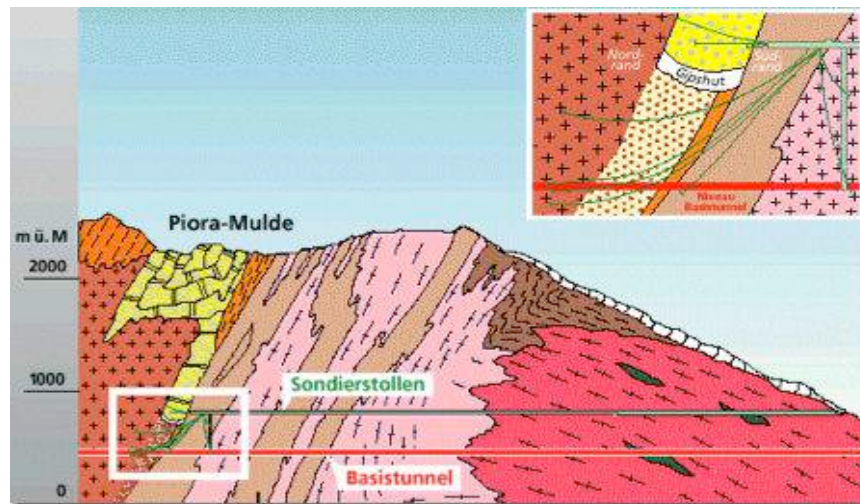
#### Piora-Zone

- Kalkglimmerschiefer, quarzreicher Serizitmarmor, Granat-schiefer, Disthen führender Glimmerschiefer: Stgir-Formation, Unterer Jura
- Glimmerschiefer mit Einschaltungen von Quarziten und Dolomit; lokal mit Granat, Hornblende, Staurolith und Disthen: Quartenschiefer-Formation, Obere Trias
- Weisse bis beigefarbene Dolomitmarmore, z.T. zuckerförmig verwittert, z.T. zu Kalk umgewandelt, brekziös oder löcherig (vakuolär) und reich an Serizit: Röti-Formation, Mittlere Trias.

#### Lukmanier-Decke

- Die Serizit - Quarzite der Mels-Formation, Permo-Trias
- Schiefer und Zwei-Glimmer Paragneis, z.T. mit Granat, Staurolith und Disthen, Paläozoikum
- Porphyritische, granitische Gneise, z.T. stark geschiefert, Karbon - Perm

- Fluviale Terrassen, Spät- und Postglazial
- Sumpf und temporär überschwemmte Gebiete (Laghetto di Giubin)
- Doline oder Gruppe von Dolinen
- Hangschutt-Kegel, Lawinen
- Hangschutt, Hangschuttschleier
- p.s.: Hangschutt vermischt mit Moräne tragen keine Signatur
- Bachschuttkegel, Murgang- und Bachschutt, z.T. Lawinen Ablagerungen
- Fossiler Blockgletscher
- Späteiszeitliche Moräne, (Dryas III?), Moränenwall
- Eiszeitliche Moräne (Würm), Moränenwall



**Abbildung 6:** Geologisches Profil durch die Pioramulde im Querschnitt des Eisenbahnbasistunnels (Broschüre Alptransit).

**Figure 6:** Geological cross-section of the Piora - Zone in the railway tunnel transect.

**Figure 5:** Geological model of Val Piora (reproduced by permission of swisstopo (BA15003); simplified after Bianconi et al. (2014), without tectonic limits.

#### Gotthard-Nappe

- Mica schists and gneiss with hornblende and garnet (Tremola-Formation)
- Amphibolite

#### Piora-Zone

- Calcareous mica schists, quartz rich marble with sericite, garnet schists, kyanite leading mica schist: Stgir-Formation (age: Lower Jurassic)
- Mica schists with intercalations of quartzites and dolomite, locally with garnet, hornblende, staurolite and kyanite: Quartenschiefer-Formation (age: Upper Triassic)
- White to beige dolomitic marbles. These may weather to sugar-like, white sand, partly transformed into calcite; some are brecciated or porous (Rauhacke, "Cornieules") and rich in sericite: Röti-Formation (Age: Middle Triassic)

#### Lucomagno-Nappe

- Sericite - quartzites of the Mels-Formation (age: Permo-Triassic)
- Schists and two-mica paragneis, p.p. with garnet, staurolite and kyanite (age: Paleozoic)
- Porphyritic, granitic gneisses, p.p. with a strong schistosity (age: Permo-Carboniferous)

- Fluvial terraces, Late- and Postglacial
- Wetland and temporary flooded areas (Laghetto di Giubin)
- Sinkhole or group of sinkholes
- Fan of slope deposits, avalanche deposits
- Scree, veil of slope deposits
- River deposit fan, debris-flows, partly mixed with avalanche deposits
- Rock glacier
- Late glacial maraine, (Dryas III?), moraine ridge
- Glacial moraine (Würm), moraine ridge



Dank der Vielfalt an Mineralien wurde die Zone von Piora seit dem 18. Jahrhundert zu einem Wallfahrtsort für Geologen und Mineralogen.

Das Relief wurde im Verlaufe der Eiszeiten geformt, als mächtige Gletscher die heutige Leventina und das ganze alpine Gebirge bedeckten. Ein Ast des Lukmaniergletschers und verschiedene lokale Gletscher schufen das Val Piora. Beim Rückzug der Gletscher, ab etwa 20'000 Jahren, und am Ende der Dryas-Kaltzeit (ca. 12'700 bis 11'800 Jahre), bildeten sich zahlreiche Seen, entstanden durch Gletschererosion oder aufgestaut durch Moränenwälle. Beispielfhaft können der Lago di Cadagno, der Lago di Tom, der Lago di Dentro oder der Lago Ritom vor dem Bau der Staumauer erwähnt werden.

Die Geologie der Piora-Zone erhielt anlässlich der Planung und des Baus der „Alptransit“, d.h. des Eisenbahnbasistunnels durch den Gotthard eine besondere Aufmerksamkeit. Geologen und Ingenieure fürchteten insbesondere, dass bei der Querung der „Synklinale“ (Abb. 6) Dolomite, Rauhacken („Cornieules“) und zuckerförmiger, nicht verfestigter Dolomit zu erwarten wäre, wie er an der Oberfläche auftritt. Dies hätte den Durchstich stark erschwert und verteuert. Schlussendlich lag der Dolomit im Tunnelquerschnitt aber glücklicherweise als fester Fels vor.

Ein eher seltenes Phänomen in den Zentralalpen ist der Karst (Abb. 7), der hier gebunden an die Dolomite auftritt: Die Karbonatgesteine erlauben die Infiltration des Oberflächenwassers. Dabei wird Gestein entlang von Klüften weg gelöst, sodass sich im Untergrund Kavernen bilden. Morphologisch äussert sich der Karst durch zahlreiche Lösungstrichter (Dolinen), welche man im Val Piora entlang der Talachse findet (Abb.5).



*Because of the wide variety of minerals, the Piora-Zone has become a pilgrimage site for geologists and mineralogists since the 18th century.*

*The landscape of the valley was formed during the ice ages, when alpine glaciers covered the Leventina valley and the whole alpine mountain ranges. A branch of the Lucomagno Glacier and various local glaciers modelled Val Piora. When the glaciers retreated, from about 20'000 years ago, and also at the end of the Dryas cold period (at about 12'700 to 11'800 years ago), numerous lakes were formed through glacial erosion or were dammed by moraine ridges, such as Lago di Cadagno, Lago di Tom, Lago di Dentro and Lago Ritom (the natural lake which existed before the dam construction).*

*The geology of the Piora - Zone received special attention on the occasion of the planning and construction of "Alptransit", the railway base tunnel through the St. Gotthard. Geologists and engineers feared in particular that the tunnel would cross (fig. 6) "sugar dolomite" (highly mobile, unconsolidated dolomite sand), as it occurs at the surface. This would have caused huge difficulties for the digging of the tunnel, as well as raise the costs for its construction. However, finally, the dolomite encountered in the tunnel cross-section was most fortunately formed by solid rocks.*

*Karst is a rather rare phenomenon in the Central Alps (fig. 7 ). In the Piora-Zone it is linked to carbonate rocks, mainly dolomites: these rocks allow the infiltration of surface water. Along the fractures and through the permeable rock network, limestones and dolomites are dissolved and caverns are formed. Morphologically, karst is expressed by sinkholes, which follow the valley axis of Val Piora ( fig. 5).*

**Abbildung 7:** Karst, grosse Doline in der Karbonatzone von Calderoni di Piora (Koordinaten: 699 520/155 390).

**Figure 7:** Karst, sinkhole in the carbonate rocks of Calderoni di Piora (Swiss coordinates: 699 520/155 390).

## Gesteine und Mineralien der Piora-Zone

Die häufigsten, typischsten und am leichtesten erkennbaren Gesteine werden hier mit Fotos von Aufschlüssen, Dünnschliffbeschreibungen unter dem Mikroskop und mit ihrer chemischen Zusammensetzung beschrieben. Alle Gesteine der Piora-Zone wurden während der Alpenfaltung auf etwa 560 °C erhitzt. Dabei wurden sie umgewandelt (Metamorphose), und neue Mineralien bildeten sich in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung der Gesteine. Zum Beispiel können Mineralien wie Granat, Staurolith und Disthen nur in Gesteinen gebildet werden, die Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) enthalten. Die Zusammensetzung des Gesteins beeinflusst auch die Zusammensetzung und damit die Fruchtbarkeit des Bodens (siehe nächstes Kapitel: "Böden").

### Gesteine der St. Gotthard-Decke

Die Gotthard-Decke ist ein erhalten gebliebenes Teil eines alten Kontinents, der bereits vor der Alpenbildung eine lange Geschichte hinter sich hatte. Wir unterscheiden alte kontinentale Kruste und Sedimentgesteine, die die Kruste bedecken. Das älteste Gestein, der sogenannte Scorescia Gneis, entstand durch die Umwandlung eines 410 Millionen Jahre alten Granits, der anlässlich der Kaledonischen Orogenese (Gebirgsbildung) in der Erdkruste erstarrte. Eine zweite magmatische Phase (Bildung von Graniten) ist mit der sogenannten Variszischen Orogenese vor ca. 300 Mio Jahren verbunden.

Gebirgsbildung und die Alpine Metamorphose schlossen vor ca. 19 Mio Jahren die Geschichte der Mineralneubildungen ab.

Zwei Lithologien sind von besonderem Interesse: Hornblende-Garbenschiefer, mit oder ohne Granat (Abb. 8) und Augengneis (Abb.9). Die Hornblendeschiefer mit Granat enthalten z.T. grosse, nadelförmig ausgebildete Hornblende Kristalle und grosse, makroskopisch erkennbare Granatkristalle in einer feinkörnigen Matrix von Muskovit, Biotit, Quarz und Feldspath. Diese Gesteine haben hohe Konzentrationen von  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; sie sind vermutlich sedimentären Ursprungs.

## Rocks and minerals from the Piora-Zone

*The most frequent, most typical and most easily recognized rocks are described here through outcrop photos, with the support of thin sections observed under the microscope and through their chemical composition. All the rocks in the Piora-Zone experienced temperature of up to 560°C during the alpine folding. As a consequence, their mineral composition was modified and new minerals formed by metamorphism, depending on the chemical composition of the rocks. For example, minerals such as garnet, staurolite and kyanite were formed only in rocks containing silica ( $\text{SiO}_2$ ). The rock chemical composition also influences the soil composition and consequently its fertility (see next chapter on "Soils").*

### Rocks of the St. Gotthard-Nappe

*The St. Gotthard-Nappe originates from the old European continental crust which had already undergone a long geological history before the Alpine folding. We distinguish the ancient continental basement made mainly of gneiss from sedimentary rocks of marine origin which cover this continental basement. The oldest rocks, the so-called Scorescia gneiss, stem from the transformation of granite rocks formed approx. 410 Mio years ago, during the "Caledonian" orogeny. A second magmatic phase (formation of granites) is linked to the orogeny called "Variscan", approximately 300 Mio years ago.*

*The Alpine orogeny and metamorphism, at about 19 million years ago in this area, ended this story of mineral transformations.*

*Two lithologies are particularly interesting: schists with fan-shaped hornblende minerals, with or without garnet (fig. 8 ) and augengneiss (fig. 9). Hornblende schists with garnet contain long hornblende crystals and big, macroscopically recognizable garnet crystals in a fine grained matrix of muscovite, biotite, quartz and feldspar. These rocks of sedimentary origin, are characterized by high concentrations of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .*

Die Gesteinsprobe in Abb. 8 gehört zu den Hornblende-Garbenschiefeln, mit Granat. Die Probe in Abb. 9 enthält Aktinolith als Varietät von Amphibol und hellen Glimmer (Muskovit). Die gezeigten Proben wurden auf dem Schwemmkegel nordwestlich des Weilers Cadagno gesammelt (Koordinaten 696 825/156 172, siehe auch B6 in Exkursion B). Muskovit verwittert leichter als Amphibol, welches ein positives Relief an der Gesteinsoberfläche bildet. Dieses Gestein war sedimentären Ursprungs, bevor es durch die Alpine Metamorphose zu einem Gestein der sog. Amphibolitfazies wurde.



Oxides	wt%
SiO <sub>2</sub>	61.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.7
MgO	2.2
CaO	2.4
Na <sub>2</sub> O	1.7
K <sub>2</sub> O	2.2
Perte au feu	1.9



**Abbildung 9:** Aktinolith-Schiefer mit Muskovit als Matrix. Gesteinsprobe aus der Vitrine des CBA.

**Figure 9:** Actinolite schist with muscovite (matrix). Rock sample form the CBA exposition.

Die wichtigsten Gesteine, die den alten kontinentalen Sockel charakterisieren, sind Augengneise, die Granat führen können. Sie belegen auch die magmatische Geschichte der alten kontinentalen Kruste der St. Gotthard - Decke (Abb. 10). Im Westen des Lago di Dentro beobachtet man Pegmatite (granitische Gesteine mit großen Kristallen), die Quarz, Feldspat, Glimmer und kleine Turmalinkristalle führen (Abb. 10).

The rock sample in figure 8 is hornblende schist with garnet and amphiboles sheaves. The specimen in figure 9 contains actinolite as a variety of amphibole and muscovite (white mica). The illustrated specimens were collected on the alluvial fan northwest of the Cadagno hamlet (coordinates 696 825/156 172 , see also stop B6 below). Muskovite weathers more easily than amphibole, which forms a positive relief on the rock surface. This rock has a sedimentary origin, before its transformation by metamorphism.

**Abbildung 8 (links):** Hornblende-Garbenschiefer mit Granat der St Gotthard-Decke (Koordinaten 694 356/156 460). Ein ähnliches Handstück ist in der Vitrine des CBA ausgestellt.

**Figure 8 (left):** Hornblende schist with fan-shaped hornblende and garnet of the St. Gotthard-Nappe (coordinates 694 356/156 460). A similar sample is exposed in the CBA.



**Abbildung 10a:** Augengneiss der St Gotthard-Decke (Koordinaten 699 262/156317); **b:** Orthogneiss (metamorpher Granit) mit einem Pegmatitgang (Pfeile; Koordinaten 699 258/156 850).

**Figure 10:** Augengneiss of the St. Gotthard-Nappe (coordinates 699 258/156 850); **b:** orthogneiss (metamorphosed granite) with a pegmatite vein (699 258/156 850).

The main lithology of the old continental basement is augengneiss which may contain garnet. This so-called orthogneiss (granites before their transformation into gneiss, fig. 10) illustrates the magmatic history of the St. Gotthard-Nappe. To the West of Lago di Dentro, pegmatites (rocks of magmatic origin, with large crystals) containing quartz , feldspar, mica and small tourmaline crystals.



Die Zusammensetzung des Gneises kann sehr unterschiedlich sein. Der Protolith (Ausgangsgestein vor der metamorphen Umwandlung) kann magmatischen, metamorphen oder sedimentären Ursprungs sein. Wenn es sich beim Protolithen um einen Granit mit großen Feldspatkristallen handelte, so konnte daraus während der Metamorphose ein Augengneis entstehen. Dieses Gestein wird als Orthogneis bezeichnet. Gneis sedimentären Ursprungs, beispielsweise aus einem Ton-reichen Sandstein entstanden, wird als Paragneis bezeichnet. Der Gehalt an Spurenelementen wie z.B. Barium oder Strontium, oder auch die Seltenen Erden wie Europium, Lanthan, Cerium und Yttrium können einen Hinweis auf die Herkunft des Protolithen geben.

### **Gesteine der Piora-Zone**

Drei Lithologien der Piora-Zone werden vorgestellt: Schwarze Granatschiefer der Stgir-Formation (Unterer Jura), zuckerkörniger Dolomit (Mitteltrias) und Staurolith-Schiefer mit oder ohne Granat (Quarten – Formation, Obere Trias). Die schwarzen Granatschiefer (Abb. 11) stehen an der Straße unterhalb der San Carlo Kapelle an (Exkursion A, Punkt A10). Auf Grund vieler kleiner Einschlüsse erscheinen die Granate schwarz. Die Gesteinsmatrix enthält Glimmer und organisches Material, welches für die schwarze Farbe verantwortlich ist. Die Zusammensetzung des Gesteins zeigt hohe Werte an  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{CaO}$ . Der hohe Glühverlust (*perte au feu*) erklärt sich durch den Gehalt an Glimmer und v.a. an organischem Material. In Dünnschliffen (= geschliffene und polierte, transparente Gesteinslamelle einer Dicke von 30  $\mu\text{m}$ ) findet man unter dem Mikroskop Spuren fossiler Seeigel. Diese waren in den Meeren bereits im späten Ordovizium (vor 460 Mio Jahren) bekannt. Sie weisen eine harte Schale mit "Knöpfen" auf und sind mit Stacheln bedeckt. In Abb. 12 ist ein Seeigel mit harter Schale und Stacheln sichtbar. Dieses Fossil, welches während der Alpenbildung einer Temperatur von 560 °C ausgesetzt war, ist überraschend gut erhalten.

*The composition of the gneiss can be very variable. The protolith (the original rock before its metamorphic transformation) may be of magmatic, metamorphic or sedimentary origin. If the protolith was a granite with large crystals of feldspar, it may have turned into an augengneiss during a metamorphic event. This rock is then called orthogneiss. Gneiss of sedimentary origin, e.g. derived from a clay-bearing sandstone is called paragneiss. The amount of trace elements such as barium, strontium or rare earth elements such as Europium, Lanthanum, Cerium or Yttrium may give an indication of the origin of the protolith.*

### **Rocks of the Piora-Zone**

*Three lithologies of the Piora-Zone are presented: black schists with garnet of the Stgir-Formation (Lower Jurassic), sugar-like dolomites (Middle Triassic) and staurolite schists with or without garnet (Quarten-Formation, Upper Triassic).*

*The black schists with garnet (fig. 11) occur along the road below the San Carlo Chapel (excursion A, point A10). Garnets are black because of many inclusions. The rock matrix contains mica and organic material, which is responsible for the black colour of the rock as a whole.*

*The composition of the rock shows high values in  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{CaO}$ . The high loss on ignition is related to mica and high organic matter content. When examining a thin section (= cut and polished transparent rock section ca. 30  $\mu\text{m}$  thick) under the microscope, one finds traces of fossil echinoids including urchins. These echinoids are present in marine environments from the Late Ordovician period (from 460 million years ago until now). They have a hard shell covered with "buttons" which carry spines. Figure 12 presents an echinoid with the hard shell and spines. This fossil, heated to 560 °C during the Alpine orogeny, is surprisingly well preserved.*



Oxides	wt%
SiO <sub>2</sub>	59.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.6
MgO	2.3
CaO	6.35
Na <sub>2</sub> O	0.8
K <sub>2</sub> O	2.1
Perte au feu	3.4

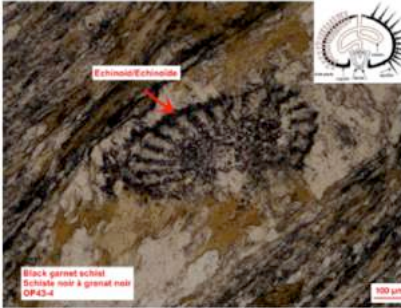
**Abbildung 11:** Schwarze Granatschiefer der Piora-Zone. Die schwarzen Flecken entsprechen Granatkristallen mit zahlreichen Einschlüssen (Aufschluss nahe der San Carlo Kapelle, Koordinaten 696 760/155 800); chemische Analyse einer Gesteinsprobe. „Perte au feu“ = Glühverlust.

**Figure 11:** Black schists with garnet of the Piora-Zone. The black stains correspond to garnet crystals with small inclusions (outcrop close to the San Carlo chapel, coordinates 696 760/155 800); chemical analysis. “Perte au feu” = loss on ignition.

**Zuckerkörniger Dolomit** kann entlang der Ost-West-Achse der Piora-Zone, z.B. im Bachbett der Murinascia Grande beobachtet werden (Exkursion B, Punkt B9), ebenso wie im Osten des Lago Ritom (Punkt A8). Auf den weichen Geländeformen entwickelt sich eine spezielle, den karbonatischen Böden angepasste Vegetation (siehe Kapitel 1.4).



Oxides	wt%
SiO <sub>2</sub>	4.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5
MgO	18.4
CaO	31.2
Na <sub>2</sub> O	0.1
K <sub>2</sub> O	0.3
Perte au feu	43.6



**Abbildung 12:** Seeigel in den schwarzen Granatschiefern (rechts: Schema eines Seeigels, Echinus, <http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/time/Fossilfocus/echinoid.html>) und aktueller Seeigel (<http://gentilrequin.free.fr>).

**Figure 12:** Echinoid in black schists with garnet (upper right handside of picture: schematic presentation <http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/time/Fossilfocus/echinoid.html>); modern echinoid (<http://gentilrequin.free.fr>).

**Sugar-like dolomites** occur along the east-west axis of the Piora Zone, e.g., in the river valley of the Murinascia Grande (excursion B, point B9), as well as East of Lago Ritom (point A8). A particular vegetation, adapted to carbonate soils characterizes the soft morphologies (chapter 1.4).

**Abbildung 13:** Dolomit am Weg zum Passo dell Uomo (Koordinaten 701 408/155 650). Die chemische Analyse ergibt hohe Gehalte an MgO und CaO und einen hohen Glühverlust (*perte au feu*), der in Form von CO<sub>2</sub> bei der Veraschung von Dolomit frei wird.

**Figure 13:** Dolomite along the path to Passo dell Uomo (coordinates 701 408/155 650). Chemical analysis reveals very high values in CaO and MgO and a high value of loss on ignition (“perte au feu”) which represents mainly CO<sub>2</sub> liberated during the ignition of the dolomite.

**Staurolith-Schiefer**, mit oder ohne Granat und Disthen (Abb. 14) steht am Weg zum Mottone an (Koordinaten 698 325/155 250, Ausflug D unten). Die Verwitterung hebt die großen Staurolithkristalle als Oberflächenrelief hervor. Auf der Gesteinsoberfläche können zahlreiche Zwillinge in der Kreuzform beobachtet werden (St. André Zwillings, Abb. 15). Die Zusammensetzung des Gesteins zeigt einen hohen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt, ein Merkmal für sedimentäre Tongesteine.

Das Gestein ist reich an Glimmer und ist tektonisch intensiv gefaltet (Abb. 15a). Die Probe der Abb. 15b ist in der Vitrine des CBA ausgestellt.



Oxides	wt%
$\text{SiO}_2$	49.5
$\text{Al}_2\text{O}_3$	32.9
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	6.4
MgO	1.3
CaO	0.8
$\text{Na}_2\text{O}$	2.2
$\text{K}_2\text{O}$	2.4
Perte au feu	2.0

**Staurolite schist** with or without garnet and kyanite (fig. 14) is exposed along the path to Mottone (coordinates 698 325/155 250 excursion D below). The weathering highlights the large crystals of staurolite as surface reliefs. By studying such a surface, twins in St. André cross-shape can be observed (fig. 15). The composition of the rock shows a high  $\text{Al}_2\text{O}_3$  content, a characteristic of sedimentary clays.

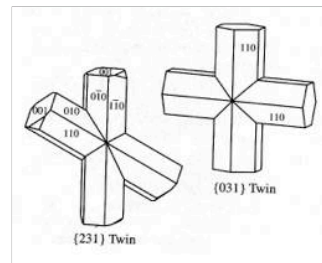
This rock is rich in mica and is easily deformed by intense folding (fig. 15a). The sample of figure 15b is exposed in the CBA showcase.

**Abbildung 14:** Staurolith-Schiefer mit oder ohne Granat und Disthen (Koordinaten: 698 325/155 250). Die chemische Zusammensetzung wird dominiert durch  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (32.9%), eine Voraussetzung für die Bildung von Staurolith bei entsprechenden Druck- und Temperaturbedingungen, so wie sie in der Piora-Zone während der Alpenfaltung herrschten. „Perte au feu“ = Glühverlust.

**Figure 14:** Staurolite schist with or without garnet and kyanite (coordinates: 698 325/155 250). The chemical composition is dominated by  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (32.9%). This is a basic condition for the formation of staurolite, as well as appropriate pressure and temperature conditions, such as they were during the Alpine orogenesis. “Perte au feu” = loss on ignition.

**Abbildung 15a:** Fein verfalteter Staurolith-Schiefer; **b:** polierte Gesteinsprobe mit Falten. (Die Probe ist in der Vitrine des CBA ausgestellt). Staurolith zeigt oft Zwillingsbildung nach dem Gesetz von St. André mit einem Winkel von  $60^\circ$  oder als griechisches Kreuz ( $90^\circ$  und gleichlange Arme). Der Name bedeutet „Steinkreuz“ von griechisch „stauros“ = Kreuz und „lithos“=Gestein.

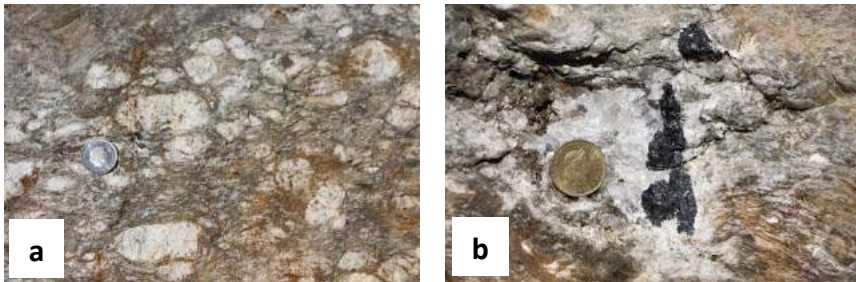
**Figure 15a:** Folded Staurolite schist; **b:** polished sample with folds (this sample is exposed at the CBA). Staurolite minerals often show twins with angles of  $60^\circ$  or  $90^\circ$ . The name means „cross stone“ (greek „stauros“ = cross, „lithos“ = stone).





## Gesteine der Lukmanier-Decke

Zwei Gesteinstypen charakterisieren die Lukmanier-Decke: Einerseits Augengneis mit schwarzem Turmalin («Schörl»), wie er etwa auf der Südseite des Lago Ritom, entlang dem didaktischen Lehrpfad aufgeschlossen ist (Abb. 17). Andererseits Schiefer und Gneis mit Granat, Muskovit und Biotit, den man beispielsweise im Bachbett des Costa di Giübin antrifft (Koordinaten 698 340/154 450). Dieses Gestein enthält grosse Granat- und Muskovitkristalle (Porphyroblasten (=grosse Kristalle), die sich während der alpinen Metamorphose bildeten. Dies wird durch die Dünnschlifffoto (polarisiertes Licht) in Abbildung 17b illustriert.



**Abbildung 16a:** Augengneis der Lukmanier-Decke (Koordinaten: 696 018/154 880). **b:** Gneis mit Turmalin der Lukmanier-Decke (Koordinaten 696 028/154 810).

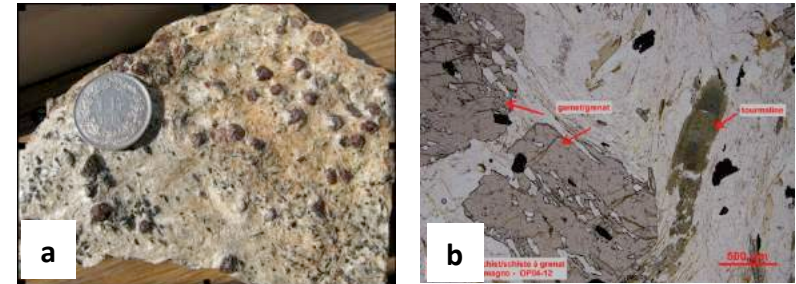
**Figure 16a:** Augengneiss of the Lucomagno-Nappe (coordinates: 696 018/154 880). **b:** Gneiss with tourmaline of the Lucomagno-Nappe (coordinates: 696 028/154 810).

## Zeugen der Gesteinsdeformation und Richtung der tektonischen Bewegung

Während der alpinen Gebirgsbildung überlagerten Subduktion und Kollision Gesteinsstapel kontinentalen und ozeanischen Ursprungs und versenkten diese bei hohen Temperaturen und Druck in über 50 km Tiefe unter der Erdoberfläche. Dadurch wurden Gesteinskomponenten instabil und mussten sich den neuen Bedingungen anpassen. Es bildeten sich namentlich neue, bei diesen Bedingungen stabile Mineralien wie Granat, Staurolith oder Disthen. Durch die Bewegungen wurden die duktilen (plastischen) Gesteine durch Verfaltung und Verschieferung verformt.

## Rocks of the Lucomagno-Nappe

Two types of rocks are characteristic of the Lucomagno – Nappe: on one hand an augengneiss with black tourmaline (“Schörl”), as it is found in outcrops along the southern shore of Lago Ritom, along the didactic trail. On the other hand, a gneiss and schist with garnet, muscovite and biotite which is found for example in the river bed of the Costa di Giübin (coordinates 698 340/154 450). This rock contains large garnet and muscovite crystals (porphyroblast = big crystals) formed during a metamorphic event. This is shown by the thin section photograph (polarized light) in figure 17b.



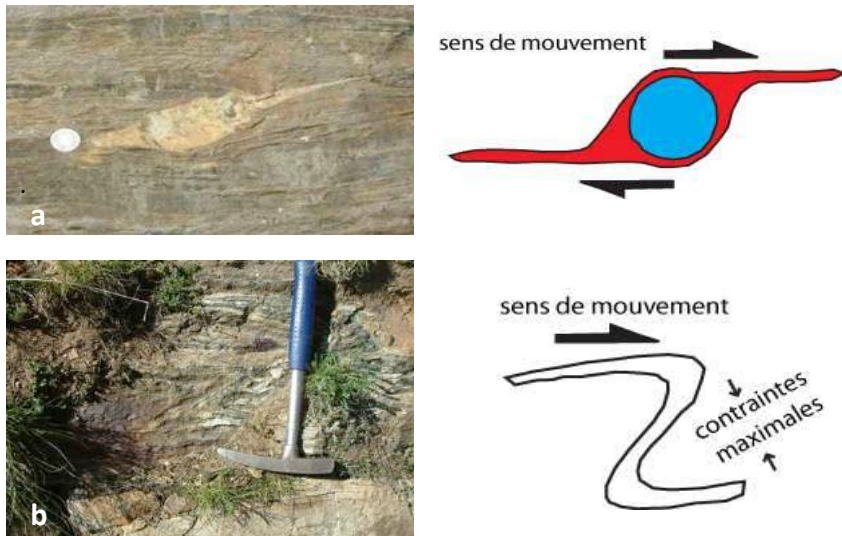
**Abbildung 17a:** Gesteinsprobe von Schiefer mit Granat, Muskovit und Biotit. **b:** Dünnschlifffoto (polarisiertes Licht) desselben Gesteins wie 17a, mit Granat und Turmalin in einer Matrix von Muskovit und Quarz.

**Figure 17a :** Sample of schist with muscovite, garnet and biotite; **b:** image of a thin section of this rock observed under the microscope (polarised light) with garnet and tourmaline in a matrix of muscovite and quartz.

## Witnesses of rock deformation and direction of tectonic movement

During the Alpine orogeny subduction and collision superimposed rock masses of continental and oceanic origin under high temperature and pressure conditions at a more than 50 km depth below the Earth’s surface. Rocks had to adapt to these new conditions. New stable minerals were formed, such as garnet, staurolite or kyanite. The ductile rocks were deformed by folding. During an orogeny some minerals and rocks are deformed more easily than others which resist deformation. This difference

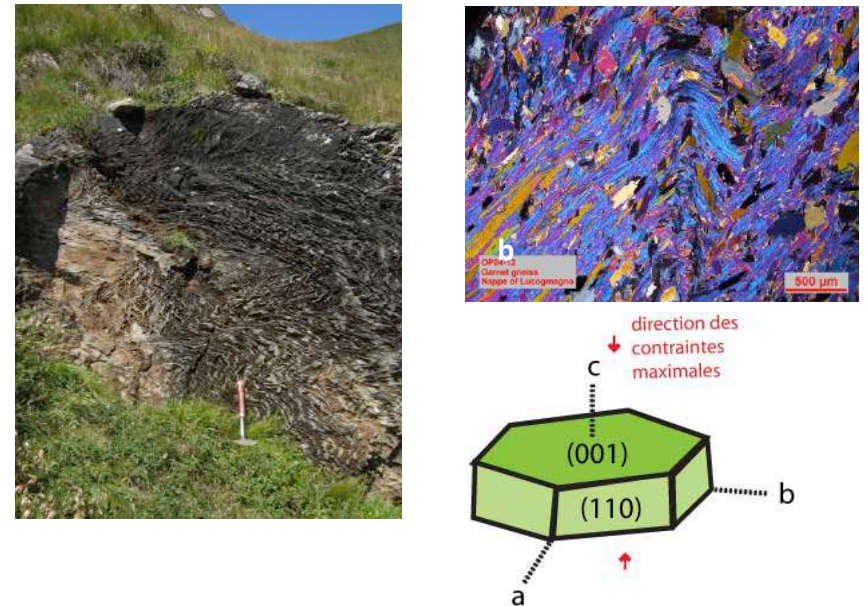
Während einer Gebirgsbildung werden gewisse Gesteine leichter verformt als andere, die der Faltenbildung widerstehen. Dieser Unterschied ergibt sich aus der mineralogischen Zusammensetzung: Glimmer wie Muskovit oder Biotit richten ihre Mineralplättchen im Gestein leicht senkrecht zur Richtung des Hauptdruckes aus. Demgegenüber sind Gesteine mit Quarz und Feldspat, vor allem aber Dolomit viel steifer, sodass es schlussendlich eher zum Bruch als zur plastischen Verformung kommt. An den Felswänden am Rande des Lehrpfades rund um den Lago Ritom, können Deformationsstrukturen beobachtet werden, welche die Richtung der tektonischen Bewegung illustrieren. Abb. 18 zeigt einen „Sigma“-förmigen Klast, dessen Rotation den Sinn der tektonischen Deformation im „dextralen“ Sinn (Uhrzeigersinn) illustriert.



**Abbildung 18a:** Rechtshändige (Uhrzeigersinn), S-förmige Verformung eines Gesteinseinschlusses (Sinn der Pfeile); **b:** Z-förmige Falte, ebenfalls eine Verformung im dextralen Sinn; rechts: Schema der Gesteinsverfaltung (Koordinaten: 696 915/155700).

**Figure 18a:** Dextral deformation („sigma“-type) of a inclusion (porphyroblast). The arrows indicate the direction of deformation; **b:** Z-fold in the dextral direction and sketch explaining the rock deformation (coordinates: 696 915/155700).

results from the mineralogical assemblage: micas such as muscovite or biotite may easily be oriented perpendicularly their internal crystalline structure. On the contrary, rocks dominated by quartz and feldspar but even more by dolomite are much more rigid and are rather fractured. On the cliffs bordering the didactic trail around the Lago Ritom, deformation structures, with very clear indications about directions of tectonic movements, are well exposed and easily accessible. Figure 18 shows a „sigma“- shaped clast whose direction of tectonic shear deformation is dextral.



**Abbildung 19a:** Falte in Glimmerschiefern (Punkt D4 der Exkursion D); Dünnschliff einer Gesteinsprobe unter dem Mikroskop (polarisiertes Licht). Die Falten und Faltenebene (Linie welche die Scharniere der Falten verbindet) werden durch die orientierten Glimmerplättchen klar herausgestrichen.

**Figure 19a:** Folds in mica schists (point D4 in field trip D); **b:** thin section observation (polarised light). The folds and axial planes (lines linking the fold axes) are clearly defined by the orientation of mica minerals oriented perpendicularly to the main constraints in the rock.

## Böden

Die Böden im Val Piora sind jung und wenig entwickelt; sie entstanden und begannen ihre Entwicklung nach dem Rückzug der Gletscher der letzten Eiszeit, vor weniger als 20'000 Jahren. Die strengen klimatischen alpinen Bedingungen verlangsamten ihre Bildung und Entwicklung allerdings wesentlich. Die Böden sind daher geringmächtig und die pädologischen Eigenschaften nur wenig entwickelt. Trotzdem erkennt man im Feld klare Unterschiede. Für diese sind vor allem das lokale Klima und die Vegetation verantwortlich.

An gegen Norden ausgerichteten Abhängen herrschen unter subalpinen Heidepflanzen und Koniferen (Nadelbäumen) Podsolböden vor (36% der untersuchten Taloberfläche, Abb. 8). Unter den Koniferen sammelt sich die organische Material an; die Podsolböden werden zu Humus, während nur wenig organisches Material sich unter Heidepflanzen anhäuft. In Mulden mit lange dauernden Schneeanstimmungen entwickelt sich Hydromorphie (Pseudo-Gley Böden). Im Buschwald der Grünerlen verursacht die Schicht von Pflanzenresten die Bildung von Braunerde und die Entwicklung der Hochstaudenfluren (4% der untersuchten Fläche).

An gegen Süden ausgerichteten Hängen überwiegen unter Wiesland Braunerde (35% der untersuchten Fläche, Abb. 20), während unter Heidevegetation Podsol vorherrscht (10% der Oberfläche). Dies ist unabhängig von der Natur des geologischen Untergrundes. Einzig Dolomit unter einer feinen Bodenbedeckung vermag die Bildung von Braunerde durch die pH-Pufferwirkung der Karbonate und der Rolle des Kalziums als Flockungsmittel zu bremsen. Die Bildung einer hochwertigen Wiesenvegetation kann dazu führen, dass sich Rendzina-Böden eher zu Braunerde als zu Podsolböden weiter entwickeln.

Gley und Pseudogley bilden sich bei hoch stehendem Grundwasserspiegel. Entsprechende Feuchtgebiete mit saisonal oder permanent hohem Grundwasserspiegel bedecken etwa 3% der untersuchten Fläche (Abb. 20). Feuchte Zonen finden sich über das ganze Tal verstreut.

Polyphasische Böden können sich auf den Flussterrassen entwickeln. Die Produktion von Dung durch den Alpbetrieb führt zur Bildung von anthropogenen nährstoffreichen Böden.

## Soil

*Soils in the Piora Valley are young and poorly developed; their formation started after the glacier retreat at the end of the last ice age, less than 20'000 years ago. Since then, the severe alpine climatic conditions were responsible for slow soil development. Therefore, soils are thin and the pedological properties are poorly developed. One can still recognize clear differences in the field, related to contrasts in the local climate and the vegetation.*

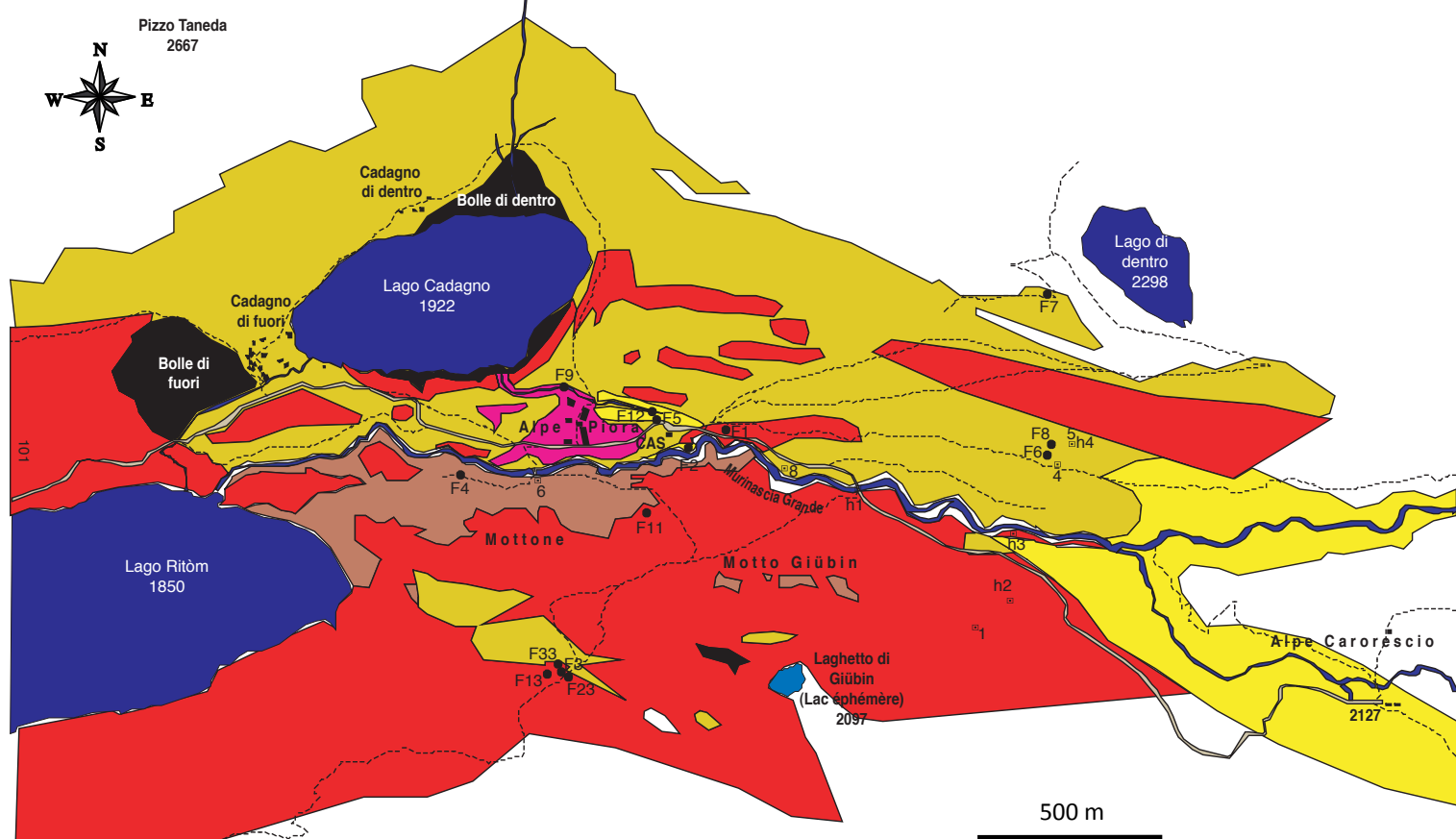
*Heath plants and conifers on Podzols dominate on northern slopes (36% of the surface, fig. 20). The organic material accumulates under conifers; Podzols become humus, while only little organic material accumulates under heath plants. In depressions with long lasting snow accumulation, hydromorphy develops (Pseudogley soils). In bush of green alder, plant remains contribute to the formation of Brown earth and the development of perennial vegetation (4% of the studied area).*

*On southern slopes (35% of the investigated area, fig. 20) Brown earth dominates meadows, while Podzols prevail under heathland vegetation (10% of the surface). This is independent from the nature of the geological subsurface. Dolomite under a fine cover can slow down the formation of Brown earth by the pH buffering effect of carbonates and their role as flocculants. The formation of a high-quality meadow vegetation may orient the evolution of Rendzina soil rather towards Brown earth than towards Podzols.*

*Gleysols and Pseudogley form when the water table is high. Corresponding wetlands with seasonally or permanently high water tables cover about 3% of the studied area (fig. 20). Wetland zones can be found scattered throughout the valley.*

*Polyphasic soils may develop on river terraces. The production of manure by the mountain farmers leads to the formation of anthropogenic nutrient-rich soils.*





**Untersuchte Stationen**

- Thermometer
- Bodenprofil

**Topographie**

- See, Bach
- Haus
- Fussweg
- Alpstrasse
- Feuchtgebiet
- Temporärer See

**Böden**

- Braunerde
- Podsol
- Rendzina
- Braunerdebildung (Grünerle)
- Torf
- Boden mit Dung
- Felsaufschluss

**Observation type**

- Thermometer
- Soil profile

**Topograpy**

- Lake, River
- Building
- Footpath
- Road
- Wetland
- Temporary lake

**Soil**

- Brown earth
- Podzols
- Rendzina
- Brown earth under green alder
- Peat
- Soil with dung
- Rock outcrop

**Abbildung 20:** Bodenkarte des Val Piora (Nardini 2003).

**Figure 20:** Soil map of the Val Piora (Nardini 2003).

## Kleines Glossar der Geologie und Mineralogie im Val Piora

**Alumosilikate:** Mineralien mit einem Kristallgitter auf der Basis von Aluminium, Silizium und Sauerstoff dominieren die Zusammensetzung der Erdkruste.

**Amphibol (Mineralien), Amphibolite (Gestein, bestehend v.a. aus Amphibol Mineralien):** Mineralien der Gruppe der Eisen-, Kalzium- und Magnesiumsilikate. Sie bilden längliche Prismen oder Nadeln. Farbe: Von schwarz über dunkelgrün bis braun. Herkunft: In Piora handelt es sich um eine Bildung der alpinen Metamorphose der «Amphibolit-Fazies» (mittlere Drucke und mittlere bis hohe Temperaturen). Man findet die Amphibolit Mineralien oft in Schiefen und Gneisen sternförmig oder als Garben vereint.

**Braunerde:** Boden mit Anreicherung von Humus; Eisenoxidation, wenig oder gar nicht verwitterte lose oder feste Gesteinsschicht.

**Brekzie:** In Piora finden sich Brekzien v.a. im Zusammenhang mit den Dolomiten und Rauhacken der Trias, als Folge von Umwandlungen und tektonischer Deformation. Gestein bestehend aus mm bis mehrere cm grossen, eckigen (nicht gerundeten) Komponenten.

**Cornieule, Rauhacke:** Brekziöses und poröses (löcheriges) Karbonatgestein aus Kalk und Dolomit, an der Erdoberfläche meist stark verwittert. Entstehung: Umwandlung von Gips und Dolomit. Sehr gefürchtet im Tunnelbau.

**Decken:** Bezeichnet grosse geologische Einheiten (Ausdehnung oft mehrere Kilometer) welche sich bei der Alpenfaltung übereinander schoben (Überschiebungen).

**Disthen:** Mineral:  $\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)$ . Typisches Mineral aus dem Metamorphoseprozess der sogenannten «Amphibolit-Fazies». In Piora findet sich das Mineral in der Form grauer bis blauer, stengeliger Mineralien, meist in Schiefen, zusammen mit Granat, Staurolith und Glimmer.

**Doline:** Krater an der Erdoberfläche, gebildet durch die Auflösung von Karbonatgesteinen, Gips oder Salz im Untergrund. Die Lösung der Carbonate wird durch saure Wässer gefördert, z.B. durch die Anwesenheit von Huminsäure aus der Zersetzung von organischem Material.

**Dolomit:** Gestein gebildet aus Dolomitmineralien  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Herkunft: Sediment entstanden in stark mineralisiertem Meerwasser, in Lagunen und Salzwüsten.

**Gley:** Feiner, toniger Boden, oft längere Zeit mit Wasser gesättigt. Bei Anoxie (Sauerstoffmangel): blau oder schwarz; der Luft ausgesetzt von roter Farbe.

## A short glossary of geology and mineralogy of the Val Piora

**Aluminosilicates:** minerals with a crystal lattice based on aluminum, silicon and oxygen; aluminosilicates dominate the composition of the Earth's crust.

**Amphibole (minerals), amphibolites (rock, consisting mainly of amphibole minerals):** minerals of the group of iron, calcium and magnesium silicates. They form elongated prisms or needles. Colour: from black to dark green and brown. In Piora, amphibolites were formed by metamorphosis of the "amphibolite facies metamorphism" (medium pressure and medium to high temperatures). One finds the amphibolite minerals often as twins in a star shape or arranged in sheaves in schist and gneiss.

**Breccia:** In Piora mainly in relation with dolomites and "cornieules" of the Triassic. Rock consisting of several mm to cm large, square (not rounded) components. Breccias are the result of tectonic deformation and chemical transformation.

**Brown earth:** soil rich in humus; iron oxidation, little or unweathered loose or solid rock layer.

**Carbonates:** limestone and dolomite rocks.

**"Cornieule", "Rauhacke":** brecciated and porous carbonate rocks from limestone and dolomite, usually heavily weathered at the surface. Formation: conversion of gypsum and dolomite. Very feared in tunneling work.

**Doline, Sinkhole:** craters in the Earth's surface, formed by the dissolution of carbonate rocks, gypsum or salt in the underground. The dissolution of the carbonates is enhanced by acidic water, as for example by the presence of humic acid originating from the decomposition of organic material.

**Dolomite rocks** are formed from **dolomite minerals**  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Origin: the sediment originated in highly mineralized seawater, in lagoons and salt flats.

**Garnet:** mineral, usually formed during the metamorphism. Often in the form of dodecahedrons. In Piora this aluminosilicate often contains iron (red species, called "almandine"). In schists often with diameters of several mm to 1 cm. Minerals can also be black, or appear with red oxidation. In gneisses, the diameter may easily reach more than 1 cm.

**Gley:** fine grained, clayey soil, often saturated with water. In anoxic conditions (lack of oxygen): blue or black; exposed to the air it may be of red colour.

**Gneis:** Metamorphes Gestein, gebildet durch Rekristallisation. Geschichtet in cm bis mehrere dm-mächtige Gesteinsbänke.

**Granit:** Massives magmatisches Gestein, entstanden durch die Intrusion von Magma in die Erdkruste und die Kristallisation durch Abkühlung. Zusammensetzung: Feldspat, Quarz, Glimmer und untergeordnete Mineralien.

**Granat:** Mineral, meist entstanden im Rahmen der Metamorphose. Oft in der Form von Rhombendodekaedern. In Piora enthält dieses Aluminosilikat oft Eisen (rote Art, «Almandin» genannt). In Schiefen beobachtet man oft Durchmesser von mehreren mm bis ca 1 cm. Sie können auch schwarzer Farbe sein, oder als rote Oxydationsflecken erscheinen. In Gneisen kann der Durchmesser mehr als 1 cm erreichen.

**Gips:** Mineral und Gestein bestehend aus Kalziumsulfat, unter Einschluss von Kristallwasser ( $\text{Ca SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Transparent, rosa oder weiss, hohe Löslichkeit. Erscheint im Val Canaria in grossen Aufschlüssen. Herkunft: wird in hoch-salinem Wasser abgelagert, Lagunen und Salzwüsten.

**Glimmer:** «Phyllosilikat» und Aluminosilikat, bestehend hauptsächlich aus Aluminium, Silizium, Kalzium u.a.. Phyllosilikate bilden feine Blätter oder Schuppen, welche in der Sonne glitzern. Farben: Transparent (Muskovit, Serizit), schwarz bis dunkelgrün (Biotit), grün (Chlorit). Herkunft: Bilden sich bei der Auskristallisierung von Graniten und anlässlich der Metamorphose.

**Hornblende:** Braune bis grüne Variante der Amphibole; reich an Kalzium, Magnesium und Eisen.

**Kalk(stein):** Grösstenteils aus Kalzit bestehendes Gestein (Mineral Kalzit:  $\text{CaCO}_3$ ). Herkunft: Meist Sediment gebildet auf Meeresplattform. In Piora: Oft Kieselkalk (Kalk gemischt mit Quarz, oder als Matrix oder Brekzien).

**Karbonate:** Kalk- und Dolomitgesteine.

**Karst:** Phänomen im Zusammenhang mit Lösungserscheinungen von Karbonaten, vor allem bei Dolomit, Gips und Salz. Saure Wässer (z.B. Gehalt an Huminsäure) fördern die Lösung von Karbonatgesteinen führt zur Bildung von Dolinen und Kavernen.

**Marmor:** Bei der Metamorphose umgewandeltes (rekristallisiertes) Karbonatgestein.

**Metamorphose:** Umwandlungsprozess von Mineralien und Gesteinen, bei erhöhten Temperaturen (> 200 °C) und Gesteinsdruck. In den Alpen hängt die Metamorphose mit der Auffaltung des Gebirges (Orogenese) vor ca. 30-19 Millionen Jahren zusammen.

**Gneiss:** *metamorphic rock formed by recrystallization. Layered in cm to several dm thick rock layers.*

**Granite:** *Massive igneous rock, formed by the intrusion of magma into the Earth's crust crystallization by cooling. Composition: feldspar, quartz, mica and minor minerals.*

**Gypsum:** *mineral and rock consisting of calcium sulfate, including "crystal water" ( $\text{Ca SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Transparent, pink or white, highly soluble. Gypsum forms large outcrops in neighbouring Val Canaria. Origin: formed in highly saline water, lagoons and salt flats.*

**Hornblende:** *Brown to green variety of amphibole minerals; rich in calcium, magnesium and iron.*

**Karst:** *phenomenon related to the dissolution of carbonates, mainly dolomite, or of gypsum and rock salt. Acidic water, for example with high content in humic acid, enhances the dissolution of carbonate rocks. Karst leads to the formation of sinkholes and caverns*

**Kyanite:** *mineral  $\text{Al}_2\text{O(SiO}_4)$ . Typical of the so called "amphibolite metamorphic facies». In Piora, the mineral is found in the form of gey to blue, elongated minerals, mostly in schists, together with garnet, staurolite and mica.*

**Limestone:** *Rock mainly composed of calcite (mineral calcite:  $\text{CaCO}_3$ ). Origin: most limestone sediments form on marine platforms. In Piora: calcite is often mixed with quartz to form quartz limestones; sometimes as matrix or pebbles in breccias.*

**Mica:** *"phyllosilicate" and aluminosilicate, consisting mainly of aluminum, silicium, and potassium. Phyllosilicates form fine flakes which shine in the sun. Colour: transparent (muscovite, sericite), black to dark green (biotite), green (chlorite). Origin: form during the crystallization of granites during metamorphism.*

**Marble:** *(recrystallized) carbonate through metamorphism.*

**Metamorphism:** *transformation process of minerals and rocks, at elevated temperatures (> 200 °C) and rock pressures. In the Alps, the metamorphism is due to the Alpine orogeny, some 30-19 million years ago.*

**Nappe:** *major geological units (often several kilometers wide, and km thick). Nappes have been thrust one upon the others during the Alpine folding, forming nappe piles.*



**Podsol (Podzol):** Böden in kaltem Klima. Oberster Horizont (A0) ist aus schwarzem organischem Material («Mor»), darunter sandiger, ausgewaschener Horizont und Akkumulationsniveau (organisches Material, Hydroxyde), direkt über dem Fels.

**Polyphasische Böden:** Diese Böden entstanden in mehreren zeitlichen Phasen, zwischen denen sich die Umweltbedingungen ändern konnten.

**Quarz:** Transparentes oder weissliches Mineral, bestehend aus Silizium und Sauerstoff (SiO<sub>2</sub>). Eines der häufigsten Minerale in der Zusammensetzung der Erdkruste.

**Quarzit:** Gestein bestehend aus Quarz, entweder sedimentärer Herkunft (Sand), oder aus der Kristallisation in Klüften.

**Rendzina:** An organischem Material reiche Böden, direkt über Karbonatgesteinen.

**Schiefer:** Schiefer sind metamorphe rekristallisierte Gesteine, in denen die Glimmer eine Orientierung zeigen, was man als Schieferung bezeichnet. Schieferung ist eine Konsequenz starker tektonischer Überprägung.

**Silikate:** Mineralien mit wichtigem Anteil an Silizium.

**Staurolith:** Alumosilikat, allgem. Formel: (Fe,Mg,Zn,Co)<sub>1,5-2</sub>Al<sub>9</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>O<sub>6</sub>(O,OH)<sub>2</sub>. In Piora handelt es sich oft um kurze, braune Prismen, oft verzwillingt als Kreuz. Ein Produkt der Amphibolit Metamorphose-Fazies; tritt mit Amphibol, Granat, Disthen und Glimmer auf.

**Synclinale :** Grossräumige Falte, deren Beugung gegen das Erdinnere zeigt.

## Bibliographie / Bibliography

- Antognini, M. 2001: Geologia della regione di Piora, Tra confine e cielo. Passo dopo passo tra natura e cultura, ed. Salvioni, 126p.
- Bianconi, F. 2011: Elementi di geologia, morfologia glaciale e idrografia della Val Piora, in: Peduzzi S., La forza idrica Val Piora-Piotta, Atlante idrologico della Svizzera, Berna 2011.
- Bianconi, F., Beffa, F.A., Steiger, R.H., Günthert, A., Hasler, P., Baumer, A. & Huber, Ch. 2014: 1252 Ambri-Piotta, Atlante geologico delle Svizzera 1:25'000. Swisstopo, Berne. i
- Bianconi, F. & Peduzzi, R. 2012: Biodiversità della val Piora. Risultati e prospettive delle Giornate della biodiversità. L'apporto di Piora alla storia delle scienze. Parte II - Storia della ricerca geologica e mineralogica,

**Podsol (Podzol):** soils in cold climates. The uppermost horizon (A0) is made of black organic matter ("Mor"), overlying a sandy, washed horizon and accumulation level (organic material, hydroxides), directly above the bedrock.

**Polyphasic soils:** these soils originated in several time phases, between which the environmental conditions changed.

**Quartz:** transparent or whitish mineral consisting of silicon and oxygen (SiO<sub>2</sub>). One of the most common minerals in the Earth's crust.

**Quartzite:** rock consisting of quartz, either of sedimentary origin (sand), or from the crystallization in fractures.

**Rendzina:** organic-rich soils, directly on carbonate rocks.

**Schist:** in Piora, schists are metamorphic (recrystallized) rocks in mm thin layers phyllosilicates. The foliation is the consequence of strong tectonic overprint. Foliation surfaces are often occupied by mica.

**Silicates:** minerals with an important amount of silicon.

**Staurolite:** aluminosilicate, general formula: (Fe,Mg,Zn,Co)<sub>1,5-2</sub>Al<sub>9</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>O<sub>6</sub>(O,OH)<sub>2</sub>. In Piora it develops short brown prisms, often twinned as a cross. A product of the amphibolite facies metamorphism; occurs with amphibole, garnet, kyanite and mica.

**Syncline:** large-scale fold whose hinge is oriented towards the Earth's interior.

- 
- Memorie della Società ticinese di scienze naturali e del Museo cantonale di storia naturale – vol. 11, 20-30.
  - Etter, U. 1986: Stratigraphische Untersuchungen im Gotthardmassivischen Mesozoikum zwischen dem Lukmanierpass und der Gegend von Ilanz. Dissertation Universität Bern.
  - Etter, U. 1998: Struktur und Lithologie der Piora-zone. Abstracts Airolo '98 Accademia svizzera di scienze naturali.
  - Krige, L.J. 1913-1916: Geologische Karte Val Piora. Topographischer Atlas der Schweiz, Blätter 411, 502.
  - Krige, L.J. 1918: Petrographische Untersuchungen im Val Piora und Umgebung. Eclogae Geologicae Helvetiae, vol XIV, p. 519-654, Lausanne.
  - Marthaler, M. 2001: Le Cervain est-il africain? LEP Loisirs et pédagogie, 3ème éd., Lausanne 96 p.
  - Nardini, Y. 2003: Etude pédologique du Val Piora TI; influence des facteurs géologie, climat, végétation et topographie sur l'évolution des sols. Diplôme en scie. nat environnement, Université de Genève, inédit.

### **1.3 Hydrologie und Hydrobiologie, Lago Ritom und Lago Cadagno**

Die Talschaften von Piora, Cadlimo und Canaria erstrecken sich über eine Fläche von insgesamt 37 km<sup>2</sup>. Hier finden sich 21 Seen, 58 Bergflüsse, 28 Teiche und Sumpfbgebiete. Im Jahr 1917 feierte die Kommission für Hydrobiologie der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (heute: Schweizerische Akademie für Naturwissenschaften, SANW) 70 Jahre fruchtbare Forschungstätigkeit in dieser Region dank ihrer besonderen hydrologischen Diversität.

Der Exkursionsführer „Wasserkraft Val Piora – Piotta“ der „Wege durch die Wasserwelt in der Schweiz“ des Hydrologischen Atlas der Schweiz ist dem Val Piora gewidmet (Peduzzi 2011). Er zeigt u.a. die grossen Unterschiede der Niederschlagsmengen auf: Ungefähr 1000 mm/Jahr im Dorf Piotta (Leventina) stehen 1400 mm/Jahr in Ritom und bis zu 2500 mm/Jahr auf dem Gotthardpass gegenüber.

#### **Das Wasserkraftwerk Ritom**

Das Wasserkraftwerk am Ritom wurde in den Jahren zwischen 1914 und 1920 von den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) gebaut, die damals und noch bis Ende 1944 „Eidgenössische Eisenbahnen“ hiessen; diese hatten die „Gotthardbahn“ im Jahr 1909 abgelöst. Die Konzession zur Nutzung des Wassers wurde den SBB durch den Kanton erteilt, gemäss einem Bundesgesetz, das dem Bund das Recht gibt, Wasserkräfte in jedem Kanton für den Bedarf der eigenen Betriebe zu nutzen. Dieses Recht ist in der Bundesverfassung und dem diesbezüglichen Bundesgesetz verankert.

Die im Kraftwerk Ritom erzeugte elektrische Energie durfte ausschliesslich für die Traktion der Züge verwendet werden, die in jenen Jahren auf der Gotthardlinie in Betrieb genommen wurden. Der endgültige Konzessionsakt wurde 1925 unterschrieben und hatte eine Dauer von 80 Jahren. Die Konzession ist im Jahr 2005 abgelaufen. Die Verhandlungen zur Erneuerung sind noch im Gange.

Der ursprüngliche natürliche Lago Ritom glazialen Ursprungs befand sich auf einer Höhe von etwa 1828 m ü.M. Der Wasserspiegel wurde mit dem 170 m langen Damm mit einer Höhe von 10.5 m auf 1835.24 m ü.M. angehoben (Abb. 21a).

### **1.3 Hydrology and Hydrobiology, Lago Ritom and Lago Cadagno**

*The valleys of Piora, Cadlimo and Canaria extend over a total area of 37 km<sup>2</sup> with 21 lakes, 58 mountain rivers, 28 ponds and wetlands. In 1917 the Commission for Hydrobiology of the Swiss Academy of Natural Sciences celebrated 70 years of fruitful research activity in this region; this may be explained by the particular hydrological diversity of the area.*

*The excursion guide "Hydropower Val Piora – Piotta, travel through the water-world of Switzerland" of the Hydrological Atlas of Switzerland is dedicated to Val Piora (Peduzzi 2011). It mentions, among other interesting information, the huge regional differences in rainfall: approximately 1000 mm/year in the village of Piotta (Leventina), 1400 mm/year in Ritom and up to 2500 mm/year on the Gotthard Pass.*

#### **The hydropower plant Ritom**

*The Ritom hydroelectric power plant was built in the years 1914-1920 by the Swiss Federal Railways (SBB), which at that time and until 1944 were called "Federal Railways" ("Strade Ferrate Federali"); this name replaced that of "Gotthard Railroad" in 1909. The license for water use was granted to the Federal Railways by the Canton, in agreement with a federal law that gives the federal government the right to use water powers in all cantons for common needs.*

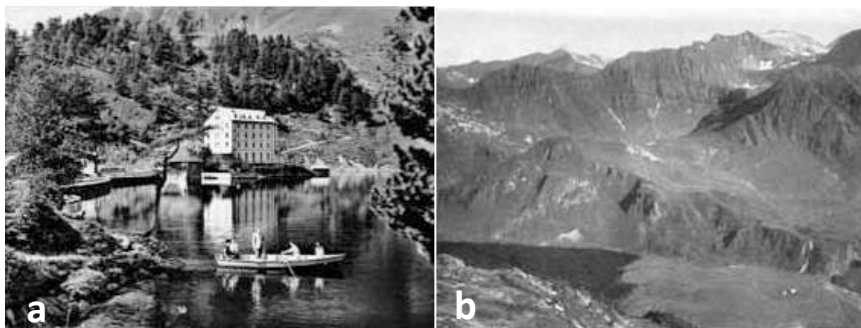
*The Canton Ticino warranted the FFS a concession for the use of hydrological resources. According to federal laws, the Swiss Confederation is entitled to exploit hydrological resources of any canton for the benefit of state-owned companies. As a result, the hydroelectric energy produced by the plant was to be used only for the traction of the trains. The final concession act was signed in 1925 for a duration of 80 years. The concession expired in 2005. The negotiations for a renewal are still under way.*

*The natural Lago Ritom was of glacial origin. Its surface level was located at an altitude of about 1828 m above sea level (m.a.s.l.). It was raised to 1835.24 m.a.s.l. after the construction of the first dam, which was 170 m long, with an elevation of 10.5 m (fig. 21a).*

Das Wasser kam vorerst aus dem natürlichen Einzugsgebiet; erst einige Jahre später, 1931 wurde auch das Wasser aus dem Val Cadlimo gefasst, das natürlicherweise dem Medelser Rhein im Kanton Graubünden zufließen würde und über einen teilweise in einem Stollen geführten Kanal in den Lago Ritom geleitet.

Der ursprüngliche See zeigte damals das Phänomen der sogenannten Meromixis (siehe das nachfolgende Kapitel zum Lago di Cadagno). Diese Schichtung unterschiedlicher Wasserzusammensetzung verschwand teilweise bei der Erstellung der Wasserfassung auf 1799 m. Der See hatte vorher ein Fassungsvermögen von etwa 24 Mio m<sup>3</sup>; durch den Bau des ersten Damms wurde die nutzbare Wassermenge auf 29 Mio m<sup>3</sup> gesteigert.

1949 beschlossen die SBB, auch das Wasser der Unteralpreuss und der Garenga dem Ritom zuzuführen und den Damm weiter zu erhöhen. Mit einer Maximalhöhe von neu 1850 m ü.M. liess sich die nutzbare Wassermenge auf 49 Mio. m<sup>3</sup> anheben. Die Unteralpreuss entwässert durch das Unteralptal östlich des Pizzo Centrale gegen Andermatt.



**Abbildung 21a:** um 1930, «Hôtel & Pensione Piora» am Ufer des Lago Ritom, auf der orographisch rechten Seite des ersten Staudamms. **b:** Ritom (Alpe di Campo). Photo um 1907: Die durch den zweiten Damm überflutete Alp auf dem Delta der Murinascia. Fotos: AA.VV. 2009: Sentiero didattico Lago Ritom, © Funicolare Ritom SA.

*Initially, the water came from the natural catchment area of the lake. In 1931, the waters of the Cadlimo valley were diverted into the lake through an artificial canal and an underground tunnel. The waters of the Cadlimo valley would normally drain northwards into the Medels Rhein of Canton Graubünden.*

*The natural lake was meromictic (see the chapter on Lago di Cadagno for an explanation). This type of stratification of the water column decreased, with the construction of the water intake tunnel from the reservoir at 1799.24 m.a.s.l. The natural lake had a volume of approximately 24 Mio m<sup>3</sup>. This volume increased after the construction of the first dam to about 29 Mio m<sup>3</sup>.*

*In 1949 the Federal Railway Company (SBB) decided to derive water also from the Unteralpreuss and Garenga rivers. The Ritom dam was subsequently elevated to 1800.25 m.a.s.l. and the volume increased to 49 Mio m<sup>3</sup>. In natural conditions, Unteralpreuss drains the Unteralp valley north of the St Gotthard and east of Pizzo Centrale towards Andermatt.*

*The water intake from the Unteralpreuss river is located at an elevation of 1949.7 m.a.s.l., whereas that of the Garenga river is located at 1876.4 m.a.s.l. A 4456 m long tunnel links up the two intakes and their water is then funnelled into Lago Ritom through a second 2484 m long tunnel.*

*To get an idea of the change in the landscape induced by all these man-made modifications, one has to realize that the original lake had a surface of approx. 0.9 km<sup>2</sup>, that formed by the first dam of approx. 1.27 km<sup>2</sup>, and that of the present-day lake of 1.47 km<sup>2</sup>. Therefore about 0.57 km<sup>2</sup> of alpine meadow was flooded by the reservoir lake (fig 21b).*

**Figure 21a:** Around 1930, «Hotel & Pensione Piora» on the shore of Lago Ritom, on the right side of the first dam. **b:** Ritom and Alpe di Campo around 1907: the meadows on the Delta of the Murinascia were flooded by the construction of the second dam. Fotos: AA.VV. 2009: Sentiero didattico Lago Ritom, © Funicolare Ritom SA.



Die Fassung der Unteralpreuss befindet sich auf einer Höhe von 1949.7 m ü.M., jene der Garenga bei 1876.4 m. Ein Stollen von 4456 m Länge verbindet die beiden. Schliesslich wird das Wasser durch einen 2484 m langen Stollen dem Lago Ritom zugeführt.

Um sich ein Bild von der Veränderung der Landschaft zu machen, muss man sich vor Augen halten, dass der ursprüngliche See eine Fläche von etwa 0.9 km<sup>2</sup> einnahm. Mit dem ersten Staudamm sind daraus etwa 1.27 km<sup>2</sup> geworden, und mit dem zweiten Staudamm wurden etwa 1.47 km<sup>2</sup> erreicht. Damit wurde ungefähr eine Fläche von 0.57 km<sup>2</sup> wertvolles früheres Weideland künstlich überflutet (Abb. 21b).

Mit der Verwirklichung dieses Projekts im Jahr 1953 wurde das Einzugsgebiet des Lago Ritom von 31.8 auf 59.1 km<sup>2</sup> vergrössert, mit einer entsprechenden Zunahme der nutzbaren Wassermenge. Durch die Erhöhung des Damms erreicht der maximale Höhenunterschied des Kraftwerkes 843 m und die turbinierte Wassermenge beträgt bei voller Leistung im Maximum 6.7 m<sup>3</sup> pro Sekunde. Die Zentrale der Anlage in Piotta hat mit ihren vier Generatorengruppen eine Gesamtleistung von 44 MW und produziert pro Jahr durchschnittlich 153 Mio kWh Strom. Diese Produktion entspricht etwa 8% der Energie, die jährlich für die Traktion der Eisenbahnzüge in der Schweiz benötigt wird. Der alljährlich im Werk erzeugte Strom würde ausreichen, um pro Jahr 10'000 Güterzüge von Bellinzona nach Arth-Goldau zu befördern. Das Wasserkraftwerk Ritom kann als eine bahnbrechende Anlage und als Beispiel einer soliden, wirkungsvollen und dauerhaften Ingenieurarbeit gelten. Im Lauf der Jahre sind verschiedene Änderungen und Modernisierungen vorgenommen worden, doch manche der wesentlichen Anlagenteile sind seit beinahe 90 Jahren in Betrieb.

**Abbildung 22:** Lago Ritom und Delta der Murinascia bei abgesenktem Seespiegel im Frühjahr 2011.

*The Ritom project increased the surface of the drainage basin of the reservoir from 31.8 to 59.1 km<sup>2</sup> with a corresponding increase in the exploitable water volume. Thanks to the elevation of the dam, the maximum effective head to be used for energy production between the dam and the turbines is now of 843 m and the maximum flow on the turbines reaches 6.7 m<sup>3</sup> / second. The four generator groups of the hydropower plant in Piotta have a total power capacity of 44 MW and an annual average production of 153 million kWh. This corresponds to about 8% of the annual energy consumption by the Swiss railway system and to the power needed to drive 10'000 freight trains across the Gotthard between Bellinzona and Arth-Goldau. The Ritom hydropower plant can be considered to be a pioneer facility and an example of robust, efficient and sustainable engineering work. Over the years, the construction underwent several modifications and upgrades, but some of its parts have been functioning well over the last 90 years.*



**Figure 22:** Lago Ritom and Delta of the Murinascia river; low reservoir lake level in the spring of 2011.

## **Der Lago di Cadagno**

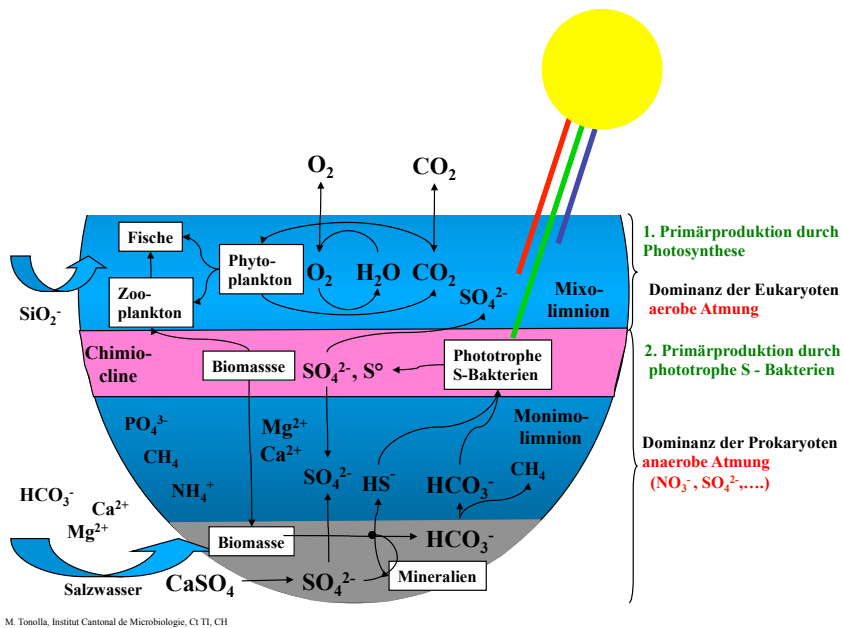
Die Region Piora gilt als eine der Wiegen der Limnologie (Studium der Binnengewässer), nicht nur aufgrund des aussergewöhnlichen Wasserreichtums, sondern auch wegen der limnologischen Besonderheiten. Das Gebiet wird seit mehr als zwei Jahrhunderten von Biologen, Geologen und andern Naturwissenschaftlern erkundet. In den letzten Jahren galt die Aufmerksamkeit der Forscher vor allem der Wassersäule des Lago di Cadagno, der eine selten zu beobachtende dauernde Schichtung aufweist, das Phänomen der krenogenen Meromixis; aus natürlichen Gründen liegen zwei Wasserschichten übereinander, die sich nie vermischen. Dies kann in dieser Grösse weltweit nur an wenigen Seen studiert werden, wie etwa im Lago del Faro (Messina). Die untere Wasserschicht des Lago di Cadagno ist reich an gelösten Salzen und daher dichter. Sie wird gespeist durch Karbonat- und Sulfathaltige Quellen am Seegrund. Diese Schicht ist getrennt von der darüberliegenden, die gut mit Sauerstoff versorgt, aber arm an Mineralsalzen ist. Zwischen den beiden Teilen, die als zwei übereinander gelagerte Seen betrachtet werden können, in der Grenzzone, bestehen ideale Umweltbedingungen für eine massive Entwicklung von anaeroben, photosynthetischen Bakterien, zu denen z.B. die Art *Chromatium oekenii* gehört. Die Bakterien verleihen dieser Wasserschicht von unterschiedlicher Mächtigkeit (je nach Jahreszeit 70 bis 150 cm) eine rote Färbung. Die Bakterienpopulation entwickelt sich in einer Tiefe von 11 bis 13 m. Dort ist die Lichtintensität immer noch ausreichend für die bakterielle Photosynthese. Das Fehlen von Sauerstoff und das Vorkommen von Schwefelwasserstoff sind Voraussetzung für den besonderen anaeroben Stoffwechsel der Bakterien. Die purpurfarbenen Bakterien bilden so einen biologischen Filter und verhindern, dass der Schwefelwasserstoff und andere Giftstoffe (wie Methan und Ammoniak) oder eutrophierende Elemente wie Phosphate in die höheren Wasserschichten gelangen.

Diese Besonderheiten des Sees und die daraus entstandenen Forschungsarbeiten waren ausschlaggebend für die Schaffung des Centro Biologia Alpina CBA. Der Kanton Tessin hat sich zusammen mit den Universitäten von Genf und Zürich zum Ziel gesetzt, die Aktivitäten in Zusammenhang mit dem Lago di Cadagno in Forschung und Lehre auf Hochschulebene zu fördern.

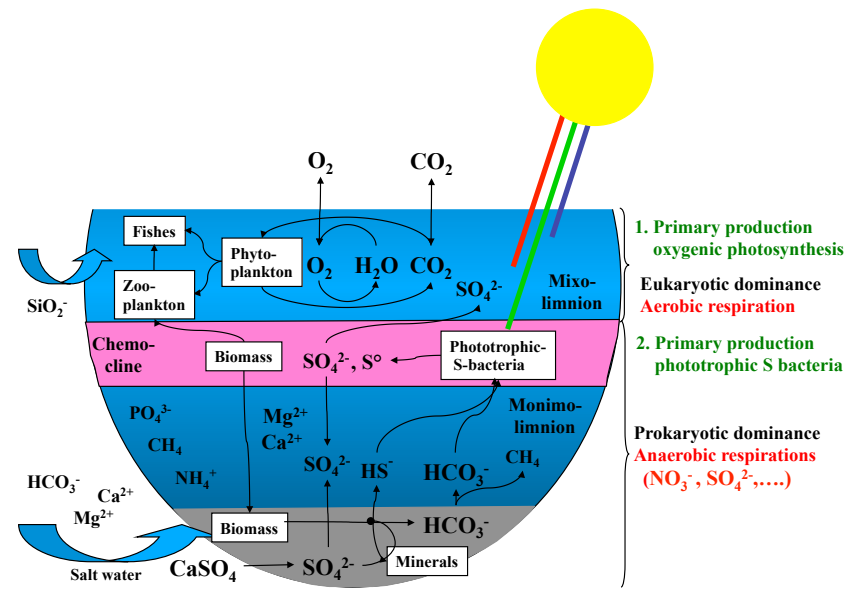
## **Lago di Cadagno, Lake Cadagno**

*The Piora region is considered to be one of the cradles of limnology, the science of inland waters. This can not only be explained by the rich hydrological heritage, but also by the diversity of limnological processes. Consequently, the area became the object of scientific investigations for more than two centuries by biologists, geologists and other natural scientists. In recent times, the attention of scientists was mainly focused on the Lago di Cadagno, with its particular stratification of the water column. This phenomenon, called meromixis, is characterized by two superimposed water layers that never intermix. This type of stratification can only be studied at this scale in very few other lakes around the world. One of these is the Lago di Faro (Messina, Italy). The lower water layer of Lago di Cadagno is rich in dissolved salt, and is therefore denser than the upper layer. This deep layer gets water input from carbonate- and sulphate-rich springs at the lake bottom. The layer is permanently separated from the surface layer, which is rich in oxygen, but contains only low salt concentrations. At the boundary between the two water layers, one could say that two different lakes are superimposed. At the level between the two layers, physico-chemical parameters provide ideal conditions for the development of anaerobic bacteria such as *Chromatium oekenii*. This bacteria gives a red colour to a intermediate water layer which can vary from 70 to 150 cm in thickness in a year. The depth of this intermediate water layer is at about 11 to 13 m. At this depth, there is still enough light for photosynthesis. The lack of oxygen and the presence of hydrogen sulfide constitute a basic condition for the anaerobic metabolism of the bacteria. The purple-coloured bacteria constitute a biological filter which prevents the transfer of hydrogen sulfide and other toxic substances (such as methane and ammonia) and trophic compounds from reaching the upper water layer.*

*These particular characteristics of the Lago di Cadagno strongly contributed to the scientific argumentation leading to the foundation of the Centro Biologia Alpina (CBA). The Canton Ticino, in collaboration with the universities of Geneva and Zürich, have defined as a common goal the promotion of research and teaching dealing with the Lago di Cadagno at an academic level.*



M. Tonolla, Institut Cantonal de Microbiologie, Ci TI, CH



M. Tonolla, Cantonal Institute of Microbiology, Ci TI, CH

**Abbildung 23:** Physikalisch-chemische und biologische Prozesse im Lago di Cadagno.

Das *Laboratorio microbiologia applicata* (LMA) der Fachhochschule der Italienischen Schweiz (SUPSI) realisiert ausserdem in Zusammenarbeit mit zahlreichen inländischen, europäischen und amerikanischen Universitäten Forschungsarbeiten im Bereich der mikrobiellen Ökologie, wie die natürliche Verteilung der Bakterien, die physiologischen Funktionen und deren Interaktionen. Die Synergien mit anderen Gruppen haben es ermöglicht, spezielle Techniken, etwa die In-Situ Hybridisierung oder Gel-Elektrophorese-Trennungen zu realisieren. So konnten z.B. neue phototrophe und Sulfat-reduzierende Bakterien und deren Stoffwechsel beschrieben werden, wie *Thiocystis cadagnonensis* oder *Thiocystis chemoclinalis*. Diese Ergebnisse und deren biotechnologischen Anwendungen sind von grossem Interesse, insbesondere etwa bezüglich der Reinigungskapazitäten gewisser Bakterien im Wasser.

Forschungsarbeiten im Zusammenhang mit Piora führten bis anhin zu mehr als 260 wissenschaftlichen Publikationen hauptsächlich in den Fachbereichen der Hydrobiologie, der Mikrobiologie und anderer Naturwissenschaften.

**Figure 23:** Physico-chemical and biological processes in Lago di Cadagno .

The *Laboratory of applied microbiology* (LMA) of the University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland (SUPSI), in collaboration with several Swiss, European and American Universities, performs research in the field of microbial ecology, namely on the natural distribution of bacteria, of their physiological functions and interactions. Synergies between different research partners have been at the origin of the development of new techniques, such as in-situ hybridisation and separation by gel-electrophoresis. With the help of these approaches, new phototrophic and sulphur reducing bacteria and their metabolism could be described. Among these, one may mention *Thiocystis cadagnonensis* and *Thiocystis chemoclinalis*. These results and their biotechnological applications may be of high interest, e.g., with respect to the cleaning capacity of these bacteria in water treatment processes.

Until now, research in relation with the Piora area has been at the origin of more than 260 scientific publications, mainly in the fields of hydrobiology, microbiology and other natural sciences.



## **Bibliographie / Bibliography**

- Peduzzi, R. 1990 : Etude d'un filtre bactérien retenant les composés toxiques et trophogènes dans un lac alpin (Lac de Cadagno, Massif du St.Gothard), Cahiers de la Faculté des Scences, Univ. Genève, 20, 121-133.
- Tonolla M. & Peduzzi R. 2006 : Les adaptations aux conditions extrêmes. Lake Cadagno, a model for microbial ecology, Documenta (ISSN 1424-4993) Centro di Biologia Alpina Piora, Milieux extrêmes: conditions de vie en milieu alpin et milieu marin, vol. 3, 21-52.

Eine vollständige Literaturliste findet sich auf [www.cadagno.ch](http://www.cadagno.ch).  
*For a complete list of publications see [www.cadagno.ch](http://www.cadagno.ch).*

**Abbildung 24:** Plattform des CBA zur Probennahme auf dem Lago di Cadagno.

**Figure 24:** *Sampling platform of the CBA on Lago di Cadagno*



## **Wasserchemie**

Als Folge der grossen geologischen Vielfalt zeigen die Oberflächen- und Grundwässer des Val Piora sehr unterschiedliche Chemismen und zwar sowohl bezüglich ihrer Zusammensetzung, als auch der Konzentrationen der gelösten Stoffe. Die Chemie hängt vor allem von den im Drainagebecken auftretenden Mineralien ab, insbesondere von Silikaten (Quarz, Feldspath, Amphibol, u.s.w.) als auch von Karbonaten (Kalk und Dolomit), aber ebenso von der Temperatur, dem pH-Wert und den Redoxbedingungen in Wasser und Böden. Die Messung der Wasserparameter (Temperatur, pH, elektrische Leitfähigkeit und chemische Zusammensetzung) geben gute Anhaltspunkte über den Ursprung und den durchlaufenen Weg des Wassers. Für Grundwasser schwanken die gemessenen Leitfähigkeiten von einigen  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bis zu  $1200 \mu\text{S}/\text{cm}$ , während die Wassertemperaturen zwischen 2 bis  $12 \text{ }^\circ\text{C}$  liegen, je nach durchflossenem Gestein und der Länge des Fließwegs.

## **Natural water chemistry**

*Because of the geological diversity of Val Piora, surface and groundwater show a large diversity in salinity and chemical composition. Water chemistry mainly depends on the mineral composition of rocks and minerals within the catchment area, particularly of silicates (quartz, feldspar, amphibole . . .) and carbonates (limestone and dolomite). Other important parameters are the temperature, pH and redox conditions in water and soil. Among the easily measurable parameters which give an indication on the origin of a spring or a river and on the direction of water flow, one can mention the water temperature, pH, electrical conductivity and the major chemical parameters. For example, groundwater is characterized by conductivities between a few  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and  $1200 \mu\text{S}/\text{cm}$ , whereas water temperatures vary between 2 and  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ , both depending on the rock type the water flows through and on the length and depth of the circulation path.*

Schmelzwasser von Schnee und Firn ist sehr schwach mineralisiert. Es zeigt tiefe Temperaturen und geringe elektrische Leitfähigkeiten im Bereich von 5 bis 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . So führt beispielsweise die „Riale di Fontanella“, welche den Südteil der Piora-Zone drainiert und in den Lago Ritom abfließt, praktisch nur Schmelz- und Regenwasser. Das andere Extrem der Leitfähigkeiten finden sich in Quellen, welche in den Feuchtgebieten unterhalb der Kapelle von San Carlo austreten, und wo Werte bis über 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  gemessen werden. Diese Werte basieren auf den hohen Konzentrationen an Sulfaten, Kalzium und Magnesium.

Endlich ist zu bemerken, dass im Val Piora keine Sulphatgesteine (Gips, Anhydrit) anstehen. Gips und Anhydrit bilden aber im Val Canaria und im Val Bedretto grosse Aufschlüsse. Wässer, welche diese Sulphatgesteine durchflossen haben, zeichnen sich durch hohe Salinität aus. Im tiefen Untergrund unter Val Piora gelegene Sulphatvorkommen erklären folglich auch die Meromixis, d.h. die chemische Schichtung im Lago di Cadagno.

**Abbildung 25:** Messung der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit einer Quelle im Val Piora.

**Figure 25:** Measuring the temperature and electrical conductivity of spring water in Val Piora.

#### 1.4. Biologie: Flora und Fauna

Dank der Vielfalt der Lebensräume zeigt die alpine Umwelt eine grosse, oft an extreme Lebensbedingungen angepasste Vielfalt von Pflanzen- und Tierarten.

Im Val Piora wird seit zwei Jahrhunderten wissenschaftliche Forschung zu biologischen Aspekten betrieben, vor allem auf den Gebieten Hydrobiologie und Botanik. Diese Ergebnisse werden ergänzt durch Berichte des Amtes für Jagd und Fischerei des Kantons Tessin und weitere Erhebungen. Trotzdem bleiben noch viele ökologische Fragen offen. Besonders zur Fauna, speziell zur Invertebratenfauna, existieren erst wenige wissenschaftliche

*Melt water from snow, firn and surface water in general have a very low salinity. Water temperatures are low and the electrical conductivity varies between 5 to 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . As an example, the „Riale di Fontanella“ River drains mainly rain and melt water (surface water) from the southern part of the Piora - Zone and flows into the Lago Ritom.*



*At the other end of the scale, there are groundwater springs in the wetlands below the chapel of San Carlo, where conductivity is higher than 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . These values are due to high concentrations of sulphate, calcium and magnesium. Finally, it should be noted that no outcrops of sulphate rocks (gypsum, anhydrite) are known in the Val Piora. On the other hand, these rocks are widely known in the Val Canaria and Val Bedretto, where they are at the origin of high salinity water. In the Val Piora, groundwater circulation through deeply buried sulphates may therefore explain meromixis, i.e., the chemical stratification in Lake Cadagno.*

#### 1.4. Biology: Flora and Fauna

*Thanks to the diversity of habitats, the Alpine environment shows a high diversity in plant and animal species, often adapted to extreme living conditions.*

*In the Val Piora, scientific research on biological aspects has been carried out since two centuries, especially in the fields of hydrobiology and botany. Results are supplemented by reports of the Office for hunting and fishing of Canton Ticino and other surveys. Nevertheless, major ecological questions remain. Especially for the fauna, and particularly for the invertebrate fauna, only a few scientific studies have been carried out. The International Year of Biodiversity 2010 served as background for further*

Untersuchungen. Das Internationale Jahr der Biodiversität 2010 diente als Anlass für weitere floristische und faunistische Untersuchungen. Hierzu organisierte das Kantonale Naturhistorische Museum in Zusammenarbeit mit der Tessiner Naturforschenden Gesellschaft, dem Centro Biologia Alpina und der Beteiligung von fünfzig Spezialisten während zwei Tagen die Erhebung eines Arteninventars. Die Resultate wurden im Jahr 2012 in Band 11 der „Memorie“ der Tessiner naturforschenden Gesellschaft publiziert. Sie belegen die Wichtigkeit derartiger Erhebungen, um die Kenntnisse zum Zustand und der Veränderung der Biodiversität zu verbessern.

## Flora

Dank den speziellen Umweltfaktoren, der Geologie und dem Klima im Raum der Südalpen verfügt das Val Piora über eine ausserordentliche floristische Vielfalt. Es handelt sich um eines der reichsten Gebiete im Alpenraum, mit mehr als 1000 Pflanzenarten: 511 Arten von Gefässpflanzen (Daten des ZDSF, Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora), zuzüglich neue Arten, die im Rahmen der «48 Stunden für die Biodiversität 2010» entdeckt wurden), 400 Arten von Bryophyten (Daten des Nationalen Inventars der Moosflora, Zürich, NISM), 172 Arten von Pilzen (Information des Nationalen Inventars der Schweizer Pilzflora WSL, Birmensdorf, sowie der Mykologische Sammlung des Kantonalen Naturhistorischen Museums in Lugano) und 177 Flechtenarten (Erhebungen im Rahmen der «48 Stunden für die Biodiversität 2010»).

Wichtige Arbeiten zur Flora des Val Piora wurden durch Hainard (1986), Selldorf & Geissler (1984, 1986) und Zanon (1996) publiziert. Abb. 27 zeigt eine Kartierung der Pflanzengesellschaften um den Lago di Cadagno, welche im Rahmen einer Master-arbeit durch Massy (2011) erstellt wurde.

**Abbildung 26**, links: Feuerlilie (*Lilium bulbiferum*) unter einem Felsvorsprung von Granatgneis. Rechts oben: Kochscher Enzian (*Gentiana acaulis*). Rechts unten: Weisse Silberwurz (*Dryas octopetala*) auf Karbonat-boden.



*investigations of the flora and fauna. To do so, the collection of a species inventory has been organized by the Cantonal Museum of Natural History, in cooperation with the Society of Natural History and the Centro Biologia Alpina, but also with the participation of fifty specialists during two days. The results have been published in 2012 in the volume 11 of the "Memorie" of the Society of Natural History of Canton Ticino. They demonstrate the importance of such surveys to improve the knowledge on the current state and changes in biodiversity.*

## Flora

*Thanks to the particular environmental factors, the contrasts in geology and the South-Alpine climate, the Val Piora has an extraordinary floristic diversity.*

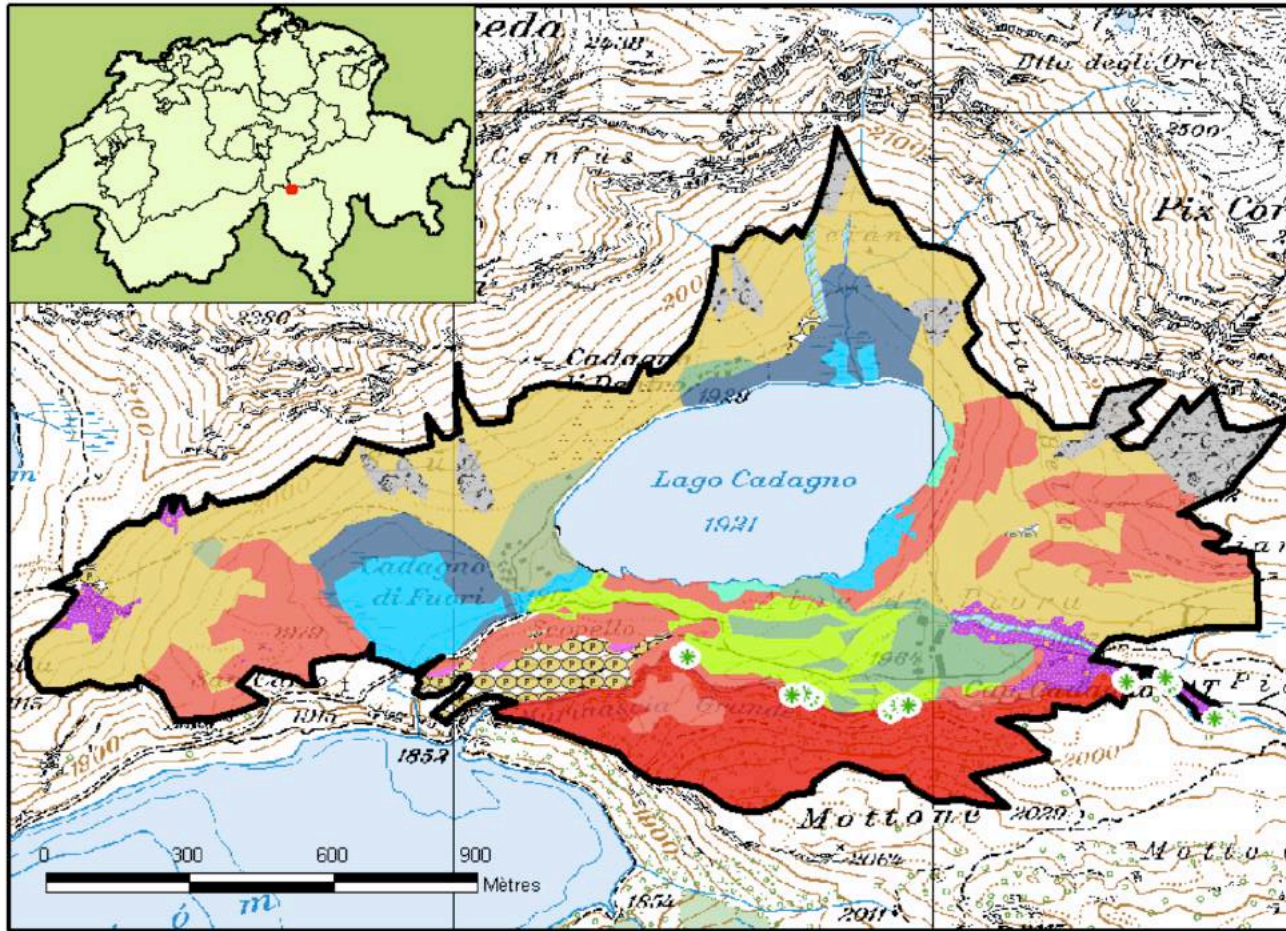
*The Val Piora is one of the richest areas in the Alps, with more than 1000 plant species: 511 species of vascular plants (data of ZDSF, the Centre of the data network of Swiss Flora, plus new species discovered during the "48 hours for the Biodiversity 2010"), 400 species of bryophytes (data from the National inventory of bryophytes, Zürich, NISM), 172 species of fungi (information of the National Inventory of the Swiss Fungi Flora, WSL, Birmensdorf, and Mycological Collection of the Cantonal Museum of Natural History, Lugano) and 177 species of lichen (data collected during the "48 hours for the Biodiversity 2010").*

*Significant results on the flora of the Val Piora have been published by Hainard (1986), Selldorf & Geissler (1984, 1986) and Zanon (1996). Figure 27 presents a map of the plant communities in the surroundings of Lago di Cadagno. This map has been established by J.E. Massy (2011) as part of a master thesis.*



**Figure 26**, left: *Lilium bulbiferum* beneath a cliff of garnet gneiss. Right, upper figure: *Gentiana acaulis*; right, lower figure: *Dryas octopetala* on carbonate soil.





**Abbildung 27:** Floristische Kartierung im Einzugsgebiet des Lago Cadagno (Massy 2011). Die Karte stellt die Pflanzengesellschaften gemäss «Guide des milieux naturels de Suisse : seconde édition» (Delarze & Gonseth 2008) dar. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15003).

Pflanzengesellschaften:

Plant associations:

- Alnenion viridis (5.3.9)
- Hochmoor
- Flachmoor
- Adenostylon (5.2.4)
- Quell - Pflanzengesellschaft(1.3)
- Rhododendro - Vaccinon (5.4.5)
- Juniperion nanae (5.4.4)
- Loiseleurio – Vaccinon (5.4.6)
- Nardion (4.3.5)
- Nardion (4.3.5) (L)
- Nardion (Dominante Adenostyle)
- Nardion (Dominante Poa alpina)
- Nardion (Dominante Rumex alpini)
- Poion alpinae (4.5.3)
- Poion supinae (7.1.7)
- Rumicion alpini
- Seslerion (4.3.1)
- Ruderalzone
- Silikatische Geröllhalde
- Salicion waldsteiniana (5.3.8)

**Figure 27:** Map of the floristic communities in the surroundings of the Lago di Cadagno (Massy 2011); floristic communities according to the „Guide of natural ecosystems of Switzerland“(Delarze & Gonseth 2008). Topography: Reproduced by permission of swisstopo (BA15003).



Der steile Berghang im Osten des Lago Ritom weist, ähnlich der Landschaften des Lukmaniers, grosse Lärchen- (*Larix decidua*) und Arvenwälder (*Pinus cembra*) auf. Man findet hier ebenfalls den Vogelbeerbaum (*Sorbus aucuparia*) und die Grünerle (*Alnus viridis*). Die Erle wächst auf den felsigen Abhängen und an den Ufern des Sees. Sie bildet am Abhang im Süden der Alpe di Piora einen undurchdringlichen Buschwald. In diesem Unterholz und auf weniger genutzten Alpweiden findet man unter anderem die seltene und geschützte Alpen-Akelei (*Aquilegia alpina*), sowie die Strauss-Glockenblume (*Campanula thyrsoides*). Auf den gegen Süden ausgerichteten Alpweiden ist die Rasenflora besonders reich. Unter den kantonal geschützten Pflanzen findet man die Feuerlilie (*Lilium bulbiferum croceum*, Abb. 26), den Türkenbund (*Lilium martagon*), das Rote Kohlröschen (*Nigritella rubra*) und die Rosa-Kugelorchis (*Orchis globosa*). Weitere, weniger seltene, aber nicht weniger schöne Arten sind etwa die Alpen-Aster (*Aster alpinus*), der Weisse Silberwurz (*Dryas octopetala*, Abb. 26), der Blaue Eisenhut (*Aconitum napellus*), die Grossblättrige Schafgarbe (*Achillea macrophylla*), die Weisse Trichterlilie (*Paradisea liliastrum*), die Alpen-Kuhschelle (*Pulsatilla alpina* ssp. *apiifolia*) und die seltenere Frühlings-Kuhschelle (*Pulsatilla vernalis*).

Geröllhalden sind Biotope von ausserordentlich grossem Artenreichtum. Die Pflanzengesellschaften, die sie kolonisieren, hängen eng mit der Natur des geologischen Untergrunds zusammen. Den Bergketten entlang der Leventina und bis ins Val Cadlimo finden sich Wiesen auf Hangschutt mit vorwiegend silikatischen Geröllen. Sie sind besonders reich an Gletscher-Hahnenfuss (*Ranunculus glacialis*), Brauner Hainsimse (*Luzula alpinopilosa*), Kriechendem Nelkenwurz (*Geum reptans*), Alpensäuerling (*Oxyria digyna*) und Zwerg-Schafgarbe (*Achillea nana*). Auf karbonatischen Gesteinen treten besonders folgende Arten auf: Blaugrüner Steinbrech (*Saxifraga caesia*), Echtes Federgras (*Stipa pennata*), Lienz-Tragant (*Astragalus leontinus*), Weissfilzige Alpenscharte (*Saussurea discolor*) und Alpines Bruchkraut (*Herniaria alpina*).

Wie bereits erwähnt, ist die Region auch durch die zahlreichen Feuchtgebiete charakterisiert, die zu vertieften Studien führten (Koch 1928 ; Geissler & Selldorf 1986). Das Moor von Bolle di Fuori (Abb. 16) umfasst Pflanzengesellschaften mit verschiedenen seltenen Pflanzen, wie z.B. *Carex pauciflora*, *C. magellanica*, *Drosera anglica*, *Utricularia minor*, sowie mehr als 100 Moosarten. Unter den Moosen finden sich *Paludella squarrosa*, *Meesia triquetra* und *Calliergon trifarium*, die als Relikte der letzten Eiszeit gelten.

The steep mountain slopes to the east of the Lago Ritom are occupied by larch (*Larix decidua*) and pine forests (*Pinus cembra*), similarly to the landscapes of Lucomagno. One can also find rowan (*Sorbus aucuparia*) and green alder (*Alnus viridis*). Alder grows on the rocky slopes and on the shores of the lake. On the slopes south of Alpe di Piora it forms an impenetrable bush. In this undergrowth and on less visited alpine pastures one can find the rare and protected Alpine columbine (*Aquilegia alpina*) and *Campanula thyrsoides*, the yellow bellflower. In pastures oriented southwards, the flora of meadows is particularly rich. Among the plants which are protected at cantonal level, one finds the tiger lily (*Lilium bulbiferum croceum*, fig. 26), the martagon (*Lilium martagon*), the red sprout (*Nigritella rubra*) and the pink Orchis *globosa*. Other, less rare, but not the less beautiful species include the alpine aster (*Aster alpinus*), the mountain avens (*Dryas octopetala*, fig. 26), the monkshood (*Aconitum napellus*), the large-leaved yarrow (*Achillea macrophylla*), the white funnel lily (*Paradisea liliastrum*), the Alpine anemone (*Pulsatilla alpina* ssp. *apiifolia*) and the rarer spring pasque flower (*Pulsatilla vernalis*).

Screes are habitats with a considerable species richness. The plant communities which colonize screes are related to the local geology. Meadows on the slopes of the mountain ranges along the Leventina and Val Cadlimo are mostly located on deposits with predominantly siliceous debris. They are particularly rich in *Ranunculus glacialis*, *Luzula alpinopilosa*, *Geum reptans*, *Oxyria digyna* and *Achillea nana*. Particular species are found on carbonate rocks: *Saxifraga caesia*, *Stipa pennata*, *Astragalus leontinus*, *Saussurea discolor* and *Herniaria alpina*.

As already mentioned, the region is occupied by numerous wetland zones, which have been studied by Koch (1928) and Geissler & Sellendorf (1986). The moor of Bolle di Fuori (fig. 28) is known for plant associations with various rare plants, such as *Carex pauciflora*, *C. magellanica*, *Drosera anglica*, *Utricularia minor*, as well as more than 100 species of moss. Among the mosses *Paludella squarrosa*, *Meesia triquetra* and *Calliergon trifarium* are considered as relics of the last ice age.

The Centro di Biologia Alpina has a herbarium, which has been created in 2009 and 2011 at the occasion of field courses by Prof. Rodolphe Spichiger from the Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. A second, identical herbarium is stored at the Conservatoire et Jardin Botanique de la Ville de Genève.



**Abbildung 28:** Moorlandschaft von Cadagno (oder: Bolle) di Fuori (Oktober 2014).

**Figure 28:** The moor of Cadagno di Fuori in October 2014.

Im Centro di Biologia Alpina befindet sich ein Herbarium, welches in den Jahren 2009 und 2011 anlässlich von Feldkursen durch Prof. Rodolphe Spichiger vom Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève angelegt wurde. Ein Doppel dieses Herbars wird am Conservatoire et Jardin Botanique de la Ville de Genève aufbewahrt.

Unter den auf den Alpwiesen gedeihenden Pflanzen finden sich etliche Kräuter mit besonderen Eigenschaften für die Milchproduktion. Ihnen verdankt der Piora-Käse seinen vorzüglichen Geschmack. Das Vieh schätzt in besonderer Weise die lokale «Mutarina» oder «Erba del Burro» genannte *Ligusticum mutellina* (Alpen-Mutterwurz). Ausserdem findet man die Milchkräuter *Polygala calcarea*, *Polygala comosa*, *Polygala amara* und *Polygala alpestris*, den Gold-Pippau (*Crepis aurea*), den Alpenen Wegerich (*Plantago alpina*) und den Westalpen-Klee (*Trifolium alpinum*).

Wir empfehlen allen Naturfreunden und Pflanzenliebhabern, das Tal und seine reiche Vegetation selbst zu entdecken. Die vorgeschlagenen Exkursionen bieten hierzu eine ausgezeichnete Gelegenheit.

Several herbs are present with on the alpine meadows with special characteristics for the production of milk. They provide an excellent flavour to the Piora cheese. The cattle appreciate in particular the local "Mutarina" or "Erba del Burro", *Ligusticum mutellina*. Furthermore, one finds the milk producing herbs *Polygala calcarea*, *Polygala comosa*, *Polygala amara* and *Polygala alpestris*, *Crepis aurea*, *Plantago alpin* and the western Alp clover (*Trifolium alpinum*).

We also recommend naturalists and botanists to discover the valley and its rich vegetation on their own. The proposed excursions provide an excellent opportunity to do this.

### Bibliographie / Bibliography

- Ceschi, I. 2006: Il bosco del Cantone Ticino, Dipartimento del Territorio.
- Delarze, R. & Gonseth, Y. 2008: Guide des milieux naturels de Suisse : deuxième édition, Rossolis.
- Geissler, P. & Selldorf, P. 1984: Piora un gioiello delle nostre montagne e un manuale per lo studio dell'ecologia alpina in una regione protetta, Nostro Paese 36 (163), pp.325-340.
- Geissler, P. & Selldorf, P. 1986: Vegetationkartierung und Transektanalyse im subalpinen Moor von Cadagno di Fuori (Val Piora, Ticino), Saussurea 17, pp.35-70.
- Hainard, P. 1986: Excursion botanique au Val Piora, Bollettino STSN 74, pp. 117-123.
- Massy, J.E. 2011: Région du Lac Cadagno, Val Piora : Changements environnementaux et développement durable d'une région de montagne de moyenne altitude : Evolution et état actuel de la couverture végétale. Mém. MUSE, Univ. De Genève, inédit.
- Spinelli A. & Vust M. 2011: La Val Piora: primo approccio a un mondo ricco di licheni ancora poco esplorato, Bollettino STSN 99, pp. 39-52.
- Zanon, P.L. 1996: Escursione botanica settembrina da Cadagno di Fuori ai laghetti di Taneda, Nostro Paese 48 (233), pp.37-46.
- Zoller, H. 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. - Denkschr. Schweiz. nat.forsch. Ges., 83, 45-156

## Fauna

Das Tal von Piora zeichnet sich durch das Vorkommen zahlreicher Säugetiere aus. Typische Bewohner dieser Bergwelt sind Steinbock (*Capra ibex*), (*Capra ibex*), Gemse (*Rupicapra rupicapra*), Hirsch (*Cervus*), Reh (*Capreolus capreolus*), Murmeltier (*Marmota marmota*, Abb. 29) (und selbst weisse Murmeltiere!), Hermelin (Grosses Wiesel, *Mustela erminea*), Mauswiesel (oder Kleines Wiesel, *Mustela nivalis*), Zobel (*Martes zibellina*). Alle haben hier einen idealen Lebensraum gefunden. Sie finden sich in Gesellschaft mit kleinen Nagetieren (Mäuse, Wühlmäuse) und Insektenfressern (Spitzmäuse, Maulwürfe, *Talpa europaea*). Die Alpenwaldmaus (*Apodemus alpicola*) wurde hier im Kanton Tessin erstmals im Rahmen der «48 Stunden für die Biodiversität 2010» gefunden. Unter den Reptilien findet sich gemäss Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (SZKF) als die einzige dokumentierte Reptilienart die Waldeidechse (*Zootoca vivipara*).

Die Viper (*Vipera aspis*), bis anhin unbekannt im Gebiet, wurde 2014 zweimal beobachtet. Amphibien sind mit zwei Arten vertreten, dem Grasfrosch (*Rana temporaria*, Abb. 30a) und dem Bergmolch (*Mesotriton alpestris*, Abb. 30b). Der geheimnisvolle und im Tessin seltene Alpensalamander (*Salamandra atra*) wurde erstmals im Jahr 1987 in der Nähe der Seelein von Taneda und 2009 am Lehrpfad von Ritom beobachtet.

Der heutige Fischbestand (acht Salmonidenarten, Karpfen und Groppen) beruht auf dem Besatz mit Jungfischen. Ein bekanntes Beispiel betrifft die Einsetzung von Seesaiblingen (*Salvelinus alpinus*) im Jahr 1915. Grosse Probleme entstanden bei der Einsetzung des Amerikanischen Seesaiblings (*Salvelinus namaycush*), ist für seine Gefrässigkeit bekannt.

Das Val Piora ist zusammen mit den Tälern von Santa Maria und Cadlimo Teil eines internationalen Vogelschutzgebietes (IBA, *Important Bird Areas*, Objekt Nr. 27 «Piora-Dötra»). Mehr als 40 Vogelarten nisten in diesem Gebiet. Zu diesen gesellen sich etwa 30 Zug- und Streifvogelarten. Schwierig zu beobachten ist der Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) mit seinem gefleckten Federkleid, der in seiner Funktion als Verbreiter der Arvenkerne nicht aus der Landschaft wegzudenken ist. Der Hausrotschwanz (*Phoenicurus ochruros*), der Bergpieper (*Anthus spinoletta*) und der

## Fauna

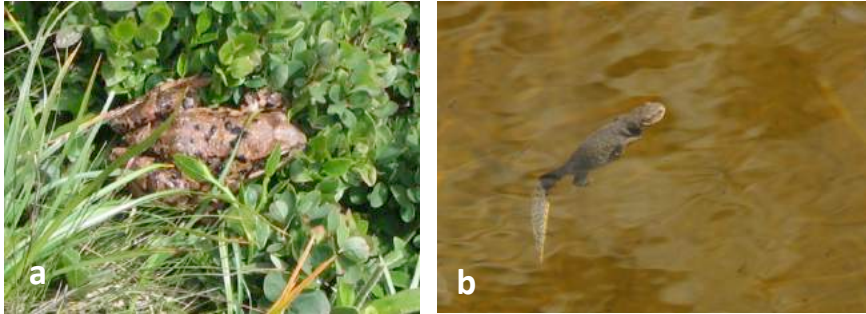
*The Val Piora is characterized by the occurrence of many mammals. Typical inhabitants of these mountains are the alpine ibex (Capra ibex), chamois (Rupicapra rupicapra), deer (Cervus), roe deer (Capreolus capreolus), marmot (Marmota marmota, fig. 29) (and even white marmots!), ermine (large weasel, Mustela erminea), weasel (or small weasel, Mustela nivalis), sable (Martes zibellina). All have found here an ideal habitat. They can be encountered together with small rodents (mice, voles) and insectivores (shrews, mole, Talpa europaea). The Alpine field mouse (Apodemus alpicola) was found here in Ticino for the first time during the "48 hours for the Biodiversity 2010". Among the reptiles, Zootoca vivipara is the only documented species by the Swiss Centre for the Cartography of Fauna (CSCF).*

*Vipera aspis, unknown until now in the field, was observed twice in 2014. Amphibians are represented by two species, the common frog (Rana temporaria, fig. 30a) and the Alpine newt (Mesotriton alpestris, fig. 30b). The mysterious and rare salamander (Salamandra atra) was first observed in 1987 near the small lakes of Taneda, and in 2009 along the didactic Ritom trail.*



**Abbildung 29:** Murmeltierfamilie (*Marmota marmota*) im Val Fripion, gleich östlich des Centro Biologia Alpina.

**Figure 29:** Marmot family (*Marmota marmota*) in the Val Fripion, the small valley east of the CBA.



**Abbildung 30 a:** Grasfrosch (beobachtet auf dem Pian Murinascia); **b:** Bergmolch (Motto Giübin).

**Figure 30a:** Common frog (observed in the Pian Murinascia); **b:** Alpine newt (Motto Giübin)

Steinmetzer (*Oenanthe oenanthe*, Abb. 31a) sind oft beobachtete Bewohner der Alpweiden. Mit etwas Geduld entdeckt man auf Felsköpfen und in den Wiesen am Fuss der Felswände den vielfarbigem Steinrötel (*Monticola saxatilis*, Abb. 31b).

In den Wiesen unterhalb des CBA nisten Braunkehlchen (*Saxicola rubetra*) und Ringdrosseln (*Turdus torquatus*). Die Ufer der Murinascia, das wichtigste Fließgewässer des Tales, beherbergt die Bergstelze (*Motacilla cinerea*) und die Wasseramsel (*Cinclus cinclus*).

Der Steinadler (*Aquila chrysaetos*) und der Turmfalke (*Falco tinnunculus*) können vor dem Hintergrund der Felswände im Norden des Pioratales beobachtet werden. In höheren Lagen trifft man auch den Weissen Schneefinken (*Montifringilla nivalis*), der bis auf eine Höhe von 2500 m nistet, sodann die Alpendohle (*Pyrrhocorax graculus*) und den Mauerläufer (*Tichodroma muraria*). Die Geflügelarten sind durch das Steinhuhn (*Alectoris graeca*) vertreten, sowie das Alpenschneehuhn (*Lagopus mutus*) und das Birkhuhn (*Tetrao tetrix*), dessen Balzverhalten man im Frühling früh am Morgen beobachten kann.



**Abbildung 31 a:** Steinmetzer (Männchen, *Oenanthe oenanthe*); **b:** Steinrötel (Männchen, *Monticola saxatilis*).

**Figure 31a:** Stonemasons (*Oenanthe oenanthe*, male); **b:** *Monticola saxatilis*, male.

Today's fish stock (eight salmonid species, carp and bullheads) is based on the release of young fish. A well-known example is the establishment of the Arctic char (*Salvelinus alpinus*) in 1915. Big problems have arisen in the establishment of the American Arctic char (*Salvelinus namaycush*), who is known for his gluttony.

The Val Piora is - together with the valleys of Santa Maria and Cadlimo - part of an international bird sanctuary (IBA, Important Bird Areas, no. 27 "Piora Dötra»). More than 40 species of birds nest in this area. These are joined by about 30 migratory birds and birds which migrate regionally. The nutcracker (*Nucifraga caryocatactes*) with its mottled plumage plays an important role as a disseminator of pine grains. Although it is difficult to observe, this bird is an integral part of the landscape. The black redstart (*Phoenicurus ochruros*), the water pipit (*Anthus spinoletta*) and the stonemasons (*Oenanthe oenanthe*, fig. 31a) are often observed inhabitants of the Alpine meadows. With a little patience can also observe *Monticola saxatilis* on rocky cliffs and in the meadows at the foot of the cliffs (fig. 31b).

The whinchat (*Saxicola rubetra*) and the ring ouzel (*Turdus torquatus*) nest in the meadows below the CBA. The banks of the Murinascia River, the most important one of the valley, are home to the wagtail (*Motacilla cinerea*) and the dipper (*Cinclus cinclus*).



Seit Ende der 1980er Jahre nistet hier gelegentlich sogar das seltene Blaubrüstchen, eigentlich dessen Unterart mit rotem Brustspiegel (*Luscinia svecica svecica*, Abb. 32), das zum Wahrzeichen des CBA wurde. Aufdringliche Photographen scheinen die Art während einigen Jahren von Piora vertrieben zu haben.

Die grösste, aber auch die am wenigsten untersuchte Tiergruppe, sind die Insekten; man schätzt die Artenzahl in den Alpen auf 30'000, wovon in Piora gemäss Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (SZKF) 482 Arten vorkommen sollen. Studien in dieser Region betreffen bisher v.a. Schmetterlinge und ans Wasser gebundene Insekten. Auf die ganze Klasse der Insekten bezogen sind noch viele Lücken offen.



**Abbildung 32:** Blaubrüstchen mit rotem Brustspiegel (*Luscinia svecica svecica*).

**Figure 32:** Bluethroat (*Luscinia svecica svecica*) with red breast mirror.

*The golden eagle (*Aquila chrysaetos*) and the kestrel (*Falco tinnunculus*) can be observed in front of the cliffs of the northern slopes of the Val Piora. At higher altitudes, one meets the white snow finch (*Montifringilla nivalis*), which nests up to an altitude of 2500 m, then the Alpine chough (*Pyrrhocorax graculus*) and the wallcreeper (*Tichodroma muraria*). The avian species are represented by the rock partridge (*Alectoris graeca*), the ptarmigan (*Lagopus mutus*) and the black grouse (*Tetrao tetrix*), whose mating behaviour can be observed in the morning during springtime.*

*Since the late 1980s even the rare bluethroat nests occasionally in Piora, more specifically its subspecies with red breast mirror (*Luscinia svecica svecica*, fig. 32). It has even become the symbol of the CBA. The behaviour of photographers seems to have kept it away from Piora during several years.*

*The largest but also the least investigated animal group are the insects. The number of species in the Alps is estimated to ca. 30'000, of which 482 species must be present in Piora, according to the Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (SZKF). So far, studies in the area have concentrated mainly on butterflies and insects associated with water. Lots of investigation remain to be done on the whole insect class.*

## Bibliographie / Bibliography

- Cereda, A. 1989: *Prima nidificazione certa del Pettazzurro in Ticino, Ficedula*, 1, 18-20.
- Graf R. & Kestenholz, M. 2002: *Gli uccelli delle Alpi, Stazione ornitologica svizzera*.
- Focarile, A. 1988: *Ricerche sui coleotteri del Parco alpino della Val Piora, Bollettino STSN* 76, pp.61-70.
- Macocchi, P. 1978: *La trota canadese sotto accusa, Aquicoltura tic.* 62, pp.46-47.
- Maddalena, T., Roesli – Mattei, M., Zaim, S. & Torriani, D. 2012: *I mammiferi della Val Piora (Canton Ticino, Svizzera), Memorie STSN*, Vol. 11.
- Polli, B. 2012: *Pesci della Val Piora (Canton Ticino, Svizzera), Memorie STSN*, Vol.11.

## 1.5 Alp Piora

Die Gemeinde Quinto hat eine Gesamtfläche von 7522 Hektaren, davon entfallen gut 3500 auf die Alp Piora. Die Almen sind von herausragender Bedeutung für die hiesigen Bauern. Die in Alpkäse verwandelte Milch ist wirtschaftlich einträglich, und der Alpbetrieb ermöglicht es, die Bauern von der Betreuung des Viehs während der Heuernte zu entlasten. Zudem ist das Weiden auf der Alp eine Massnahme zur Erhaltung der Biodiversität. Ungepflegte Wiesen und nicht bestossene Alpen lassen die Grasfläche und den Blument Teppich verganden, mit der Folge der Entwertung der von den Touristen sehr geschätzten Berglandschaft, die dadurch ihre Anziehungskraft für Besucher verlieren würde.

Um die Eigentums- und Nutzungsrechte der Alp klar zu regeln, hat die „Vicinanza“ von Quinto schon am 25. Mai 1227 mit einem Teilungsakt die Alpen Zembrasco-Prato und Ravina den Fraktionen Umbrio (Ambri), Scriuenco (Piotta gab es damals noch nicht) und Zovo zugesprochen. Den verbliebenen „Vicinie“ wurde die Alp Pigora (Piora) zugeteilt, die als beste der drei Alpen galt. Jede Fraktion hatte ihre eigene „Boggia“ (Herde) und produzierte unabhängig ihren eigenen Käse auf den verschiedenen Alpen. Noch heute sind nur die Nachfolger der damaligen Patrizier gesetzlich Eigentümer des Rechtes, Vieh auf der Alp zu sömmern. Die Patrizier mit einem Landwirtschaftsbetrieb in der Gemeinde Quinto können das ganze überwinterte Vieh anmelden, während die Nichtbauern, gleichgültig, ob sie in der Heimat oder im Ausland leben, eine Kuh melden können. Schon 1863 schrieb Luigi Lavizzari: „An jenen Orten (Lago di Cadagno), reich an üppigen Weiden, sieht man verschiedene Hütten, in denen hervorragender Käsen gemacht wird, vielleicht der beste des ganzen Kantons . . .“. Um ihren Käse aufzuwerten, verkauften die angrenzenden Alpen ihre Produkte auch unter der Beschreibung „tipo Piora“ oder „uso Piora“ und liessen den Namen der eigenen Alp weg.

1846 wurde die Alp mit 466 Kühen bestossen und die Milch zu 20'746 kg Käse verarbeitet. Das heutige Reglement sieht eine Obergrenze von 250 Milchkühen, 108 Rindern und 180 Jungrindern und Kälbern vor. Im Val Cadlimo weiden zusätzlich 600 Schafe und 20 Jak. Das Büro der „Corporazione Boggese Piora“ verwaltet die Weiden, der produzierte Käse

## 1.5. Alp Piora

*The municipality of Quinto covers a surface area of 75.2 km<sup>2</sup> (approx. 29 square miles), out of which 35 km<sup>2</sup> belong to the Alp Piora. The Alpine pastures represent a major resource for the local farmers. The production of Alp cheese is economically very rewarding for the cattle owners: while their cows are taken care on the Alp at the dairy, they can concentrate their efforts on haymaking at lower altitudes. Pastoral tradition is also essential for the preservation of the Alpine landscape. In unattended meadows and underutilized pastures, the flora and grass cover tends to deteriorate, thus harming the Alpine scenery so valued by the tourists.*

*In order to clearly define the relationships of ownership and rights of utilization, the “vicinanza” (municipality) of Quinto – with a land subdivision act written in 1227 – assigned the Alps of Zembrasca-Prato and Ravina to the hamlet of Umbrio (Ambri), Scriuenco (Piotta did not exist yet), and Zovo. The Alp Pigora (now Piora), considered to be the best of the three Alpine meadows, was assigned to the remaining hamlets. Each hamlet had its own herd and produced independently its own cheese at different “corti” (farmyards). Still today, only the successors of the former “patrician” families, called “boggese”, have the right to send their cattle on the alp, because they own it. Patricians with an agricultural farm in the municipality of Quinto can register all their cattle, provided it overwintered in their establishment, whereas non-farmers, whether they reside in Switzerland or in a foreign country, can register only one cow each. In 1863, Luigi Lavizzari wrote: “In the area (meaning Lake Cadagno), rich in fertile pasture, excellent cheeses, perhaps the best of the Canton, are produced in a number of dairies”. To increase the value of their products, several neighbouring cheese makers used to sell their cheese as “Piora type” or “Piora usage”, and did not name it after their own alp. In 1846, in Piora, 466 cows produced 20'746 kg of cheese. New regulations limit the acceptable number of cattle per season to 250 milking cows, 180 heifers, and 180 calves. A total of 600 sheep and 20 yaks graze in the Cadlimo valley. The Guild of the Boggese of Piora manages the alp, while the produced cheese belongs to the individual “boggese”. During each season on the alp, the milk produced by each cow is weighed three times (evening and morning) at different dates. Each “boggese” will receive*

gehört den einzelnen «Boggesi». Während der Alpsaison wird die Milch jeder Kuh an drei verschiedenen Daten abends und morgens gewogen, und jeder Besitzer erhält diejenige Käsemenge, die der von seinen Kühen stammenden Milchmenge entspricht. Nebenprodukte wie Butter und Ricotta (quarkähnlicher Weichkäse) werden direkt auf der Alp verkauft. Die Kühe weiden im Gebiet der beiden Alpsiedlungen von Piora und Carorescio (2 Käser, 3 Hirten, 2 Stallknechte und eine Köchin), die Rinder verteilen sich im Raum Tom und Pinet (1 Hirt), die Kälber auf den Höfen Ritom, Fontanella und Passo dell'Uomo (1 Hirt).

Die hervorragende Qualität des Piora-Käses hängt von verschiedenen entscheidenden Faktoren ab: a) von der Kombination von karbonatischem und silikatischem Gesteinssubstrat zwischen Piora-Mulde, Gottharddecke und Lukmanier-Decke, wo unterschiedliche Böden verantwortlich sind für die grosse Diversität der Vegetation und die Anwesenheit Milch fördernder Kräuter; b) Die Alp liegt ganz oberhalb der Waldgrenze; die Weiden in der weiten Piora-Mulde profitieren den ganzen Tag von der Besonnung; c) zahlreiche Wasserläufe (58) und Seen (21) und häufige Niederschläge sorgen für genügende Feuchtigkeit.



*a different amount of cheese at the end of the season depending on the number of cows he owns and on the productivity of each of his cows. Secondary products, such as cultured buttermilk and ricotta cheese are sold directly on the alp. Cows graze on the Piora and Carorescio farmlands (2 dairy farmers, 3 shepherds, 2 stablemen and one cook), heifers on the farmland of Tom and Pinet (1 shepherd), and calves on the ritom, Fontanella and Passo dell'Uomo land (1 shepherd).*

*The high quality of the cheese depends on a number of local features: a) the occurrence of sedimentary rocks of calcareous origin trapped within the crystalline rocks of the San Gotthard and the Lucomagno- Nappe, b) the East-West orientation of the Piora Valley and the fact that the area is above the tree line, which provides full sun exposure throughout the day on both slopes, c) the abundance of streams (58), lakes (21), and sufficient rain, d) the geological diversity which promotes greater grass and flower biodiversity, with a predominance of aromatic foraging species, such as *Ligusticum mutellina*, hawksbeard (*Crepis aurata*), plantain (*Plantago alpina*), and several species of clover. This rich pasture, devoid of weeds, is particularly important for the development of the specific aroma and flavour of the Piora cheese. The quality of the pasture also gives the cheese its typical softness and delicate sweetness, a pleasant smell and a savory flavor increasing with time through maturation. In order to preserve the genuine identity and purity of the cheese, cows are never fed with grain-rich concentrated fodder, even though its usage (up to 2 kg/day for each animal) is authorized by the DOP (Appellation of Protected Origin). In 2014 with a total of 257 cows, the Piora production reached 3332 cheese wheels with a total weight of 22'875 kg.*

**Abbildung 33:** Alp Piora (im Vordergrund: Neue Alpkäserei); Rückkehr der Kühe zur Melkzeit.

**Figure 33:** The Alp Piora (in the foreground: the new cheese dairy); return of the cows from the meadows to the alp.

## Bibliographie / Bibliography

Die reichhaltigen duftenden Weiden ohne Unkraut tragen in hohem Masse dazu bei, dem Piora-Käse das besondere Aroma und den würzigen Geschmack zu verleihen und die Käsemasse weich und sanft werden zu lassen, sodass sie im Gaumen schmilzt. Der unaufdringliche angenehme Duft und der köstliche würzige Geschmack werden mit vorrückendem Alter bei guter Lagerung noch intensiver. Um dem Käse seine Echtheit und Reinheit zu bewahren, wird in Piora freiwillig auf eine Zugabe von Kraftfutter wie Getreide verzichtet, obwohl das Herkunftszeugnis (AOC) dies bis zu 2 kg pro Tag und Kuh erlaubt. Im Jahr 2014 betrug die Käseproduktion der Alp Piora mit 257 Kühen 3332 Käselaipe mit einem Totalgewicht von 22'875 kg.

- Ceschi, I. 2006: Il bosco del Cantone Ticino, Dipartimento del Territorio.
- Geissler, P. & Selldorf, P. 1984: Piora un gioiello delle nostre montagne e un manuale per lo studio dell'ecologia alpina in una regione protetta, Nostro Paese 36 (163), pp.325-340.
- Geissler, P. & Selldorf, P. 1986: Vegetationkartierung und Transektanalyse im subalpinen Moor von Cadagno di Fuori (Val Piora, Ticino), Saussurea 17, pp.35-70.
- Hainard, P. 1986: Excursion botanique au Val Piora, Bollettino STSN 74, pp. 117-123.
- Spinelli, A. & Vust, M. 2011: La Val Piora: primo approccio a un mondo ricco di licheni ancora poco esplorato, Bollettino STSN 99, pp. 39-52.
- Zanon, P.L. 1996: Escursione botanica settembrina da Cadagno di Fuori ai laghetti di Taneda, Nostro Paese 48 (233), pp.37-46.
- Zoller, H. 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. - Denkschr. Schweiz. nat.forsch. Ges., 83, 45-156.

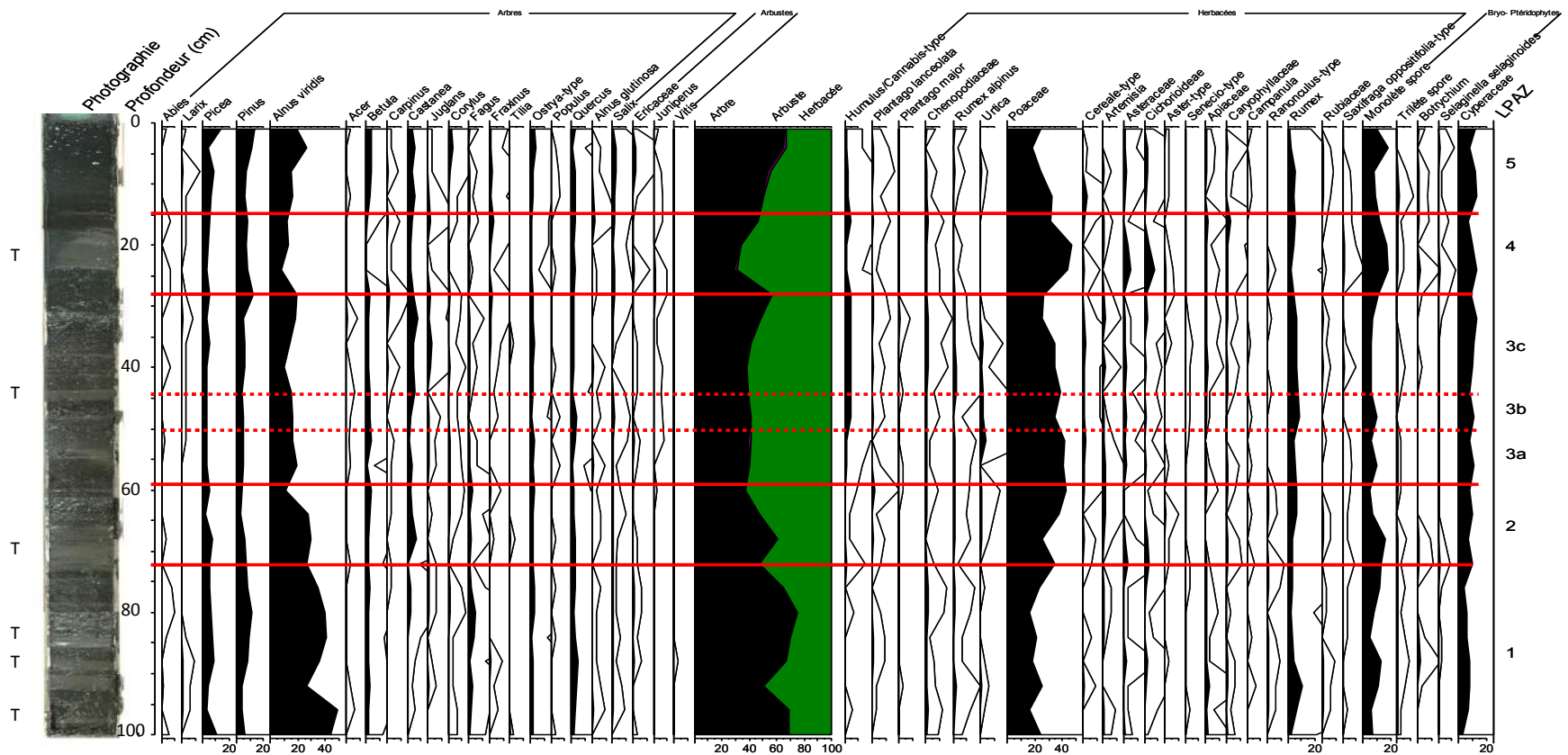
### 1.6. Umweltgeschichte

Ein Sedimentkern von 10.4 m Länge aus dem zentralen Bereich des Lago di Cadagno bildet 12'500 Jahre Geschichte des Sees und seiner Umgebung seit dem Rückzug der Gletscher am Ende der letzten Eiszeit ab (Wirth et al. 2013). Seit dem letzten Kälteeinbruch, „Rezente Dryaszeit“ genannt, erlebte das Val Piora mehrfach grosse Veränderungen, namentlich im Zusammenhang mit der Klimageschichte und der Besiedlung der Region durch den Menschen, die vor 800 Jahren zur Einführung der Alpwirtschaft führte (Kapitel 1.5). Diese Veränderungen sind im Sediment des Sees dokumentiert, wo beispielsweise die Zusammensetzung der Pollen ein Bild der Entwicklung der Vegetation im Umfeld des Sees geben. Als weiteres Beispiel zeugen Sandschichten zwischen feinen Sedimenten von „Turbiditen“, d.h. von kleinen Sandlawinen, die bei Hochwasserereignissen in den See eingetragen wurden. In der folgenden Diskussion interessieren wir uns insbesondere für die Klimageschichte und den menschlichen Einfluss auf die Seesedimente und damit auf die Veränderungen der Umweltqualität.

### 1.6. Environmental History

*A sediment core of 10.4 m length recovered in the central part of Lake Cadagno reflects 12'500 years of history of the lake and its surroundings, since the glaciers retreated at the end of the last ice age (Wirth et al. 2013). Since the last cold climate event, called "Upper Dryas", the Val Piora experienced multiple major changes, especially in the context of climate history, human settlement in the region and introduction of the alp economy 800 years ago (Chapter 1.5). These changes are documented in the sediments of the lake, for example through the changing composition of the pollen content, which reflects the evolution of the vegetation around the lake through time. As another example, sand layers called "turbidites" (small sand avalanches) represent flood events in the lake. In the following discussion, the focus will be on the climate history and human impact on lake sediments and consequently on changes in the environmental quality.*





**Abbildung 34:** Sedimentkern und Pollendiagramm des zweiten Sedimentkerns aus dem Lago di Cadagno. Die Pollenkonzentrationen sind in % des gesamten Pollenspektrums aufgezeichnet. Von links nach rechts: Photo der Lithologie (T: Turbidite), Sedimenttiefe, Baumpollen, Büsche, Verhältnis Baumpollen/Nicht-Baumpollen (PA/NPA), Graspollen, Wasserpflanzen, Lokale Pollenzonen (LPAZ; Massy 2011).

**Figure 34:** Sediment core and pollen diagram of the second sediment core from the Lago di Cadagno. The pollen diagram is in % of the total pollen content. From left to right: photo of the lithology (T: turbidite), sediment depth (cm), tree pollen, shrubs, tree pollen/non tree pollen (PA/NPA), grass pollen, water plants, local pollen zones (LPAZ; Massy 2011).

Massy (2011) studierte im Rahmen einer Masterarbeit die Sedimentologie zweier Kerne aus dem zentralen, anoxischen (sauerstofffreien) Teil des Sees. Ein Kern von 55 cm Länge entspricht etwa 500 Jahren und der zweite 105 cm lange Kern etwa 1000 Jahre Ablagerungsgeschichte. Das Diagramm (Abb. 34) präsentiert die Pollenverteilung verschiedener Pflanzen im letzteren.

In der Pollenstratigraphie (Schichtabfolge) stammen alle als Kerne gestochenen Sedimente aus der sogenannten „Chronozone X“, oder dem „Jungen Subatlantikum“ (Neuzeit), das vor 1000 Jahren begann (Firbas 1949). Im vorliegenden Sedimentkern können die Pollenspektren (quantitative Zusammensetzung) in fünf Zonen (Zeitschnitte, LPAZ 1 – 5) unterteilt werden (Abb. 34):

*LPAZ 1, Mittelalter, Dominanz von Baumpollen (Wald):* Das Verhältnis PA/PNA (Baumpollen/Nicht-Baumpollen) ist deutlich zugunsten der PA und ist dominiert durch Grünerle (*Alnus viridis*). Lärche (*Larix*) ist in den untersten 20 cm der Zone gut vertreten, ebenso *Pinus* (v.a. Arve?), Fichte (*Picea*) und Weisstanne (*Abies*). Buche (*Fagus*) ist gut vertreten. Die Edelkastanie (*Castanea*) erscheint zu Beginn dieser Periode und entwickelt sich später. Unter den Nicht-Baumpollen (PNA) überwiegen die Gräser (*Poaceae*). Blacken (*Rumex*), Korbblütler (*Asteraceae*) und Doldenblütler (*Apiaceae*) erhöhen ihren Anteil beim Einbruch der Weisstanne (Abb. 34). Pollen vom Typ *Humulus/Cannabis* sowie Zerealien erscheinen sporadisch.

*LPAZ 2, Übergangsperiode:* PA (dominiert durch *Alnus viridis*) gehen zurück, *Abies* und *Larix* verschwinden fast. *Castanea* und *Fagus* halten ihren Bestand. Am Anfang der Zone zeigen *Asteraceae*, *Cichorioideae* (Gruppe der Korbblütler) und Sporen eine Erhöhung. Gegen Ende erscheint *Juniperus* (Wacholder), krautige Pflanzen nehmen zu und *Humulus/Cannabis* werden häufiger.

*LPAZ 3, Vorherrschaft der Gräser:* *Abies* tritt sporadisch auf, *Pinus*, *Picea* und *Larix* bleiben stabil. *Juglans* (Walnuss) und *Fraxinus* (Esche) nehmen zu. Zu Beginn der Zone erkennt man eine Spitze von *Salix* (Weide). Bei den Gräsern finden sich Zerealien, *Humulus/Cannabis*-Typ und *Urtica* (Nesseln). Auch bei *Asteraceae* und Sporen zeigt sich am Anfang der Zone eine Spitze.

*LPAZ 4, Drastischer Rückgang der Bäume (des Waldes):* *Abies* bleibt,

*In her master thesis Massy (2011) studied the sedimentology of two cores from the central anoxic (oxygen-free) part of the lake. The first 55 cm long core represents 500 years of sedimentation and the second 105 cm long core about 1000 years of depositional history. The diagram in figure 34 presents the pollen distribution of various plants in this second core.*

*According to pollen stratigraphy, the whole sediment cores from the Lago di Cadagno belong to the so-called "Chrono Zone X", or the "Younger Subatlantic" (Modern Times), which began 1,000 years ago (Firbas 1949). In this sediment core, the quantitative pollen spectra belong to five local pollen zones (periods LPAZ 1 – 5; fig. 34):*

*Zone LPAZ 1 corresponds to the Middle Ages with a dominance of tree pollen (forest). The ratio of PA / PNA (tree pollen / non-tree pollen) is clearly dominated by PA and green alder (*Alnus viridis*). Larch (*Larix*) is also abundant in the lowermost 20 cm of the zone, as well as *Pinus*, spruce (*Picea*) and fir (*Abies*). Beech (*Fagus*) is also well represented. The sweet chestnut (*Castanea*) appears at the beginning of this period and develops onwards.. Among the non-tree pollen (PNA), grasses predominate (*Poaceae*). *Rumex*, *Asteraceae* and *Umbelliferae* (*Apiaceae*) increase at the same time when the silver fir is low (fig. 34). Pollen of the *Humulus / Cannabis* type and cereals appear sporadically.*

*Zone LPAZ 2 is a transitional period: PA, dominated by *Alnus viridis*, decrease, and *Abies* and *Larix* almost disappear. *Castanea* and *Fagus* remain stable. At the beginning of the zone, *Asteraceae*, *Cichorioideae* and spurs show an increase. Towards the end *Juniperus* appears, and herbaceous plants and *Humulus / Cannabis* increase.*

*Zone LPAZ 3 is marked by the predominance of grasses: *Abies* occurs sporadically, *Pinus*, *Picea* and *Larix* remain stable. *Juglans* (walnut) and *Fraxinus* (ash) are increasing. At the beginning of the zone one observes a maximum of *Salix* (willow). Among grass pollen, one also finds cereals, *Humulus / Cannabis* type pollen and *Urtica* (nettles). Even *Asteraceae* and spores appear massively at the beginning of the zone.*

*Zone LPAZ 4 is marked by a dramatic decline in forest trees: *Abies* remains stable, Alder decreases and birch disappears completely when PA reaches its*

Grünerle geht zurück und Birke verschwindet ganz am Tiefpunkt der PA. Die Mehrheit der Laubbäume geht stark zurück. Bei den PNA dominieren Gräser und Asteraceen. *Urtica*, *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich), *Rumex* und *Chenopodiaceae* (Gänsefuss) gehen während dem Maximum der Gräser klar zurück. Die Sporen bleiben stark vertreten.

LPAZ 5, rezente Periode, Wiederanstieg der Bäume (Wald): PA steigen an mit einer klaren Dominanz von *Alnus viridis*, ebenso *Pinus*, *Picea*, und *Larix*, während *Abies* fast verschwindet. Die Anwesenheit von Birke (*Betula*) ist bemerkenswert, ebenso der Anstieg von Hopfenbuche (*Ostrya*) und Haselnuss (*Corylus*). Die Erikasträucher (*Ericaceae*) nehmen stark zu, Gräser (*Poaceae*) und Riedgras (*Cyperaceae*) nehmen ab. *Plantago lanceolata* und *Rumex* zeigen Spitzenwerte, und *Urtica* erscheint wieder. *Asteraceae* und Nelken (*Caryophyllaceae*) sind klar erkennbar, während *Humulus/Cannabis* selten werden. Im obersten Teil des Sedimentkernes erscheint Dorniger Moosfarn (*Selaginella selaginoides*), eine Pflanze aus Feuchtgebieten.

### Interpretation

Die im Sediment enthaltenen Pollen sind nicht alle lokalen Ursprungs. Bei einem Einzugsgebiet von 250 bis 750 m Durchmesser muss man mit 30 bis 50% regionalem Eintrag aus der Zone ausserhalb des unmittelbaren Einzugsgebietes rechnen. Es handelt sich zum Teil um Pollen von Pflanzen, die nicht in der Karte (Abb. 27) dokumentiert sind, wie Ahorn (*Acer*), Birke (*Betula*), Hainbuche (*Carpinus*), Kastanie (*Castanea*), Walnuss (*Juglans*), Buche (*Fagus*), Esche (*Fraxinus*), Hopfenbuche (*Ostrya*) und Eiche (*Quercus*), aber auch einige Gräser und Kräuter, wie etwa Hopfen (*Humulus*), *Cannabis* oder *Ambrosia*. Diese Pollen wurden meist durch aufsteigende Luftströmungen in die Region getragen und stammen ursprünglich aus der Alpenen oder Subalpinen Höhenstufe und aus dem Kulturland im Tal und an den Berghängen (Zoller, 1960). Zur Bestimmung der menschlichen Aktivität wählt man besondere Indikatorarten. In der Liste von Iversen (1941) werden Zerealienarten, Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*), und Breitwegerich (*Plantago major*), *Rumex*, *Artemisia* und *Chenopodiaceae* genannt Indikatorarten variieren, je nach Region und Ökologie. Ausserdem umfassen Zerealien (Getreide) auch Trespen (*Bromus*), Waldgerste (*Elymus europaeus*) oder Mäusegerste (*Hordeum*

*Lowest percentage. The majority of deciduous trees decreases sharply. The PNA grasses and Asteraceae dominate. Urtica, Plantago lanceolata (plantain), Rumex and Beetroot (Chenopodiaceae) decrease during the peak of the grasses. The spores remain strongly represented.*

*Zone LPAZ 5, the recent period, is marked by the re-increase in trees (forest): PA rise with a clear dominance of Alnus viridis, Pinus, Picea and Larix, whereas Abies almost disappears. The presence of birch (Betula) is noticeable, as is the increase in hornbeam (Ostrya) and hazel (Corylus). The erika shrubs (Ericaceae) increase, whereas grasses (Poaceae) and sedges (Cyperaceae) decrease. Plantago lanceolata and Rumex show peak values, and Urtica reappears. Asteraceae and carnations (Caryophyllaceae) are clearly present, whereas Humulus / cannabis are rare. At the top of the sediment core spike moss (Selaginella selaginoides) appears, a native plant of wetlands.*

### Interpretation

*The pollen grains in the sediments are not only local. An estimated 30 to 50% of the total pollen input comes from outside the immediate catchment area, which has a diameter of only 250-750 m. These are partly pollen of plants which have not been reported in the map (fig. 27), such as maple (Acer), birch (Betula), hornbeam (Carpinus), chestnut (Castanea), walnut (Juglans), beech (Fagus), ash (Fraxinus), hornbeam (Ostrya) and oak (Quercus), but also some grasses and herbs such as hops (Humulus), cannabis and Ambrosia. These pollen were mostly transported by rising air currents and are originally from the Alpine or subalpine altitude level and from the cultivated land in the valley and on the mountain slopes (Zoller, 1960). In order to determine the impact of human activity, one chooses particular indicator species. In the list of Iversen (1941), cereals, plantain (Plantago lanceolata) and common plantain (Plantago major), Rumex, Artemisia and Chenopodiaceae are mentioned as such indicator species and may vary depending on the region and ecological parameters. Furthermore, cereals also include brome (Bromus), forest barley (Elymus europaeus) or mice barley (Hordeum murinum) which are barely cultivated species.*

*murinum*), die kaum Kulturarten sind. Um aus dem Ackerbau zu stammen, müssen Zerealien etwa von Vogelknöterich (*Polygonum aviculare*), der Möhre (*Caucalis daucoides*), der Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*) oder der Kornblume (*Centaurea cyanus*) begleitet sein. In den Zählungen an der Basis des Sedimentkerns (Abb. 34) erkennt man keine solchen Begleitarten. Wir können deshalb die Pollen des Typs Zerealien hier nicht als Kulturpflanzen betrachten, sie stammen vermutlich von Trespen (*Bromus*). Weinreben (*Vitis*), Hopfen (*Humulus*) und *Cannabis* Arten kommen ebenfalls wild vor. Einzig signifikante Konzentrationen (> 1%) erlauben deshalb eine Zuordnung zu menschlichem Anbau.

Es ist schwierig, die Ausdehnung der Wiesen, Weiden oder Büsche mit Hilfe der Pollenanalyse abzuschätzen, denn v.a. gewisse Graspollen können entweder von einer besonders produktiven Art, oder von einer ökologisch weit verbreiteten Familie stammen, deren Herkunft nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann.

Für andere Arten ist die Interpretation leichter: Die Pollen von Nelken (*Caryophyllaceae*), Kreuzblütlern (*Brassicaceae*), Doldenblütlern (*Apiaceae*) und Rotgewächsen (*Rubiaceae*) werden durch den Wind nicht weit getragen. Eine Erhöhung dieser Pollen in einem Pollendiagramm weist auf zunehmenden lokalen Anbau hin (Zoller, 1960). Weitere Pollen lokaler Herkunft sind (Abb. 34) Rote Lichtnelke (*Silene dioica*), *Cerastium alpinum*, Alpen-Hornkraut, (*Biscutella laevigata*), Meisterwurz (*Peucedanum ostruthium*), Rauhaar-Laserkraut (*Laserpitium halleri*) und Triften-Labkraut (*Galium pumilum*).

Der menschliche Einfluss ist in den Pollendiagrammen leichter erkennbar als Klimaschwankungen. Eine Ausnahme bildet die Kleine Eiszeit (1500 bis 1850 AD, Van der Knaap et al., 2000). Wildfeuer und Abholzungen resultieren in Pollendiagrammen in einer Erhöhung der Graspollen und in Pollen von Bäumen mit grossem Lichtbedarf, wie *Betula* (Birke), *Corylus* (Haselnuss) oder *Alnus viridis* (Grünerle). Die Förderung des Weidebetriebs äussert sich in der Zunahme der Kräuterpollen, etwa *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich), *Urtica* (Brennnessel), *Achillea* (Schafgarbe), *Alchemilla* (Frauenmantel), der *Asteraceae* (Korbblütlern, Astern) und Farnsporen. Die Aufgabe von randständigen Weideflächen kann zu einem Zuwachs des Erlen- und Koniferenbestands führen.

Trotz der beschriebenen komplexen Zusammenhänge soll hier eine

*To be originated from agriculture, cereals must be accompanied by knotweed (Polygonum aviculare), carrot (Caucalis daucoides), field bindweed (Convolvulus arvensis) or cornflower (Centaurea cyanus). In the lower part of the sediment core (fig. 34) these plants are not encountered. Therefore, pollen of cereal type can not be considered here as cultivated plants, as they probably originate from brome (Bromus). Grapevines (Vitis), hops (Humulus) and cannabis species also occur as wild species. Therefore, only significant concentrations (> 1%) allow them to be assigned to human cultivation.*

*It is difficult to estimate the extent of the meadows, pastures or bushes by means of pollen analysis because certain grass pollen can be derived from either a particularly productive species or from an ecologically widespread family, whose origin can not be determined with certainty. For other pollen types, the interpretation is easier: The pollen of carnations (Caryophyllaceae), crucifers (Brassicaceae), parsley (Apiaceae) and Rubiaceae are not transported over long distances by wind. Increasing frequency of this pollen in a pollen diagram means increasing local farming (Zoller, 1960). Other pollen of local origin (fig. 34) are red campion (Silene dioica), Cerastium alpinum, Alpine chickweed, (Biscutella laevigata), Peucedanum ostruthium, wire-haired laser herb (Laserpitium halleri) and pasture bedstraw (Galium pumilum). Human influence is easier to recognize in the pollen diagrams than climate variations. An exception is the Little Ice Age (1500-1850 AD, Van der Knaap et al., 2000): wild fires and deforestation result in an increase of grass pollen and pollen from trees with important light requirement such as Betula (birch), Corylus (hazelnut) or Alnus viridis (green alder). The development of pasture activities is reflected through the increase in weed pollen, such as Plantago lanceolata (plantain), Urtica (nettle), Achillea (yarrow), Alchemilla, Asteraceae (composite flowers, asters) and fern spores. Abandoned pastures can lead to an increase in alder and conifers.*

*Despite these complex relationships, an interpretation of the pollen diagram (fig. 34) can be attempted, based on the age model (fig. 35) proposed by Massy (2011):*

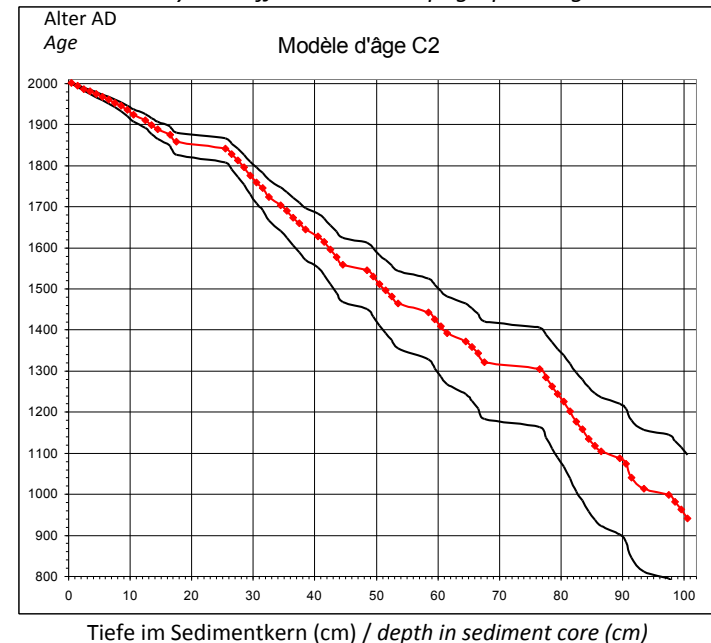
- *Around the year 1000 AD, the countryside surrounding the Lake Cadagno was largely covered by forests. Green alder dominated the vegetation.*



Interpretation des Pollendiagramms (Abb. 34) versucht werden, basierend auf dem von Massy (2011) vorgeschlagenen Altersmodell (Abb. 35):

- Um das Jahr 1000 AD ist die Landschaft um den Lago di Cadagno weitgehend bewaldet. Dabei dominiert Grünerlen Bewuchs.
- Der Anfang der Alpwirtschaft um das Jahr 1200 AD ist markiert durch einen steilen Anstieg der Nicht-Baumpollen (PNA, bei ca. 80 cm, Abb. 22, 23), v.a. der Gräser und Kräuter, bzw. durch den Einbruch der Erlen. Diese Periode könnte auch als Intensivierung der Waldnutzung interpretiert werden, bedingt durch erhöhte Bedürfnisse der Bevölkerung an Brenn- und Bauholz.
- In der Mitte des Sedimentkerns (Abb. 34, 35, zwischen 30 und 55 cm), weisen verschiedene Fakten auf eine Intensivierung der Weidetätigkeit hin. Der Anteil an Graspollen, ebenso wie jener der Zeigerarten *Rumex alpinus* und *Urtica* steigt an und *Alnus viridis* und die Koniferen gehen zurück. Dasselbe gilt für *Castanea* und *Fraxinus*. Dies zeigt, dass die Intensivierung der Nutzung auch tiefere Regionen betraf.
- Durch die Erwärmung im Verlauf der letzten Jahrzehnte nach der Kleinen Eiszeit gewinnen die Bäume im Pollendiagramm oberhalb von etwa 13 cm wieder die Überhand. Seit den 50-er Jahren des 19. Jahrhunderts werden die Hanglagen weniger intensiv durch das Vieh genutzt. Diese Standorte mit geringerem Weidedruck werden durch Erikaceen besiedelt, deren Pollen im obersten Teil des Sedimentkerns einen Anstieg zeigen (Abb. 34). Diese Veränderung könnte in unserer Vegetationskarte (Abb. 27) etwa die Zonen um den Lago di Cadagno und im Westen das Bolle di Fuori betreffen, wo gewisse Weideflächen aufgegeben wurden. Hier findet man eine Mischung von Heide und Borstgrasweide (*Nardion*). Gleichzeitig bewirkt die Erwärmung im ganzen Kanton Tessin eine Zunahme von Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*, Van der Knaap et al. 2000). Dies ist eine nützliche Zeitmarke in unserem Sedimentkern in einer Tiefe von 4-5 cm, die durch Pb<sup>210</sup>-Datierung bestätigt werden konnte.

- The beginning of human exploitation of the alp at around 1200 AD is marked by a sharp increase in non-tree pollen (PNA), mainly of grasses and herbs, and by the collapse of alder, at a depth of ca. 80 cm in the sediment core (figs. 3 and 35). These changes could also be related to the increase in forest use, because of raising needs of the population for timber and firewood.
- In the middle of the sediment core (between 30 and 55 cm, figs. 34 and 35), several facts point to an intensification of the pasture activity. The amount of grass pollen, as well as that of the indicator species *Rumex alpinus* and *Urtica* increase, whereas *Alnus viridis* and conifers decrease. The same applies to *Castanea* and *Fraxinus*. This means that this increase in activity also affected lower topographic regions.



**Abbildung 35:** Altersmodell des Sedimentkerns 2 (Massy 2011). Rote Linie: Gerechnetes Alter, schwarze Linien: Streubereich. Turbidite sind sichtbar durch Sprünge in der Sedimentmächtigkeit.

**Figure 35:** Age model of sediment core 2 (Massy 2011). Red line: age as calculated; black lines: mean variation. Steps in the line are due to turbidite intercalations (instantaneous events).

Gemäss dem auf Pb<sup>210</sup>-Datierung beruhenden Altersmodell liegt der Rückgang der Baumpollen zwischen 1400 und 1800 AD und stimmt recht gut mit der Kleinen Eiszeit überein. Wenn wir uns an dieses Altersmodell halten, so bleibt der Anteil der Baumpollen bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts schwach (ca. 12 cm Kerntiefe). Selbst wenn im 18. Jahrhundert eine vorübergehende Erwärmung stattgefunden hat, so war sie zu kurz, um die Vegetation vor der Rückkehr der Kälte des 19. Jahrhunderts zu verändern.

### **Bibliographie / Bibliography**

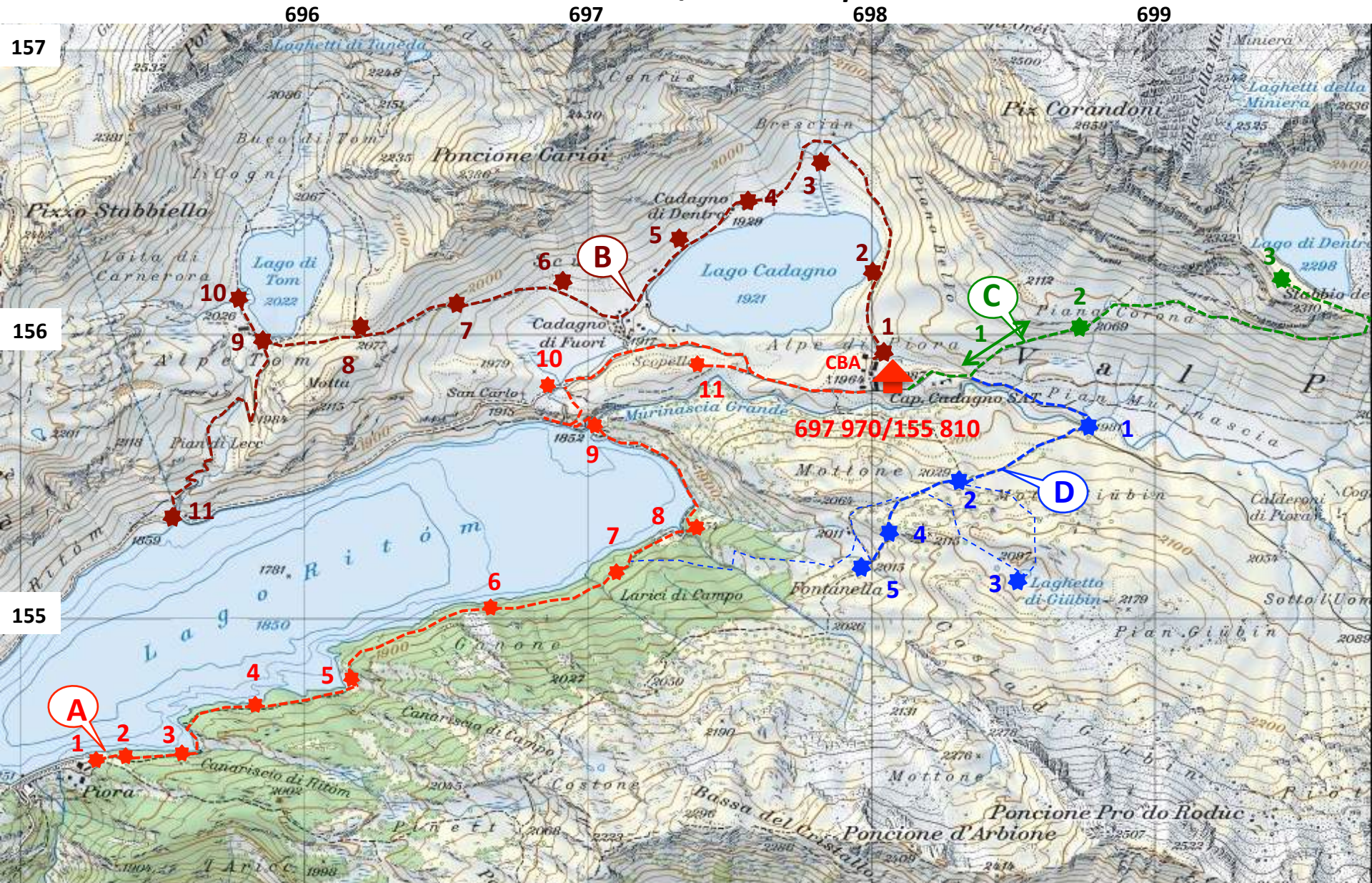
- Firbas, F., 1949: Waldgeschichte Mitteleuropas, G. Fischer, Jena, T. 1.
- Iversen, J., 1941: Landnam i Danmarks Stenalder: En pollenanalytisk Undersøgelse over det første Landbrugs Indvirkning paa Vegetationsudviklingen, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Vol 2, 66, Dansk tekst pp. 7-59, Engl. texte pp. 60-65, reprinted 1964.
- Massy, J.E. 2011: Région du Lac Cadagno, Val Piora : Changements environnementaux et développement durable d'une région de montagne de moyenne altitude : Evolution et état actuel de la couverture végétale. Mém. MUSE, Univ. De Genève, inédit.
- Van der Knaap, W.O., Van Leeuwen, J.F.N., Fankhauser, A. & Ammann, B., 2000: Palynostratigraphy of the last centuries in Switzerland based on 23 lake and mire deposits : chronostratigraphic pollen markers, regional patterns, and local histories. Review of Paleobotany and Palynology, 108, pp. 85-142.
- Wirth, S.B., Gilli, A., Niemann, H. et al. 2013: Sedimentological, trace metal (Mn, Mo) and molecular evidence for reconstructing past water-column redox conditions: The example of meromictic Lake Cadagno (Swiss Alps). Geochimica et Cosmochimica Acta 120, 220–238.
- Zoller, H., 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der Insubrischen Schweiz, Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., 83, pp. 45-156.

- *During the warming period of the last decades following the Little Ice Age, tree pollen increase at about 13 cm below the top of the sediment core. Since the 1950s, the slopes are less intensively used by the cattle. These sites with low grazing pressure become populated by Erikacea, with increasing pollen concentrations (fig. 34). This change could correspond in the vegetation map (fig. 27) to the areas around the Lake Cadagno and to the West of Bolle di Fuori where some pastures were abandoned. There is encountered a mixture of heath and Nardus pasture (Nardion). At the same time, climate warming caused an increase in hopbeam throughout Canton Ticino ( Ostrya carpinifolia , Van der Knaap et al., 2000). This is a useful time marker in the sediment core at a depth of 4-5 cm, which is confirmed by Pb<sup>210</sup> dating.*

*According to the Pb<sup>210</sup>-based age model, the decline in tree pollen at around 1400-1800 AD correlates quite well with the Little Ice Age. If we stick to this model, the percentage of tree pollen remains at a low level until the late 19<sup>th</sup> century (at a core depth of about 12 cm). Although the 18<sup>th</sup> century was marked by a temporary warming, the latter was too short to change the vegetation before the return of the cold in the 19<sup>th</sup> century.*



## 2. Exkursionen / 2. Field trips



**Abbildung 36:** Exkursionsrouten und Beobachtungsstandorte;  
Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15003).

**Figure 36:** Field trips and observation points; reproduced by  
permission of swisstopo (BA15003).



## Exkursionen A - C

### A. Lehrpfad Lago Ritom

- A.1 Start zum Lehrpfad
- A.2 Geschichte
- A.3 Der Wald
- A.4 Botanik
- A.5 Alpwirtschaft
- A.6 Poesie
- A.7 Lago di Cadagno
- A.8 Karbonatgesteine der „Doppelsynklinale“ von Piora: tektonischer Keil und karbonatische Wasserquellen
- A.9 Schlucht und Delta der Murinascia
- A.10 Granatschiefer der Piora-Zone
- A.11 Vom Weiler Cadagno zur Alpe di Piora: Landschaftslektüre

### B. Von der Alpe di Piora zum Lago di Tom

- B.1 Gestein und Pflanzenwelt: Flora auf zuckerkörnigem Dolomit; Val Fripp, ein ehemaliger Flusslauf der Murinascia
- B.2 Die Quellen des Lago di Cadagno
- B.3 Schuttkegel und Feuchtgebiet, Murgang- und Lawinenablagerungen
- B.4 Datierung von Alphütten mit Hilfe von Flechten?
- B.5 Firnmoräne bei Cadagno di Dentro
- B.6 Amphibolite der Gotthard-Decke
- B.7 Das Moor von Cadagno di Fuori
- B.8 Dolinen in der Karbonatzone
- B.9 Unterirdischer Ausfluss des Lago di Tom
- B.10 Sedimentzyklen auf einem Bachschuttkegel und Delta
- B.11 Vom Lago di Tom zum Ausfluss des Stollens vom Val Canaria und dem Reusstal

### C. Von der Alpe di Piora zum Lago di Dentro

- C.1 Glaziale und fluvioglaziale Geländeformen des Lukmaniergletschers
- C.2 Glimmer-Gneis und Amphibolite der Gotthard-Decke
- C.3 Lago di Dentro und Blockgletscher

## Field trips A – C

### A. The didactic trail of the Lago Ritom

- A.1 Start of the didactic trail
- A.2 History
- A.3 The forest
- A.4 Botany
- A.5 Alp economy
- A.6 Poetry
- A.7 Lago di Cadagno
- A.8 Carbonate rocks of the “double syncline” of Piora : tectonic wedge and carbonate water springs
- A.9 Gorge and Delta of the Murinascia River
- A.10 Garnet schists of the Piora-Zone
- A.11 From Cadagno to Alpe di Piora: landscapes

### B. From the Alpe di Piora to the Lago di Tom

- B.1 Lithology and flora: flora on saccharoidal dolomite: Val Fripp , a former course of the Murinascia River
- B.2 Springs of the Lake Cadagno
- B.3 Fans and wetland, debris flow and avalanche deposits
- B.4 Dating alp cottages using lichen?
- B.5 Firn-moraine at Cadagno di Dentro
- B.6 Amphibolites of the Gotthard-Nappe
- B.7 The moor of Cadagno di Fuori
- B.8 Sinkholes in carbonate rocks
- B.9 Underground outflow of the Lago di Tom
- B.10 Sedimentary cycles on an alluvial delta
- B.11 From the Lago di Tom up to the water tunnel discharge from the Val Canaria and Reusstal

### C. From the Alpe di Piora to the Lago di Dentro

- C.1 Glacial and fluvio-glacial landforms of the Lucomagno-Glacier
- C.2 Mica-rich gneiss and amphibolite of the Gotthard-Nappe
- C.3 The Lago di Dentro and its rock glacier



## Exkursion D

### D. Von der Alpe di Piora über den Laghetto di Giübin nach Fontanella

- D.1 Dolomite der Triaszeit und Kalkschiefer der Jurazeit in der Piora-Zone
- D.2 Der Aufstieg durch die Moränen
- D.3 Laghetto di Giübin
- D.4 Quarten-Formation: (Kalk-) Glimmerschiefer, mit Granat, Hornblende, Staurolith und Disthen
- D.5 Rauhwanke und Dolomitbrekzien der Trias

### Praktische Hinweise

#### Anreise

Fahrplan und Fahrkarten: [www.sbb.ch](http://www.sbb.ch), Tel. Rail Service: 0900 300 300  
Standseilbahn Piotta – Ritom: [www.ritom.ch](http://www.ritom.ch) (geöffnet 1. Juni bis 31. Oktober), Tel. 091 868 31 51

#### Restaurants (während der Sommerszeit):

- *Rifugio Ristorante Lago Ritóm (alla diga)\**: Tel. 091 868 14 24 – [contact@lagoritom.ch](mailto:contact@lagoritom.ch)
- *Canvetto Cadagno (Cadagno di Fuori)\**: Tel. 091 868 16 47 – [info@canvettocadagno.ch](mailto:info@canvettocadagno.ch)
- *Capanna di Cadagno SAT (Alpe di Piora)\**: Tel. 091 868 13 23 – [info@capannacadagno.ch](mailto:info@capannacadagno.ch)
- Unterkunft auf Anfrage

Studentengruppen mit didaktischem Reiseziel können sich auch ans Centro di Biologia Alpina wenden: [www.cadagno.ch](http://www.cadagno.ch).

Topographische Karte: Schweizerische Landeskarte 1:25'000, Blatt 1252 Ambri-Piotta.

Kommunikation, Rettung: Das mobile Telefonnetz reicht nicht über den Staudamm von Piora hinaus. Im Notfall wende man sich an eine der oben angegebenen Adressen oder verwendet ein Satellitentelephon.

## Field trip D

### D. From the Alpe di Piora to the Laghetto di Giübin and Fontanella

- D.1 Triassic and Jurassic carbonate schists of the Piora - Zone
- D.2 Climbing the moraine ridges
- D.3 The Laghetto di Giübin
- D.4 Quarten-Formation: calcareous mica schists with garnet, hornblende, staurolite and kyanite
- D.5 "Cornieule" and dolomite breccias, Triassic

### Practical information

#### How to arrive

Rail information and tickets: [www.sbb.ch](http://www.sbb.ch), phone Rail Service: 0900 300 300  
Funicular Piotta – Ritom: [www.ritom.ch](http://www.ritom.ch) (open June 1st to October 31), phone 091 868 31 51

#### Restaurants (summer season only):

- *Rifugio Ristorante Lago Ritóm (alla diga)\**: Tel. 091 868 14 24 – [contact@lagoritom.ch](mailto:contact@lagoritom.ch)
- *Canvetto Cadagno (Cadagno di Fuori)\**: Tel. 091 868 16 47 – [info@canvettocadagno.ch](mailto:info@canvettocadagno.ch)
- *Capanna di Cadagno SAT (Alpe di Piora)\**: Tel. 091 868 13 23 – [info@capannacadagno.ch](mailto:info@capannacadagno.ch)
- rooms on request

Student groups with educational aims may also contact the Centro di Biologia Alpina: [www.cadagno.ch](http://www.cadagno.ch)

Topographic map: Swiss national atlas 1:25'000, n° 1252 „Ambri-Piotta“.

Communication, rescue : The mobile telephone network does not extend beyond the dam of Piora. In an emergency, contact one of the addresses mentioned above or use a satellite phone .

## A. Lehrpfad Lago Ritom

Steigt man von der Endstation der Standseilbahn zum Lago Ritom hoch, so beginnt der Lehrpfad auf der rechten (orographisch linken) Seite des Staudamms. Der Lehrpfad bietet eine ökologisch orientierte Exkursion, mit historischen, kulturellen und biologischen Informationsposten, sowie Hinweisen auf lokale geschichtliche Ereignisse. Der Exkursionsführer wurde unter dem Titel «Naturlehrpfad Lago Ritom» publiziert (AA.VV. 2009, Koordination R. Peduzzi, © Funicolare Ritom SA). Der vorliegende erweiterte Text enthält zusätzliche Informationen zur Geologie und Landschaft.



**Abbildung a:** Lago Ritom, Regen bei Nordföhn über der Kette des Gotthardmassivs. Blick gegen Westen.

**Figure a:the** Lago Ritom, rain in a situation of northerly wind ("North – Foehn") blowing over the crest of the St Gothard. View towards the west.

## A. The didactic trail of the Lago Ritom

*Climbing up from the funicular terminal at the Lago Ritom, the didactic trail starts on the right (orographic left) side of the dam. The trail offers an ecologically oriented field trip with historical, cultural and biological information, and references to local historical events. The originally published excursion guide bore the title "Nature Trail Lago Ritom» (AA.VV. 2009 Coordination R. Peduzzi, © Funicolare Ritom SA). The present text contains additional information on the geology and landscapes.*

**Abbildung b:** Informationstafel am Ausgangspunkt des Lehrpfads. Die Texte der Informationstafeln entlang dem Lehrpfad sind hier übersetzt.

**Figure b:** Information panel at the starting point of the didactic trail of the Lago Ritom. On the following pages, the informations on the panels are translated into English.



## A.1 Start zum Lehrpfad

Der Fussweg verläuft zuerst im Wald und folgt dem Südufer des Lago Ritom. Am Nord-Ostende folgt ein steiler Aufstieg zum Weiler und Lago di Cadagno. Von dort erreicht man bequem die Alpe di Piora und das Centro di Biologia Alpina. Die Wanderung dauert etwa 2 ½ bis 3 Stunden.

**Geologie der Standorte A.1 bis A.7:** Die Beobachtungspunkte A.1 bis A.7 liegen alle auf Gesteinen die der Lukmanier-Decke angehören (Abb. 5). Die Aufschlüsse sind stark verwittert, mit starker Bodenbildung:

**A.1, A.2, A.3 und A.5:** Porphyritische, granitische Gneise (Orthogneis), z.T. stark geschiefert.

**A.4:** Serizit - Quarzite der Mels-Formation.

**A.7:** Schiefer und zwei Glimmer Paragneise, Amphibolite.



## A.1 Start of the didactic trail

*The footpath runs first through the forest and follows the southern shore of the Lago Ritom. At the north-eastern termination of the lake it goes up a steep slope to the village and Lake Cadagno. From there one can easily reach the Alpe di Piora and the Centro di Biologia Alpina. The walk takes about 2 ½ to 3 hours.*

**Geology of stops A.1 to A.7:** *The stops A.1 to A.7 are all located on geological formations belonging to the Lucomagno-Nappe (fig. 5). Outcrops are strongly affected by the weathering of the rocks and formation of soils:*

**A.1, A.2, A.3 and A.5:** *Porphyritic, gneiss of granitic origin (orthogneiss), partly with strong schistosity.*

**A.4:** *Sericite - quartzite of the Mels-Formation.*

**A.7:** *Schists and paragneiss with two micas, amphibolite.*

**Abbildung c:** Raffaele Peduzzi schuf den Lehrpfad im Jahr 2012 mit der Unterstützung der Funicolare Ritom SA und führte seither zahlreiche Besuchergruppen.

**Figure c:** *Raffaele Peduzzi funded the didactic trail in 2012 with the support of Funicolare Ritom SA, and guided numerous visitor groups along the trail.*

## A.2 Geschichte

Siehe Kapitel 1.1 und 1.3 der Einleitung



## A.2 History

See chapters 1.1 and 1.3

## A.3 Der Wald

### Lärche (*Larix decidua* Miller)

#### *Kennzeichnende Merkmale:*

Der Name zeigt noch den lateinischen Ursprung. Die Lärche ist von herausragender Grösse (Höhe: 30 – 35 m) und erreicht eine Lebensdauer von 500 Jahren (sogar bis 1000 Jahre an der Obergrenze der Bergwälder). Es ist das einzige hiesige Nadelholzgewächs mit fallenden Nadeln<sup>1</sup>. Die längliche, pyramidenförmige Baumkrone ist schütter und wird im Alter auf der subalpinen Stufe, wo sie die obere Grenze des Waldes und der Einzelbäume bildet, spitzbogig und unregelmässig. Die besten Wachstumsbedingungen findet die Lärche an offenen Standorten mit viel Sonneneinstrahlung, kühlem und lockerem Boden und trockenem, kontinentalem Klima. Oft tritt die Lärche als Pionierbaumart auf. In der Region Piora finden wir den Baum zusammen mit der Arve (und oft mit *Rhododendron ferrugineum*) in einer spezifischen Waldgesellschaft, auf lateinisch *Larici-pinetum cembrae typicum*.

*Rinde:* Erst grau und glatt, wird sie mit zunehmendem Alter dicker (mehr als 20 mm bei alten Bäumen im subalpinen Raum), von brauner bis rötlicher Farbe, und selbst Karmin<sup>2</sup> in tieferen Schichten.

*Blätter (Nadeln):* Diese haben die Form von kurzen, weichen Nadeln von hellgrüner Farbe, in Bündeln von 10 bis 30 Einzelnadeln. Im Herbst verfärben sie sich in roten und gelben Farben, bis sie dann abfallen.

*Blüten:* Einhäusige (monözische)<sup>3</sup> Baumart mit eiförmigen männlichen Kegeln von gelblicher Farbe und zylinderförmigen, dunkelroten weiblichen Blüten.

*Früchte:* Kleine eiförmige, aufragende Kegel, die alljährlich reifen, mit abgerundeten dünnen Schuppen, die auf dem Baum mehrere Jahre offen bleiben. Kleine, geflügelte Samen. Verbreitung durch den Wind (Anemochorie).

## A.3 The forest

### The larch (*Larix decidua* Miller)

#### *Identification:*

*both the Italian and English names (larice and larch) have preserved their Latin origin. This tree can grow up to 30-35 m in height and reaches an age of 500 years (sometimes even 1000 years, along the upper treeline in the Alps). It is the only deciduous<sup>1</sup> endemic conifer. The conical shape of the crown of the larch is not dense and with the age may become ogival or irregular. The larch is the dominant tree along the upper timberline. It favours sunlight and well-drained soils, and dry continental climates. Larch also often functions as a pioneer species. In the Piora area, the larch is found in a specific woodland association (Larici-pinetum cembrae typicum), with the Swiss pine (or Arolla pine) and the rhododendron.*

*The bark: initially grey and smooth, the bark of the larch becomes thicker (up to 20 cm thick in old subalpine specimens), of a brown-reddish colour, with deep carmine<sup>2</sup>-coloured furrows.*

*Leaves: the leaves are needle-like, short, soft to the touch, light green and form dense tufts of 10-30 needles on very short branches (brachyblasts). The leaves turn bright yellow before they fall in autumn.*

*Flowers: monoecious<sup>3</sup> plant with male ovoid and yellowish flowers and female cylindrical and dark red flowers.*

*Fruits: small ovoidal cones, erect, maturing annually, with rounded thin scales. The cones can remain open on the tree for many years. Small winged seeds dispersed by the wind (anemochory<sup>4</sup>).*





**Wurzeln:** Gebündelt und schräg, sehr robust; sie dringen tief in den Boden ein, auch in die mit Erde gefüllten Spalten im Gestein.

**Holz:** Variabel, Splintholz<sup>4</sup> weich, von gelblicher Farbe. Das Kernholz<sup>5</sup> ist von oranger bis roter Farbe, harzig, mit gut sichtbaren Jahrringen; Dichte: 660 kg/m<sup>3</sup>. Es besitzt vorzügliche Widerstandsfähigkeit, sei es an der Luft oder im Wasser.

**Ökologie:** Pionierpflanze, heliophil<sup>6</sup>, die ein trockenes, sonniges kontinentales Klima und gut drainierte Böden in der Höhenstufe von 700 bis 2000 m ü.M. schätzt.

**Verwendung:** Das Lärchenholz ist sehr dauerhaft, sieht gut aus, ist begehrt für den Haus- und Schiffsbau und in der Schreinerei. Die Lärche eignet sich auch für die Wiederaufforstung oder die Errichtung von Schutzwäldern, wo sie zusammen mit andern Baumarten in steilem und exponiertem Gelände eingesetzt wird. Die dicke, korkige Rinde der erwachsenen Bäume sorgt für eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Steinschlag.

**Besonderes:** In den Bergen wurde der Baum seit alten Zeiten vom Menschen gegenüber Arve und Tanne bevorzugt und dies vor allem wegen der hohen Qualität des Holzes und weil das Vieh im Schatten der ausladenden Äste weiden kann. Die Lärche war stets das Sinnbild eines robusten Baums. Aus Harz wurde ein Antiseptikum gegen Infektionskrankheiten und Entzündungen der Atemwege gewonnen. Im Sommer sondern die Nadeln die sogenannte „Manna von Briançon“ ab, die von den Bienen gesammelt wird. Ein Teil der Pfähle, auf denen die alten Wohnbauten von Venedig stehen, ist aus Lärchenholz.

- 1) Einzige Art mit Blättern (Nadeln), die sich jedes Jahr erneuern und normalerweise im Herbst abfallen
- 2) Rotabstufung
- 3) Art mit getrennten männlichen und weiblichen Blüten am selben Baum
- 4) Holz des äusseren Stamms, dessen hauptsächliche Funktion darin besteht, Wasser von den Wurzeln in die Krone zu befördern
- 5) Der zentrale Teil des Baumstammes hat keine Nährfunktion, sondern dient als Stütze der Holzteile, die sich am Besten für die Verarbeitung eignen
- 6) Art, die bei vollem Lichteinfall optimal wächst.

**Roots:** fasciculate and oblique roots, very sturdy, penetrating deep in the ground, and in pockets of soil inbetween rocks.

**Wood:** differentiated, with thin yellowish sapwood<sup>5</sup>, and red-orange, resinous heartwood<sup>6</sup>, with well-distinguishable annual rings and a density of 600 kg/m<sup>3</sup>. It is tough and durable, well suited for outdoor use, even under water.

**Ecology:** pioneer plant, heliophile<sup>7</sup>, requires continental dry and sunny climates. Does not survive excessive atmospheric humidity or summer droughts; prefers simple well-drained soils between 700 and 2000 m a.m.s.l.

**Uses:** larch wood is very durable and beautiful; it is valued as timber in naval construction and carpentry. The larch is also used for reforestation in open areas, or in association with other species for the prevention of erosion on exposed bare slopes. The thick corky bark protects the trees well from impacts caused by falling rocks.

**Curiosity:** for centuries, the alpine inhabitants favoured the larch over the Swiss pine and the fir because of the better quality of its wood and because larches provide better shelter from sun for the cattle. The larch is the symbol of toughness. An antiseptic used for the treatment of infections and inflammatory diseases is extracted from the resin of the larch. In summer, the leaves exude the so-called “Briançon manna” which is gathered by bees. Many antique houses in Venice are built on larch stilts.

- 
- 1) Tree species that loses its leaves each year in fall
  - 2) A shade of red
  - 3) Species with separate male and female flowers carried by the same individual
  - 4) Wind-borne dissemination
  - 5) Younger outermost wood which conducts raw sap from the roots to the leaves
  - 6) Central part of the trunk which has a structural and supporting rather than feeding role; it's the part of the trunk best suited for wood processing
  - 7) Species that finds its optimal growing condition in full sun

**Arve** (*Pinus cembra* L.) Lokaler Name: «Cirmolo».

*Kennzeichnende Merkmale:*

Die Arve ist ein immergrüner Baum, der 20 – 25 m Höhe erreicht. Seine Form ist zylindrisch – konisch. Er wächst langsam und ist äusserst langlebig, bis zu 500 Jahren. Die Baumkrone ist bei jungen Bäumen pyramidenförmig und schlank; bei erwachsenen Arven wird sie rundlich oder abgeflacht. Eine typisch kontinentale Baumart, deren Areal sich über die Alpen und die Karpaten erstreckt, wo sie Höhen bis 2500 m ü.M. erreichen kann. In der Schweiz gedeihen mehr als 80% der Bäume oberhalb 1800 m ü.M., die Hälfte sogar über 1960 m. Die Untergrenze der Ausbreitung wird bestimmt durch die stärkere Konkurrenzfähigkeit der Rottanne. Wir finden Arven hauptsächlich längs der Alpen, im Engadin, in den südlichen Walliser Seitentälern, im Tessin, am Lukmanier und in der Region Piora. Hier tritt die Arve in einer besonderen Waldgesellschaft, bestehend aus Lärche und Arve in Begleitung von *Rhododendron ferrugineum* als *Larici-pinetum-cembrae typicum* in Erscheinung.

*Rinde:* Anfänglich glatt und grau, neigt sie dazu, mit zunehmendem Alter Risse zu bilden, die im Innern rötlich erscheinen.

*Blätter (Nadeln):* Aufgerichtete, dünne Nadeln, ziemlich steif, sehr dicht, glänzend grün mit blaugrüner Innenschicht, 5 – 10 cm lang, in Bündeln von 5 Nadeln. Dies ist einzigartig unter den einheimischen Föhrenarten; bei anderen Arten sind die Nadeln stets zu zweit gebündelt.

*Blüten:* Pflanze mit zahlreichen gelben, kegelförmigen männlichen Blüten, gruppiert anstelle von Kurztrieben an der Basis von jungen Langtrieben. Weibliche Blüten sind eiförmig, aufgerichtet, von rot-violetter Farbe, angeordnet an den Enden der neuen Triebe.

*Früchte:* Aufgerichtete eiförmige Kegel, 4-7 cm lang, mit lederartigen Schuppen, in reifem Zustand von violetter Farbe. Sie enthalten grosse, essbare Samen (Pinienkerne) mit holziger Schale, die durch Tiere verbreitet werden. Zwei Jahre nach der Blüte (und bis im Frühling des dritten Jahres) reifen die Zapfen mit den Samen. Sodann fallen sie ab. Die Verbreitung hängt eng mit dem Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) zusammen, der diesen Samen liebt und unter Lärchen oder in Felshöhlen als Wintervorrat vergräbt. Die nicht gefressenen Samen dienen der Erneuerung des Baumbestandes

*Wurzeln:* Schräg, sehr lang; bieten dem Baum einen hervorragenden Halt.

**The Swiss (or Arolla pine)** (*Pinus Cembra* L.)

*Identification:*

*The Italian name of the species is of Latin origin. The tree is also commonly called « Cirmolo ». It is a very long-lived evergreen, growing 20-25 m tall with a cylindrical shape. It grows very slowly and can reach an age of 500 years. The pyramidal and slender crown of the younger trees becomes roundish or flattened in older specimens. It is a typical continental species, distributed in the Alps and the Carpathian mountains, where it can be found at altitudes up to 2500 m. In Switzerland, more than 80% of the Swiss pines thrive above 1800 m (50% even above 1960 m). The lower edge of its distribution range is delimited by the occurrence of a competing species, the Norway (or European) spruce. The Swiss pine is frequently found along the Alps, in Engadine, in the lateral southern valleys of Canton Valais, and in Canton Ticino in the Lucomagno area. In these regions, the Swiss pine is found with the larch and rhododendrons (*Larici-pinetum cembrae typicum*).*

*Bark: smooth to greyish in young trees, shows reddish furrows in mature specimens.*

*Leaves: erect needles, thin, fairly rigid, thick, brilliant green, with glaucous<sup>1</sup> inferior side, 5-10 cm long, in fascicles (bundles) of 5 (unique feature among local pines which all have 2 needles/bundle).*

*Flowers: monoecious<sup>2</sup> plant with yellow male flowers (small cones), numerous, and grouped at the base of the new shoots; female flowers ovoid, erected, red-purplish, positioned at the end of the new shoots.*

*Fruits: erect cones, ovoid, 4-7 cm long, with leathery scales, when mature purplish and pruinose<sup>3</sup>, containing large edible seeds with a woody shell (mountain pine nuts) which are disseminated through zoochory<sup>4</sup>. Two years after flowering, the pine cones reach maturity; they fall on the ground during the spring of the third year while still carrying their seeds. The dispersal of the species is dependant on the nutcracker (*Nucifraga caryocatactes*), a bird fond of the seeds. The nutcracker buries the seeds under larches and in between rocks in order to establish a supply for the winter months. The seeds which are not recovered by the bird, contribute to the maintenance of the species. As many seeds are often buried together, sometimes this gives rise to polycormic<sup>5</sup> specimen.*



**Holz:** Variabel, gelbliches Splintholz und rosa-orangefarbenes Kernholz, harzig, homogen, zart auch in den Knoten, Dichte von 450 kg/m<sup>3</sup>, leicht zu verarbeiten.

**Ökologie:** Es handelt sich um eine Art, welche kontinentale, mikrothermale Klimabedingungen, mit durchschnittlichen Jahrestemperaturen zwischen 0 und 15°C vorzieht. Sie meidet Standorte und Täler, die zu lange schneebedeckt sind und fürchtet hohe Bodenfeuchtigkeit. Sie ist nicht sehr anspruchsvoll hinsichtlich der Zusammensetzung des Bodens, zieht aber kieselhaltige, saure Erde vor.

**Verwendung:** Dank der Widerstandsfähigkeit gegen ungünstige Klimabedingungen und Dank ihrer Langlebigkeit ist die Arve bestens geeignet zur Wiederaufforstung der subalpinen Wälder; sie schützt vor Erosion und vor Lawinen. Die bescheidene Menge von brauchbarem Holz wird für rustikale Möbel, in der Schreinerei und für Schnitzereien verwendet. In der Vergangenheit ausgiebig genutzt, handelt es sich heute, wenigstens mittelfristig, um eine Baumart mit mehr Funktionen für die Umwelt und den Schutz, als für die industrielle Produktion.

**Besonderes:** Früher wurde aus den Pinienkernen ein Öl gewonnen, das für die Lampen verwendet wurde. Viele Ortsnamen im Berggebiet erinnern an die alte Präsenz der Arve. Man kann auch an den Ortsnamen Arolla im Wallis erinnern.

**Roots:** oblique, very long, providing solid anchorage.

**Wood:** differentiated, with yellowish sapwood<sup>6</sup> and roseate-orange, resinous, homogenous heartwood<sup>7</sup>, soft even in the nodes, light, with a density of only 450 kg/m<sup>3</sup>, easy to work with.

**Ecology:** continental species, microthermal<sup>8</sup>, essentially mesixerophilic<sup>9</sup>; avoids locations covered with snow for a long time and humid soils. Not particularly choosy in terms of soil composition, it prefers nevertheless dry to cool, siliceous, sometimes even very acid soils.

**Use:** due to its resilience against adverse climatic conditions and its longevity, in the subalpine area, the Swiss pine is an excellent choice for reforestation programs, aiming at preventing erosion rather than avalanches. Unfortunately, when young, the Swiss pine needs to be vigorously protected from wounds caused by browsing ungulates. The modest amount of available timber is used for making rustic furniture, carpentry, and for wood-carving. Liberally used in the past, this tree is now used for environmental and protective programs, rather than for commercial usage.

**Particularities:** at a time, grains of the Swiss pine were used to produce oil for lamps. Many names in the mountain areas are reminiscent of the ancient presence of the pine. For example, in Piora, though in more recent times, "Pinet" was named after the Arve. One can also recall the village Arolla in the Valais.

- 
- 1) Greyish-green due to the occurrence of a superficial layer
  - 2) Species with separate male and female flowers carried by the same individual
  - 3) Waxy
  - 4) Dissemination by animals (mostly the nutcracker)
  - 5) Species with several trunks
  - 6) Younger outermost wood which conducts raw sap from the roots to the leaves
  - 7) Central part of the trunk which has a structural rather than a feeding role; it is the part of the trunk best suited for wood processing
  - 8) Species living in areas with average annual temperature between 0°C and 15 °C
  - 9) Species needing average to moderate amounts of water for their survival

## Grün-Erle (*Alnus viridis* Chaix)

### Charakteristische Merkmale:

Strauch mit abfallenden Blättern, 3 – 5 m hoch, mit ungeordneter Krone, zahlreichen dünnen Stockausschlägen und bogenförmigen, biegsamen Ästen. Die Jahrestriebe sind klebrig und von Flaum bedeckt.

**Rinde:** Dünn, von dunkelgrauer Farbe, mit punktförmigen, hellen Einsprengseln.

**Blüten:** Im Herbst, getrennte männliche und weibliche Blüten, auf derselben Pflanze. Die männlichen Spitzen ragen heraus, die weiblichen Blüten sind klein und eiförmig.

**Früchte:** In der Form von kleinen, ovalen Zapfen, mit lederartigen Schuppen.

**Wurzeln:** Dünn, ausgedehnt und verzweigt.

**Holz:** Von aussen nach innen nicht differenziert. Rosa-orange, feines Gewebe, eher weich und von geringer Dichte.

**Ökologie:** Mesophile Baumart: Liebt kühle Standorte mit hoher Luftfeuchtigkeit und feuchte, wenig entwickelte Böden, reich an Nährstoffen, mit vorwiegend saurem pH. Durch die Symbiose der Erlen mit Actinomyceten, die atmosphärische Stickstoff zu fixieren vermögen, finden wir am Boden eine üppige Vegetation. Erlen bevorzugen Hänge mit Ausrichtung nach Norden, mit starker Schneebedeckung oder Lawinenzügen. Ausdehnung von 1000 bis 2100 m ü.M. überall vorhanden entlang des Südufers des Lago Ritom, sowie an den gegen Norden ausgerichteten Abhängen gegenüber dem CBA.



## The Green alder (*Alnus viridis* Chaix)

### Identification:

*deciduous<sup>1</sup> shrub, up to 3-5 m tall, with an untidy crown composed of many thin shoots and arcuate, flexible suckers<sup>2</sup>. The new young branches are sticky and pubescent<sup>3</sup>.*

**Bark:** *thin, dark grey, with pale spotlike patches.*

**Flowers:** *monoecious<sup>4</sup> plant with pendulous male catkins and small and ovoid female catkins<sup>5</sup>, mature in autumn.*

**Fruits:** *in the shape of small pine cones, ovoid, with leathery scales.*

**Roots:** *thin, branching, and stretching out.*

**Wood:** *undifferentiated from the outside to the inside, roseate-orange colour, with a fine, tender texture, relatively thin.*

**Ecology:** *mesophilic<sup>6</sup>, heliophilic<sup>7</sup>, likes atmospheric humidity and simple, humic soils, rich in nutrients, with an acid pH. Because of the nitrogen fixing properties of the alder, its branches provide shelter for very luxuriant vegetation. The alder favours a northern exposure with extended snow cover, and avalanche corridors. It occurs from elevations of 100 m up to 2100 m. On the left shore of the Lago Ritom the alder is almost ubiquitous.*

**Uses:** *used in naturalistic engineering for restoring landscapes (after surficial landslides, on road escarpments, along the banks of creeks). Because this species is found at high altitudes, it requires high levels of atmospheric humidity, and has no particular aesthetic qualities, it is not used as an ornamental plant.*

**Curiosity:** *in the past, due to lack of fuel, the alder shrubs were periodically cut and used as combustible. For several decades, however, alder shrubberies have not been managed actively.*

*The alder is not suitable as an avalanche barrier, because its flexible branches become snow slides by bending. This is the reason why alders grow well in avalanche corridors.*



*Verwendung:* Nützlich im Berggebiet für den Grünverbau (oberflächliche Erdrutsche, Strassenböschungen, Schutzverbauungen und Bachverbauungen). Die alpine Baumart verlangt viel Feuchtigkeit und hat wenig ästhetischen Wert; sie wird deshalb nicht als Zierbusch verwendet.

*Besonderes:* Früher wurden Erlen periodisch zur Gewinnung von Brennholz geschnitten. Seit einigen Jahrzehnten gibt es keine wirtschaftliche Nutzung mehr. An steilen Abhängen vermögen Erlen Lawinen nicht aufzuhalten. Im Gegenteil: Äste verbiegen sich unter der Schneelast und bieten ideale Gleitflächen, weshalb sich die Büsche in Lawinenzügen gut zu halten vermögen. An den feuchten subalpinen Hängen können Erlen ausgedehnte Strauchfelder bilden, die wegen ihrer Dichte praktisch undurchdringlich sind und nur sehr langsam in Baumformationen übergehen (Primärstationen). Erlen sind derzeit in starker Expansion auf nicht mehr genutzten Weiden, und Flächen, die früher von Lärchen und Arven besetzt waren (Sekundärstandorte).

### **Vogelbeerbaum (*Sorbus aucuparia* L.)**

#### *Charakteristische Merkmale:*

Baum von 10 bis 15 m Höhe, öfter in der Form eines hohen Strauchs mit leichter, spärlicher Krone. Seine Verbreitung erstreckt sich über fast ganz Europa und Westasien, in den Alpen häufig bis mehr als 2400 m ü.M. Der Vogelbeerbaum wächst in Nadel- und Laubwäldern. Er hat mittleren Lichtbedarf, ist sehr anpassungsfähig, erträgt tiefe Temperaturen und ist tolerant bzgl. Nährstoffen.

*Rinde:* Graue Farbe, glatt, mit deutlich sichtbaren Auswüchsen.

*Blätter:* Unpaarig gefiedert, gebildet aus 13 – 15 schmalen Blättern, spitz, mit gezahntem Rand bis zur Mitte des Blattes. Im Herbst prangen sie in schönem Rot.

*Blüten:* Klein, weiss, traubenförmig gebüschelt. Sie blühen im Mai-Juni, wenn der Strauch schon Blätter trägt.

*On the humid subalpine slopes alders can build very wide shrubberies, practically impassable because of their compactness. In these areas, the dynamic development of other arboreal forms is very slow (primary distribution sites). The alder is presently expanding rapidly on cooler abandoned pastures, which was created by removing larches, Swiss pines and sometimes beeches, particularly at lower elevations (secondary distribution sites).*

- 
- 1) *Tree species that loses its leaves every year in the fall*
  - 2) *Part of a plant that develops directly from the stem of temporary buds*
  - 3) *Covered with a dense and fine fuzz*
  - 4) *Species with separate male and female flowers born by the same individual*
  - 5) *Unisexual pendulous flower*
  - 6) *Species needing average amounts of water and permanent coolness for their survival*
  - 7) *Species which grows best in full light.*

### **The mountain ash (or rowan) (*Sorbus aucuparia* L.)**

#### *Identification:*

*a tall shrub-like tree, reaching 10-15 m in height, deciduous<sup>1</sup>, with a thin crown. Its distribution range extends over almost all of Europe and western Asia. It frequently occurs in the Alps, up to 2400 m. It grows in coniferous and deciduous forests. It requires a moderate amount of light, is very adaptable, survives well in cold temperatures, and is not depending on the quality of the soil.*

*Bark: grey, smooth, with visible lenticular spots.*

*Leaves: composite, imparipinnate<sup>2</sup>, with 13 – 15 lanceolate leaflets, sessile<sup>3</sup>, acuminate with margin serrate to the middle of the blade; in autumn they take a vivid red colour.*

*Flowers: small, white, fragrant, produced in corymbs<sup>4</sup>, blooming from May to June after the leaves have developed.*

*Wurzeln:* Mittelmässig entwickelt, steinigem Boden angepasst.

*Holz:* Variabel, Farbe rötlich (Splintholz) bis rotbraun (Kernholz), hart, flexibel und schwer (Dichte 800 kg/m<sup>3</sup>), schön gemasert und im allgemeinen gerade und fein gefasert.

*Ökologie:* Art für den Halbschatten, Pionierpflanze, verlangt hohe Luftfeuchtigkeit, typisch für Böden arm an Nährstoffen, mit saurem pH, gut drainiert, kühl, oft steinig. Wächst zwischen 500 und 2400 m ü.M.

*Verwendung:* Zusammen mit andern Arten für Eingriffe zur Umweltsanierung und Aufforstung im Berggebiet geeignet. Auch für Hecken und Windschutzpflanzungen verwendet. Wegen den duftenden Blüten und den korallroten Früchten auch als Zierbaum längs der Strasse und in Gärten verbreitet. Ausserhalb des Berggebietes wächst der Vogelbeerbaum nur mühsam.



*Besonderes:* Das Holz dieser Pflanze wurde zur Herstellung von Werkzeugen und kleinen Skulpturen verwendet. In den nordischen Ländern wurden die Hirtenstäbe daraus angefertigt, denn man glaubte, sie würden Viehepidemien abwenden. Der italienische Name „Sorbo degli uccellatori“ wird davon abgeleitet, dass diese Bäume von den Jägern gepflanzt wurden, weil seine Früchte vielen Vogelarten besonders gut schmecken.

Der Vogelbeerbaum produziert ziemlich herbe und tanninhaltige Früchte, die auch vom Menschen gegessen werden: Gekocht, getrocknet, in Saucen für Wildgerichte oder in Vitamin-C reichen Getränken. Der Baum zieht verschiedene wirbellose Tiere an. Zudem gewinnen Bienen aus seinen Blüten Blütenstaub und Nektar.

Das spärliche Laub erlaubt der Krautschicht unter dem Baum zu wachsen. Die Pflanze symbolisiert deshalb die Rückkehr des Lichts nach der winterlichen Finsternis.

*Fruit:* small red pomes (apple-shaped), ovoid-roundish, with an acid taste.

*Roots:* moderately developed, adapted to rocky soils.

*Wood:* differentiated, with sapwood<sup>5</sup> reddish and heartwood<sup>6</sup> red-brown, hard, flexible and heavy (density of 800 kg/m<sup>3</sup>) with a fine texture, and rectilinear fibers.

*Ecology:* species favouring half-shade, mesophytic<sup>7</sup>, pioneer, requiring high atmospheric humidity, typically found in poor, well-drained, cool and rocky soils, with an acid pH. Grows from elevations of 500 up to 2400 m.

*Uses:* often used in association with other species for restoring landscapes and for reforestation in mountainous areas. Planted also as hedges and in rows. Because of its fragrant flowers and red berries it is used as an ornamental tree along roads and in gardens. Nevertheless, this tree does not thrive well when too far from the mountains.

*Curiosity:* the wood of this plant was used to make handles for small tools and for carving small sculptures. In the Scandinavian countries, ash was the wood used for manufacturing shepherd's sticks, because it was thought to prevent cattle epidemics.

The Italian name (“the ash of the bird hunters”) finds its origin in the fact that the tree was planted by hunters in order to attract birds which are particularly fond of ash berries.

The berries are rather acrid and tannic. They can be cooked, dried, prepared as a sauce for venison dishes, or as a vitamin C-rich drink. The tree attracts a large number of invertebrates; its flowers provide pollen and nectar for bees. Because of its sparse foliage, which does not prevent grass from growing at its base, the ash is the symbol of the return of light in spring after the winter darkness.

- 
- 1) Tree species that loses its leaves every year in fall
  - 2) Constituted of several pairs of opposite leaflets
  - 3) Devoid of stem or petiole
  - 4) Flowers in a bunch
  - 5) Younger outermost wood which conducts raw sap from the roots to the leaves
  - 6) Central part of the trunk which has a structural rather than a feeding role
  - 7) Species needing average amounts of water and permanent coolness for its survival

## **Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes* L.)**

*Morphologie:* Der Tannenhäher ist dem Raben ähnlich, mit hellen Flecken; Er setzt sich oft auf die Spitze der hohen Nadelbäume. Seine Gestalt ist kompakt, mit einem starken Schnabel, kurzem Schwanz und weiten, abgerundeten Flügeln; der Kopf ohne Büschel ist schwächer als derjenige der Raben. Der Tannenhäher spielt eine wichtige Rolle für die Verteilung der Samen der Arven (Pinienkerne).



*Nucifraga caryocatactes* (Photo: Aldo Cereda).

*Ernährung:* Er frisst die Samen der Kiefer, der Arve, des Haselnussstrauches und der Tanne, sammelt sie laufend, lagert sie im Sommer in Verstecken und findet sie im Winter garantiert wieder, sogar unter dem Schnee. In Piora ernährt er sich vor allem von den Samen der Arve; man schätzt, dass er bis zu 100 Pinienkerne pro Tag vertilgt.

Der Tannenhäher legt Reserven von Pinienkernen auf den Felsen an, wo der Schnee schneller schmilzt. Ein einzelner Häher kann 2000 bis 2500 Verstecke anlegen, in denen er je 2 bis 12 Pinienkerne unterbringt. Es gelingt ihm, etwa 80% dieser Verstecke wieder aufzufinden. Die unvollständige Rückgewinnung der Nahrungsreserven ermöglicht es dem „vergessenen“ Samen auf den Felskämmen zu keimen. Dieses Phänomen kann entlang der ganzen Exkursionsstrecke beobachtet werden.

## **The spottet nutcracker (*Nucifraga caryocatactes* L.)**

*Morphology:* crow-like bird, with light spots, often observed at the top of high conifers. The nutcracker has a compact morphology, with a large beak, a short tail, large and rounded wings, with a fine head without crest.

*Function:* it disperses the seeds of the Swiss pine (pine nuts).

*Food:* throughout the summer the nutcracker collects pine/fir seeds and hazelnuts and stores them for the winter. In winter, the bird can find the hidden seeds of the Swiss pine (up to 100 seeds/day). The pine nut stores are often placed on rocks, where the snow melts faster. A single nutcracker can organize up to 2000 – 2500 hiding places, each containing from 2 to 12 pine nuts. It usually only recovers approx. 80% of the hidden seeds. The remaining “forgotten” seeds can therefore germinate within rock cracks. Swiss pines seemingly growing out of rocks can easily be observed along the excursion path.

## **A.4 Botany**

See also chapter 1.4

**The false-hellebore (corn lily) and the gentian (*veratrum album* L; *Gentiana purpurea* L.)**

*Gentiana lutea* (great yellow gentian), *Gentiana purpurea* (purple gentian), and *Gentiana punctata* (spottet gentian). The three species are protected.

Side-by-side description of the two plants which must not be mixed up:

## A.4 Botanik

Siehe auch Kapitel 1.4 der Einführung



**Weisser Germer** (*Veratrum album* L., Dialekt: Valadron), **Gelber Enzian** (*Gentiana purpurea* L.) und **Tüpfelenzian** (*Gentiana punctata*, Dialekt: Zanzena). Die beiden Enzianarten sind geschützt.

*Beschreibung:* Auf Grund der Giftigkeit des Weissen Germers, bzw. der vielfältigen Möglichkeiten zur Verwendung der Enziane, ist die Unterscheidung der beiden Pflanzen äusserst wichtig:



Links: *Veratrum album* L. ist eine giftige Pflanze. Rechts: Enzianblätter, *Gentiana purpurea* oder *Gentiana punctata*, beides Arzneipflanzen.

*Left: Veratrum album* L., a toxic plant. Right: gentian leaves, *Gentiana purpurea* or *Gentiana punctata*, both medical plants.



Blühender Enzian. Links: *G. punctata*, gelbe Blüten mit kleinen schwarzen Flecken. Rechts: *G. purpurea* mit rot-purpurfarbenen Blüten. Blätter gegenständig, zugespitzt, Adern in der Längsrichtung.

*Flowering gentian. Left: G. punctata, yellow flowers with small black dots. Right: G. purpurea with red-purple flowers. Opposite leaves and longitudinal veins.*



Blühender Weisser Germer (*Veratrum album* L.). Die Blüten sind in einem abschliessenden Kolben zusammengefasst, der innen weiss und aussen grünlich ist. Im Unterschied zum Enzian sind die Blätter wechselständig, spiralförmig angeordnet.

*Veratrum album* L. in flowers. The flower ends up in a cone-like shape, inside white, outside green. Differently to the gentian, the plant has alternate leaves in a spiral arrangement.

*The differences between the three species of gentian and Veratrum can easily be observed along the excursion path. In terms of ethnobotany, the roots of the gentian have digestive properties, whereas those of Veratrum are very toxic (contain alkaloids, such as veratridine). For inexperienced people the differentiation between the two roots may be difficult. While the Veratrum is toxic because of its content in veratridine, the big aromatic roots of the gentian have digestive properties. They are used for the preparation of a gentian herbal bitter, used as an aperitif, a digestive, or a febrifuge. It also constitutes the base for the preparation of other herbal bitters and aperitifs. After fermentation and distillation, the roots can also be used to produce a gentian "grappa".*

*Differentiation criteria between the two plants: the main difference can be observed in the leaves. The gentians have opposite leaves, whereas the Veratrum has alternate leaves. This distinctive character is very important, particularly when the plants are not in bloom.*



Entlang des Lehrwegs kann man sehr gut die Unterschiede zwischen den drei erwähnten Pflanzenarten kennenlernen. Aus ethno-botanischer Sicht lässt sich sagen, dass die Enzianwurzeln verdauungsfördernd wirken, während diejenigen des Weissen Germers äusserst giftig sind (Vorkommen von Alkaloiden, z.B. Veratrin). Die Unterscheidung der beiden Wurzeln ist für Laien nicht einfach.

Die grosse aromatische Wurzel des Enzian besitzt verdauungsfördernde Eigenschaften und dient auch zur Zubereitung eines Likörs, der als Appetitanreger, Stimulans und Fieber senkendes Mittel gilt. Er ist die Grundlage von Aperitiven und Magenbitter; nach Vergärung wird aus der Wurzel ein Enzianschnaps destilliert.

*Unterscheidungsmerkmale der beiden Pflanzen:*

Der hauptsächliche botanische Unterschied ist an den Blättern ersichtlich. Die beiden Enziane haben gegenständige Blätter, der Weisse Germer hingegen wechselständige, spiralförmig angeordnete. Dieses Unterscheidungsmerkmal ist insbesondere dann von Wichtigkeit, wenn die Pflanzen keine Blüten tragen.

**Fleischfressende Pflanzen, Pinguicula**

Im Frühling können an feuchten Orten dem Weg entlang fleischfressende Pflanzen beobachtet werden.

*Arten:* Alpenfettkraut (*Pinguicula alpina* L.), Dünnsporniges Fettkraut (*Pinguicula leptoceras* R.), Gewöhnliches Fettkraut (*Pinguicula vulgaris* L.).  
Italienisch: pianta unta, pinguiola. Französisch: grassette, herbe caille-lait.

*Beschreibung:* Bei den Fettkräutern sind die Blätter rosettenartig am Grund angeordnet. Es sind fleischfressende Pflanzen, die Insekten und andere kleine Tiere auf ihren Blättern festhalten und mit dem glitschigen Saft, der von Drüsen abgesondert wird, verdauen. Das Gewöhnliche Fettkraut und das Alpen-Fettkraut gehören zur spontan wachsenden Vegetation auf sumpfigen und feuchten Böden.



Enzianwurzeln

*Gentian root*

Rhizome von *Veratrum album* L.  
Die Wurzeln wachsen von einer horizontalen Wurzelachse aus.

*Rhizome of Veratrum album L.  
Roots are growing from a horizontal central stem root.*

**Carnivorous plants, Pinguicula**

*Along the excursion path, these plants can be found in wet and humid places during spring time.*

*Local species: Pinguicula alpina L., Pinguicula leptoceras Reichenbach, Pinguicula vulgaris L.*

*Description: Pinguicula spp. have leaves organized in rosettes, they are carnivorous, capture insects and other living organisms which may fall on the leaves and get glued to the viscous secretions produced by special glands. P. vulgaris and P. alpina are adventitious herbaceous plants found in peats and swampy areas.*

Physiologie: Die Fettkräuter konsumieren Insekten und andere Kleintiere, um dem Mangel an Stickstoff und mineralischen Nährstoffen zu begegnen.

Besonderes: In der früheren bäuerlichen Gesellschaft wurden die Basisblätter des Fettkrauts verwendet, um die Milch gerinnen zu lassen. Die Blätter sind reich an verdauungsfördernden Enzymen. Der französische Name „herbe caille-lait“ drückt diesen ethnobotanischen Gebrauch gut aus.



*Physiology: Pinguicula ssp. use their sticky leaves to attract and consume insects and other small arthropods, in order to compensate for the relative lack of nitrogen and mineral nutrients in the soil.*

*Curiosity: the plant has been known and used by farmers for its milk-curdling properties. The leaves are rich in digestive enzymes (peptidases). The French name "caille-lait" reflects this ethno-botanical usage of the plant.*

## Giftige Pflanzen und Flechten

Fingerhut (*Aconitum napellus* L., *Aconitum lycoctonum vulparia* (Rchb. Nyman)); Wolfsflechte (*Letharia vulpina* (L.)).

*Aconitum* ist eine sehr giftige Art in der Grasvegetation und in den Alpen weit verbreitet. Besonders häufig ist der Blaue Eisenhut (*Aconitum napellus* L.) mit seinen auffälligen lang gestreckten Kolben und dunkelblauen Blüten in der Form eines Helms. Auch die gelbe Art *Aconitum vulparia* ist extrem giftig. Früher wurden die dicken Wurzeln gesammelt, um daraus Alkaloide, vor allem Aconitin zu gewinnen. Aconitin wirkt schon in Dosen von 1 bis 5 Milligramm tödlich und ist eines der stärksten heute bekannten Gifte überhaupt. Es ist die Pflanze, die in der Schweiz am meisten toxikologische Probleme bereitet.

## Poisonous plants and lichens

*Aconite and Letharia, Aconitum napellus* L., *Aconitum lycoctonum vulparia* (Rchb.) Nyman, *Letharia vulpina* (L.).

*Aconitum* is a genus of herbaceous plants, very poisonous and with a wide distribution throughout the Alps. One of the best-known species is *Aconitum napellus* (monkshood), characterized by elongated racemes of large dark blue and helmet-shaped flowers. In the past, its enlarged roots were collected for the extraction of alkaloids (in particular aconitine). Along the excursion path, when going from the funicular to the dam, one can spot the yellow species, *Aconitum lycoctonum vulparia* (wolfsbane) which is as poisonous as the blue species.

Die Wolfsflechte (*Letharia vulpina*) ist eine giftige Flechte. Wie es der lateinische Name gut ausdrückt, diente diese Flechte dazu, vergiftete Köder vorzubereiten, um so Füchse und Wölfe zu reduzieren. Sie wächst im Berggebiet auf Lärchenstämmen.



*This wild plant is very toxic. One to five grams of aconitine are lethal. The plant is considered to be one of the most potent known poisons. As a matter of fact, it is the plant causing the most serious toxicological accidents in Switzerland.*

Links : *Aconitum napellus*.

*Left: Aconitum napellus.*

Rechts: *Letharia vulpina*, Flechte auf einem Lärchenstamm.

*Right: Letharia vulpina, lichen on a larch trunk.*

## A. 5 Alpwirtschaft *Alp economy*

Siehe Kapitel 1.5 der Einführung

*See also chapter 1.5*



## A. 7 Lago di Cadagno

Siehe Kapitel 1.3 der Einführung

*See also chapter 1.3*



## A. 6 Poesie



**AVA GIUANA** : In den letzten Jahren ihres langen Lebens, sass Grossmutter Giovanna, die neunzigjährige Giovanna Pedroli-Croce, häufig auf dem Bänklein des Friedhofes und dachte an die Unglücksfälle in ihrem Dorf, unter anderen an jenen vom 8. Dezember 1894, bei welchem sechs Leute aus dem Dörfchen Altanca (Vater mit Sohn und Tochter von zwei Familien) beim Überqueren des noch nicht fest gefrorenen Lago Ritom ertranken.

**Alina Borioli** wurde im Jahr 1887 in Ambri, in der Leventina geboren; dort verbrachte sie ihr ganzes Leben und starb im Jahre 1965. Nach einigen Jahren Praxis als Primarlehrerin setzte sie das Studium der Pädagogik an der Universität in Genf fort. Eine frühzeitige, progressive Blindheit zwang sie, Studium und Lehrtätigkeit noch in jungen Jahren aufzugeben. Die Krankheit hinderte sie aber nicht daran, ihre Aktivität und Kreativität zu entfalten. Das Sammeln und Niederschreiben von Märchen, Sagen, Anekdoten und volkstümlichen Traditionen der Leventina bildet den Schwerpunkt ihrer Veröffentlichungen. Sie schrieb auf italienisch und im Dialekt der Leventina.

### Ava Giuana

- Bricht Euch das Herz, arme Grossmutter Giovanna,  
wenn die Glocke zum Begräbnis läutet?  
- Mir bricht das Herz, das könnt ihr glauben:  
ich sah viele dorthin gehen;  
oft hatte ich Grund zur Klage;  
ich sah Neugeborene und Kinder  
und jene, die ihre Kleinen zurückliessen.  
Für die, welche an Krankheiten starben,  
wenigstens für die, hat man getan was man konnte;  
aber nicht in Ruhe lässt einen,  
wer abstürzte,  
wer in den Bergen zu Tode stürzte,  
wer dort oben auf den Gipfeln erfor,  
wer unter eine Lawine kam,  
wer unter der Eisdecke ertrank  
(sechs auf einmal im See!):  
Sechs auf einen Schlag in einem solchen Dörfchen,

da konnte man sich wohl die Haare raufen!  
Ich sah welche, die von weither kamen,  
denen unsere Berge gefielen,  
sie gewannen die Gegend lieb,  
und jetzt sind sie hier begraben.  
Sie sind ein kleines Gegengewicht zu denen vom Dorf,  
die in Amerika oder draussen in Paris starben.  
Und, ohne es zu wollen brachten sie uns bei,  
dass Blumen sogar auf Steinen wachsen können.  
- Bricht Euch das Herz, arme Grossmutter Giovanna,  
wenn die Glocke zum Begräbnis läutet?  
- Mir bricht das Herz, das könnt ihr glauben:  
ich sah viele dorthin gehen;  
ich kenne niemanden der sie ersetzen könnte.  
Das Leben und der Tod sind ein Gesetz,  
es geht niemand mehr durch diese Strässchen!  
Die Häuser sind leer, die Schule ist geschlossen!  
Ich bin sehr traurig.  
Jedesmal wenn ich die Todesglocke höre,

fürchte ich, dass sich wieder ein Haus schliesst!  
Seht, so grämt sich mein Herz;  
es scheint den Untergang des Dorfes zu spüren!  
- Allein, dort auf der Bank,  
nickt Grossmutter Giovanna ein  
und träumt . . . sieht Altanca,  
Ihr Altanca das wieder aufblüht.  
Und voller Leben ist der Berg,  
viele Leute sind draussen auf dem Land,  
man hört viele Schritte, viele Stimmen,  
die bis zum Wasserfall hin klingen.  
Man hört viele Stimmen, man sieht viele Leute;  
junge und alte, gesunde und zufriedene.  
Oh, ihr Altanca lebt wieder auf:  
Sogar auf Steinen können Blumen wachsen.  
Läutet die Glocken zum Fest;  
Wiegt den Traum von Grossmutter Giovanna!

Übersetzung: Judith Rohner



## A. 6 Poetry

**AVA GIUANA** : During the last years of her long life, grandmother Giovanna, the 90 year old Giovanna Pedroli - Croce, often sat on the little bench of the cemetery, remembering the calamities which happened in her village, among others that of December 8th, 1894 , during which six people from the village of Altanca (a father with son and daughters from two families) drowned while crossing the not-yet-frozen Lago Ritom.



**Alina Borioli** was born in 1887 in Ambri in the Leventina, where she spent her entire life and died in 1965. After several years of practice as a primary school teacher, she went on studying pedagogy at the University of Geneva. An early, progressive blindness forced her to abandon her studies and teaching at a young age. However, the disease did not prevent her to develop her activity and creativity. Collecting and writing down of legends, anecdotes and folk traditions of the Leventina were the focus of her publications. She wrote in Italian and in the dialect of Leventina.

### **Ava Giuana**

- Is it breaking your heart, poor grandmother Giovanna, when the bell rings for the funeral?  
- It breaks my heart, you can believe me:  
I saw many go there;  
I often had good reason to complain;  
I saw infants and children  
and those left behind their little ones.  
For those who died from disease,  
at least for those, one did what one could;  
but one is not in peace for those  
who fall,  
who fall to death in the mountains,  
who froze and died up there on the mountain peaks,  
who came under an avalanche,  
who drowned under the ice  
(six at once in the lake !):  
Six at once in such a small village,

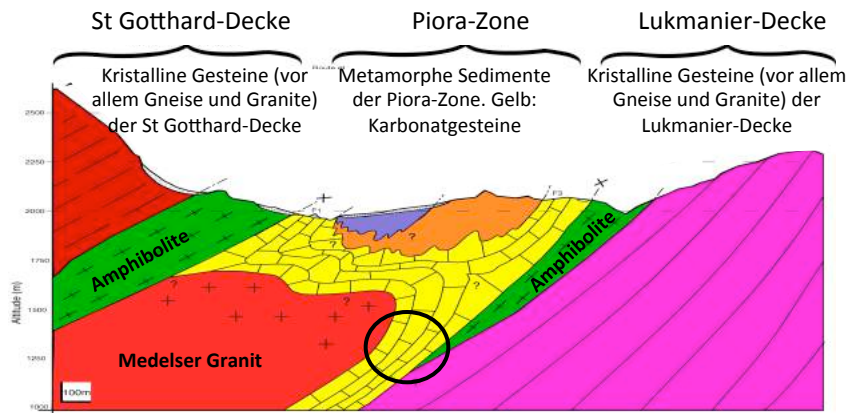
one could tear his hair!  
I saw some who came from far away,  
who liked our mountains,  
they also fended up loving the area,  
and now they are buried here.  
They are a small counterweight to those from the  
village, who died in America or far away in Paris.  
And, without even wanting to do so, they taught us  
that flowers can grow on rocks.  
- Does it break your heart, poor grandmother  
Giovanna, when the bell rings for the funeral?  
- My heart is broken, you can believe me:  
I saw many go there;  
I do not know anyone who might replace them.  
Life and death are a law,  
Nobody walks any more through these little streets!  
The houses are empty, the school is closed!  
I am very sad.  
Every time I hear the bell of death

I fear that once again a house is closed!  
Look, how my heart is sad;  
it seems to feel the demise of the village!  
- there, alone on the bench,  
grandmother Giovanna dozes off  
and dreams. . . . she sees Altanca,  
her Altanca is blossoming again.  
And the mountains are full of life,  
many people are out in the countryside,  
one hears lots of steps, many voices,  
the sounds even reach the waterfall.  
One hears many voices, you see a lot of people;  
young and old, healthy and satisfied.  
Oh, Altanca revives:  
Even on stones flowers can grow.  
Ring the bell for the feast;  
Sway the dream of grandmother Giovanna!

## A.8 Karbonatgesteine der „Doppelsynklinale“ von Piora: tektonischer Keil und karbonatische Wasserquellen

Koordinaten: 697 350/155 300

Am östlichen Ende des Lago Ritom überquert man einen Bergbach mit karbonatischen Geröllen, sowie von Gneis- und Schiefergeschieben. Die Flora, z.B. mit *Dryas octopetala*, weist auf ein Substrat mit Karbonatgesteinen hin. Die Schichten fallen steil gegen Norden ein (Abb. b, c). Im Grossen betrachtet, kreuzt man an dieser Stelle einen Sedimentkeil im südlichen Teil der Piora-Zone. Diese wurde im Querschnitt von Alptransit, 5 km weiter östlich, genauer untersucht und dargestellt (Abb. 2, 6 der Einführung und a, unten). Die häufigsten Gesteinsschichten sind Glimmerschiefer und Quarzite (Quartenschiefer) und diverse Karbonatgesteine (siehe Kapitel 1.2).

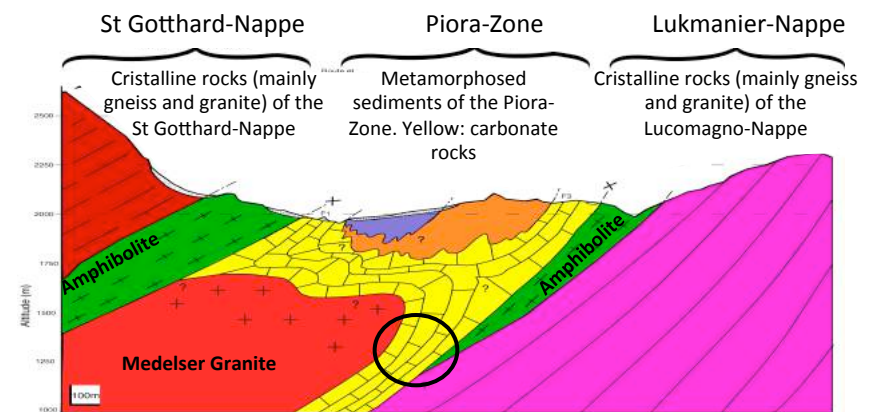


**Abbildung a:** geologischer Schnitt N-S der Piora-„Synklinale“ (Nardini 2003, nach Arbeiten von Etter 1986; 1998 und Krige 1918); Sedimentkeil im Südteil der „Synklinale“ und Lage der Aufschlüsse am östlichen Ende des Lago Ritom (Kreis).

## A.8 carbonate rocks of the “double syncline” of Piora : tectonic wedge and carbonate water springs

Coordinates: 697 350/155 300

At the eastern end of Lago Ritom, the footpath is crossing a mountain stream with carbonate pebbles, gneiss and schist boulders. The flora with *Dryas octopetala*, indicates a substrate with carbonate rocks. The layers dip steeply northwards (figs. B and c). One crosses at this point a sedimentary wedge in the southern part of the Piora-Zone. This “syncline” was thoroughly investigated in the cross-section of Alptransit, 5 km to the East (figs. 2 and 6 of the introduction and fig. a, below) . The most common rock layers are micaschists and quartzites (“Quartenschiefer”) and various carbonate rocks (see section 1.2).



**Figure a:** Geological N-S section of the Piora-Zone (Nardini 2003, after Etter 1986, 1998 and Kriege 1981); sedimentary wedge in the southern part of the «syncline» and location of the outcrops at the eastern termination of the Lago Ritom.



**Abbildungen b und c:** Geschichtete Kalke und Dolomite am rechten Bachufer, mit starkem Schichtfallen gegen Norden (Glockenblumen am Fuss des Felsens).

**Figures b and c:** Stratified limestone and dolomite on the right side of the stream, with steep northward dip (Campanula at the base of the cliff).

### A.9 Schlucht und Delta der Murinascia

Koordinaten: 697 010/155 675

Die Murinascia stürzt durch eine etwa 30 m tiefe Schlucht (Abb. a) in den Lago Ritom (Abb. b). Diese Schlucht wurde seit der ausgehenden letzten Eiszeit in die Gesteine der Stgir-Formation eingetieft (Abb. 5 der Einführung). Verfaltete Schichten von Quarziten (metamorphe Quarzsandsteine) und von Kieselkalken aus dem Unterteil dieser Formation können dem Weg entlang beobachtet werden. Sie geben einen Hinweis auf die Intensität der tektonischen Verformung der Sedimentgesteine innerhalb der Piora-Zone (Abb. c und d). Die Murinascia erodiert auch weiterhin ihr Bett, und dies noch mehr, seit sie zusätzlich zum Wasser aus dem eigenen Einzugsgebiet auch noch solches aus dem Tal des Medelser Rheins dem Stausee zuführt.



**Abbildung d:** Durch die Karbonatgesteine mineralisierte Quelle, 10 m nördlich der Brücke. **e:** Abflussmessinstallation an einem kleinen Zufluss im Norden der Brücke (Koordinaten 697 390/155 400).

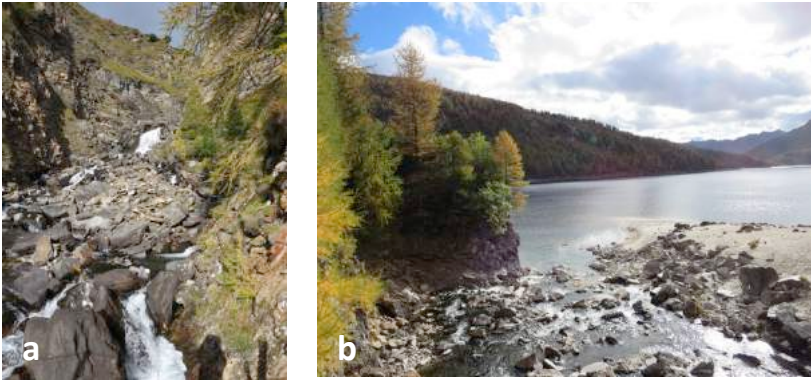
**Figure d:** Spring strongly mineralized by carbonate rocks, 10 m north of the bridge. **e:** runoff measuring facility in a small tributary north of the bridge (coordinates 697 390/155 400).

### A.9 Gorge and Delta of the Murinascia River

Coordinates: 697 010/155 675

The Murinascia River tfallss down a 30 m deep canyon (fig. a) and flows into the Lago Ritom (fig. b). This gorge has been incised into the rocks of the Stgir Formation since the end of the last glaciation (fig. 5 of the introduction). Folded layers of quartzite (metamorphic quartz sandstone) and siliceous limestone from the lower part of this geological formation can be observed along the foot path. They give an indication about the intensity of the tectonic deformation of the sedimentary rocks within the Piora Zone (figs. c and d). The Murinascia River continues to erode its bed, and this even more, since the increase in runoff through the addition of water from the the Medelser Rhine Valley.





**Abbildung a:** Schlucht der Murinascia; Sicht von unten: Felswände von geschichteten Quarziten und Kieselkalcken der Stgir-Formation.

**Abbildung b:** Mündung der Murinascia in den Lago Ritom. Auf der rechten Seite des Flusses erkennt man das Delta.

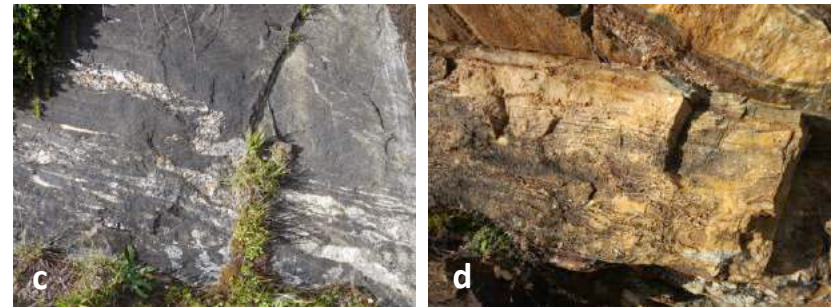
**Figure a:** Gorge of the Murinascia River: cliffs with stratified quartzite and siliceous limestone of the Stgir Formation.

**Figure b:** River-mouth of the Murinascia River; lake delta on the right side.

Im Sommer, wenn der See gefüllt ist, bleibt das Delta unter Wasser. Vom Herbst bis Frühling, wenn die SBB intensiv Strom produzieren, taucht das Delta mit seiner typischen Morphologie und verfingeren Kanälen aus dem Wasser auf (Abb. e, f). Die weisse Farbe des Deltas erklärt sich insbesondere dadurch, dass dieses vor allem aus Sand aus der Erosion von Karbonatgesteinen (im speziellen zuckerkörnigem Dolomit) aus der Piora - Zone besteht.

**Abbildungen e und f:** Delta der Murinascia bei abgesenktem Niveau des Lago Ritom (Photo f: Ludovico Formenti; siehe auch Titelseite).

**Figures e and f:** Murinascia River delta in the Lago Ritom; low lake level in spring (photo f by Ludovic Formenti; see also cover page).



**Abbildungen c und d:** Quarzite, Kieselkalke und Biotitschiefer, stark deformiert. Aufschluss entlang des Weges westlich der Schlucht der Murinascia.

**Figures c and d:** Quartzite, siliceous limestone and schists with biotite; strong tectonic deformation.

In summer, when the lake is full, the delta remains underwater. From autumn to spring, when the Federal Railway Company (SBB) produces electricity intensively, (figs. e and f) the delta is exposed with its typical morphology and various channels. The white colour of the delta is due to the sediments consisting mainly of "sand" derived through erosion from carbonate rocks (in particular saccharoidal dolomite) of the Piora - Zone.





## A.10 Granatschiefer der Piora-Zone

Standort: Entlang der Alpstrasse zum Weiler von Cadagno und am Flüsschen welches das Wasser aus dem Lago di Cadagno dem Lago Ritom zuführt.

An den Strassenböschungen ist der Oberteil der Stgir-Formation sichtbar, deren Alter als Untere Jurazeit angenommen wird. Es handelte sich ursprünglich um mergelige, fein geschichtete Kalke, welche durch die alpine Metamorphose in Kalkschiefer umgewandelt wurden. Die Grenzflächen der Schieferplatten sind oft gesprenkelt mit rostroten Flecken von ca. 0.5 bis 1 cm Durchmesser. Diese bilden auch knotige Einschlüsse (daher deutsch: «Knotenschiefer»), bestehend aus schwarzen Granat-Mineralien.



## A.10 Garnet schists of the Piora-Zone

Location: Along the small road close to the hamlet of Cadagno and the river which runs from Lake Cadagno to the Lago Ritom.

The upper part of the Stgir Formation, with an age which is assumed to be Early Jurassic, is visible on the road side. The rocks were originally composed of marly, finely laminated limestones. They were transformed by Alpine metamorphism into schists. The isurfaces of the schist plates are often dotted with rust-red spots about 0.5 to 1 cm in diameter. These form nodular inclusions (German: "Knotenschiefer") consisting of black garnet minerals (garnet-schists).

**Abbildung a:** Die Hügel der Kapelle San Carlo erlauben einen Überblick über die Gesteinsformationen der Piora-Zone: QZ: Quarzite und Glimmerschiefer der Quarten-Formation (Trias); SG: Granatschiefer der Stgir-Formation (Unterer Jura); CA: Karbonatgesteine (löchrige Kalke und Brekzien, Dolomit, Rauhwaacke, Trias).

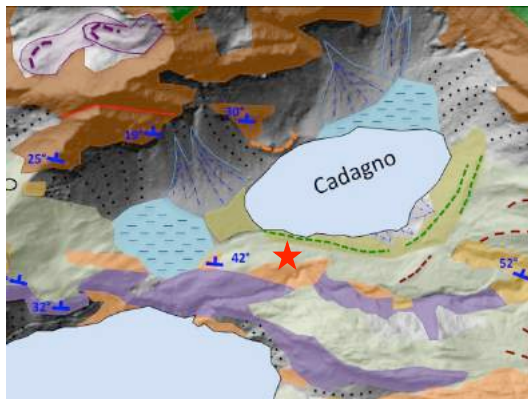
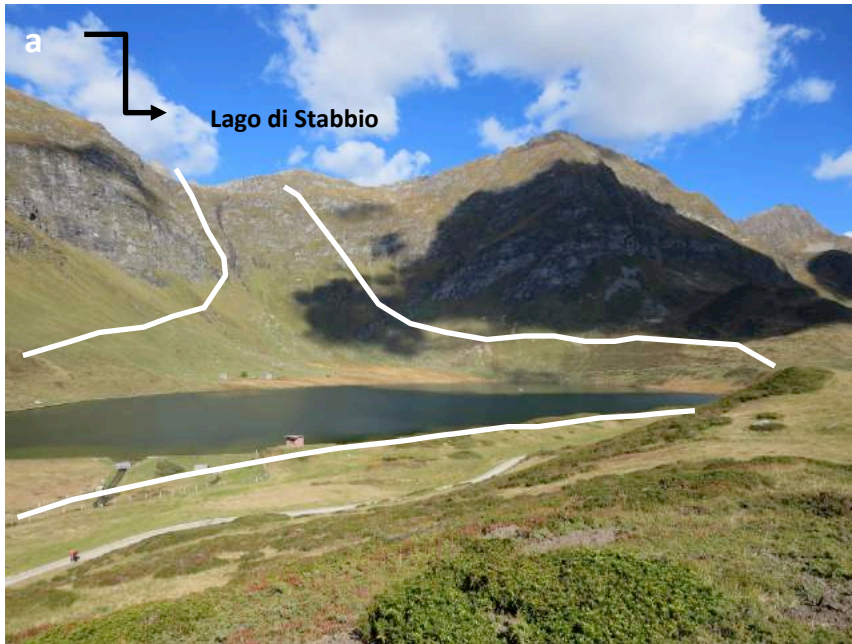
**Figure a:** The hills north of the San Carlo Chapel give an overview of the lithologies of the Piora-Zone: QZ: quartzite mica schists of the Quarten Formation (Triassic); SG: Garnet schists of the Stgir Formation (Lower Jurassic); CA: carbonate rocks: limestone, breccias, dolomite, corneule, Triassic).

**Abbildungen b und c:** Granatschiefer («Knotenschiefer») der Stgir-Formation (Untere Jurazeit). b: Frische Oberfläche, c: verwitterte Oberfläche.

**Figures b and c:** Garnet schists of the Stgir Formation (Lower Jurassic); b: fresh surface; c: weathered surface.

## A.11 Vom Weiler Cadagno zur Alpe di Piora: Landschaftslektüre

Standort: Dem Alpsträsschen zwischen Cadagno und der Alpe di Piora entlang. Aufstieg auf einen Hügel auf der südlichen Seite der Strasse. Aussicht auf den See und dessen Umgebung.



## A.11 From Cadagno to the Alpe di Piora: landscapes

*Location for the panorama: the small road from Cadagno to the Alpe di Piora. Climb a hill on the southern side of the road. View of the lake and its surroundings.*

**Abbildung a:** Blick gegen Nord-Nordosten über den Lago di Cadagno hinweg; weisse Linie: Ausdehnung des lokalen Gletschers während der Kaltphase der Jüngeren Dryaszeit (oder: Dryas III), vor ca. 12'700 bis 11'800 Jahren. Der Firn des Gletschers befand sich auf den Höhen über dem Lago di Stabbio. Der Lukmanier-Gletscher lag weiter im Osten (Exkursion C1). Die Hang- und Bachschuttfächer und ihre Lawinenablagerungen entstanden in der Nacheiszeit, im Holozän. Alpweiden finden sich auf gegen Süden ausgerichteten Abhängen. Die gegen Norden ausgerichteten Hänge, felsige Partien und Zonen mit Hangschutt sind durch Heiden mit Heidelbeeren, Rostblättrigen und Bewimperten Alpenrose sowie Wacholderbüschen besetzt.

**Figure a:** Looking N-NE over the Lake Cadagno; white line: extension of the local glacier during the cold phase of the Younger Dryas (or: Dryas III), about 12'700 to 11'800 years ago. The firn of the glacier was located on the heights above the Lago di Stabbio. The Lucomagno-Glacier was located further to the east (field-trip C1). The slopes and alluvial fans and their avalanche deposits were formed during the post-glacial period, i.e., the Holocene. Pastures can be found on the southern hillsides. On northern slopes, rocky areas and other slope deposits are mainly covered by blueberries, Rhododendron-Vaccinon and Juniperus.

**Abbildung b:** Geologische und geomorphologische Karte des Lago di Cadagno und seiner Umgebung (Legende siehe Abb. 6 der Einführung). Stern: Standort des Panoramas der Abb. a. Die Exkursion B beginnt entlang dem östlichen und nördlichen Ufer des Lago di Cadagno. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15003).

**Figure b:** Geological and geomorphological map of the Lake Cadagno and its surroundings (legend: see fig. 6 of introduction). Star: location of the panorama of fig a. Excursion B starts along the eastern and northern shores of the Lake Cadagno. Reproduced with permission of Swisstopo (BA15003).

## B. Von der Alpe di Piora zum Lago di Tom

### B.1 Gesteine und Pflanzenwelt: Flora auf zuckerkörnigem Dolomit; Val Fripp, ein ehemaliger Flusslauf der Murinascia

Koordinaten: 698 040/156 925

Gleich nördlich der Gebäude der Alpe di Piora findet sich ein U-Tälchen mit grünem Talboden, durchflossen von einem kleinen Bach. Die Talflanken sind steil, und man erkennt eine Vielzahl horizontaler Viehpfade. Das weisse dolomitische Felssubstrat tritt an den steilsten Geländestufen und bei den zahlreichen Marmeltierbauten an die Oberfläche (Abb. a).



Durch dieses Tal floss am Ende der letzten Eiszeit das Schmelzwasser des Lukmanier-Gletschers in den Lago di Cadagno ab. Später wurde der Flusslauf durch die Schlucht der Murinascia, weiter südlich abgeleitet. Geomorphologisch handelt es also sich um ein typisches Trockental.

Das Felssubstrat wird durch zuckerkörnigen Dolomit der Piora-Zone gebildet. Das Gestein zerfällt in feine Schichten und Gerölle und zersetzt sich zu einem weissen, zuckerigen, feinen Sand. Der Sand und das Gestein

## B. From the Alpe di Piora to the Lago di Tom

### B.1 Lithology and flora: flora on saccharoidal dolomite; Val Fripp, a former course of the Murinascia River

Coordinates: 698 040/156 925

Just north of the buildings of the Alpe di Piora, Val Fripp is a small and green U-shaped valley, with a small river. The valley slopes are steep, with numerous horizontal livestock paths. White dolomitic bedrock outcrops occur in the steepest parts of the slopes and in numerous marmot holes (fig. a).

**Abbildung a:** Trockental Val Fripp, Sicht gegen Osten. Das kleine Flüsschen fließt auf Schwemmboden. An den Seitenhängen erscheint an steilen Stellen das Felssubstrat an der Oberfläche.

**Figure a:** Val Fripp, a former glacial meltwater valley; view towards the east. The rock substrate outcrops on the steep slopes on both sides of the valley.

At the end of the last ice age, meltwater of the Lucomagno-Glacier flew through this valley towards the Lake Cadagno. Later, the river flew through the gorge of the Murinascia River, further to the south. Geomorphologically this is a typical "dry valley".

The rock substrate is formed by sucrosic dolomite of the Piora-Zone. The rock disintegrates into fine layers and cobbles and becomes a white, sugar-like, fine sand. The sand and the dolomite rocks



zeigen oft eine heftige Reaktion mit Salzsäure. Dies belegt, dass neben Dolomit auch Kalzit vorhanden ist, und zwar als Umwandlungsprodukt aus der Reaktion zwischen Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) und Dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ). Das Gestein zeigt teilweise eine löcherige, «vakuoläre» Textur.

Der Fels kann entweder direkt oder mittels einer dünnen Moränenschicht durch einen Podsol oder Braunerde bedeckt sein (Abb. b).



Die Flora dieses Standorts entspricht jener der Seslerion-Kalk-Trockenwiese («*Pelouse calcaire sèche à seslérie*», *Seslerion* : 4.3.1) von Delarze & Gonseth (2008). Massy (2011) erwähnt folgende Flora: «Die Flora ist dominiert durch *Sesleria coerulea*, aber man findet auch die Immergrüne Segge (*Carex sempervirens*), die Alpen-Aster (*Aster alpinus*), den Silberwurz (*Dryas octopetala*), die Herzblättrige Kugelblume (*Globularia cordifolia*) sowie zahlreiche kleine Weiden, wie etwa die Quendelblättrige Weide (*Salix serpillifolia*), die Netz-Weide (*Salix reticulata*) oder die Stumpfbältrige Weide (*Salix retusa*).»

often show a strong reaction to hydrochloric acid. This indicates that, in addition to dolomite, calcite is also present, as a transformation product of the reaction between gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) and dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ). The rock has a partly "vacuolar" texture .

The rocks can be covered, either directly, or with an intercalation of glacial till, by Podsol or Brown soil (fig. b).

**Abbildungen b und c:** Zuckerförmiger Dolomit mit einem dünnen Bodenhorizont und einem Horizont abgestorbener Vegetation, sodann die für Karbonatböden typische Seslerion-Florengeellschaften (Massy 2011).

**Figures b and c:** Sugar-like dolomite with a fine soil layer and a layer of dead vegetation; the vegetation corresponds to the Seslerion floral community, which is typical of carbonate soils (Massy 2011).

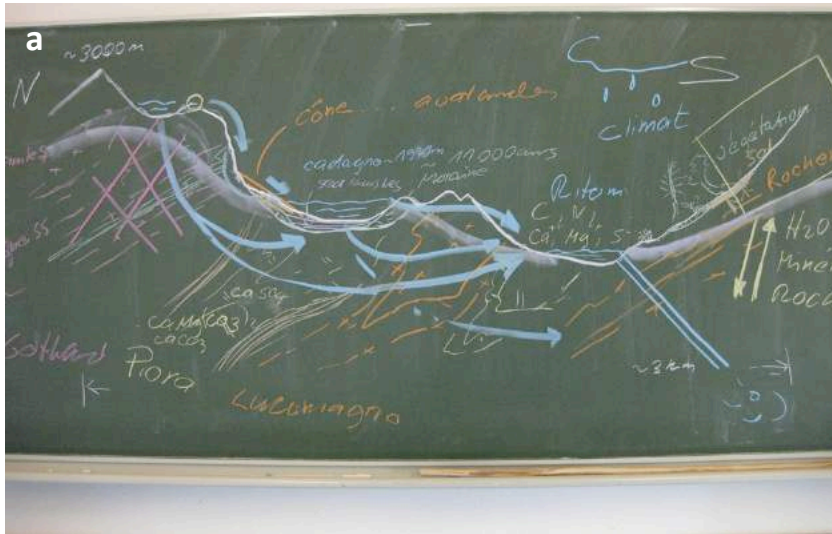
The flora at this location corresponds to the Seslerion-carbonate-dry meadow floral community ("*Pelouse calcaire sèche à seslérie*" *Seslerion* : 4.3.1) of Delarze & Gonseth (2008). Massy (2011) mentions the following flora: "The flora is dominated by *Sesleria coerulea*, but there are also evergreen sedge (*Carex sempervirens*), the Alpine aster (*Aster alpinus*), *Avens* (*Dryas octopetala*), *Globularia cordifolia* and numerous small *Salix*, such as *Salix serpillifolia*, *Salix reticulata* or *Salix retusa*."



## B.2 Die Quellen des Lago di Cadagno

Koordinaten: 698 000/156 250

Das Kapitel 1.3 erwähnt die aus der Tiefe austretenden Quellen, die sich als stark mineralisierte Wässer direkt in den Lago di Cadagno ergiessen. Zahlreiche Quellen treten auch in der Nähe des Seeufers aus. Diese können durch Wasser gespeisen werden, das entweder im seichten Bereich des Hangschuttes zirkulierte, oder aber auf Tiefengrundwasser zurückzuführen ist, welches vor seinem Austritt in der Tiefe, im Felssubstrat durch Klüfte und Verwerfungen zirkuliert (Abb. a).



Die zahlreichen Quellen am Abhang östlich des Lago di Cadagno sind ein gutes Beispiel für diese geologischen Strukturen. Diese Wasserquellen haben einen recht regelmässigen und dauernden Fluss, selbst im trockenen Sommer. Gewisse Quellen zeigen eine relativ starke Mineralisierung, Zeichen eines konsequenten Fließwegs im Fels (Abb. b); andere sind nur schwach mineralisiert, mit einem eher kurzen Fließweg, in vermutlich geringer Tiefe.

Für den erfahrenen Hydrogeologen ist die Unterscheidung der

## B.2 Springs of the Lake Cadagno

Coordinates: 698 000/156 250

*Chapter 1.3 above mentions the springs with strongly mineralized water which flow at the bottom of the Lake Cadagno. Numerous springs also occur near the lakeshore. These are fed either through water circulating at shallow depth in slope deposits or through deep groundwater which circulates at depth through fissures and faults in the bedrock (fig. a).*

**Abbildung a:** Vereinfachte Darstellung (didaktische Präsentation) der Wasserfließwege in der Piora-Mulde (Feldkurs in Umweltwissenschaften der Universität Genf, 2013).

**Figure a:** Simplified presentation of surface and subsurface water circulation of the Piora area (field course of the environmental sciences course of University of Geneva, 2013).

*The numerous springs on the slopes east of the Lake Cadagno are a good example of these geological features. These water springs have a fairly regular and permanent flow, even during the dry summer. Certain springs with relatively strongly mineralized waters indicate a flow path through the bedrock (fig. b); others are only weakly mineralized, with a rather short flow path, probably at a shallow depth.*

*For the experienced hydrogeologists the distinction of these different water*



**Abbildung b:** Quelle mit tiefem Grundwasser, Koordinate 698 000/156 250. Die dominante Florenvergesellschaftung ist jene von Rhododendron-Vaccinion (5.4.5) gemäss Delarze und Gonseth (2008). Die Böden sind eher sauer. Ein Flachmoor besetzt längere Uferstreifen.

**Figure b:** Spring with deep groundwater, coordinates 698 000/156 250. The dominant floral community corresponds to the Rhododendron – Vaccinion of Delarze & Gonseth (2008). Soils have a rather low pH. A moor wetland forms the coastal rim of the Lake Cadagno.

verschiedenen Quellen ein Leichtes: Die Wässer können durch ihre unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit unterschieden werden, denn je höher die Leitfähigkeit, desto höher auch die Mineralisierung, bzw. die Salinität der Wässer. Ein anderes Kriterium ist die Wassertemperatur: Diese bleibt für Wasser aus einer tiefen Quelle mehr oder weniger konstant, sei es z.B während eines Jahreszyklus, währenddessen sie für eine Quelle von Wasser untiefer Herkunft im Verlaufe des Tages schwankt.

*flow paths is an easy thing: the different springs can be distinguished through their electrical conductivities. The higher the conductivity, the higher the mineralization or salinity of the water. Another criterion is the water temperature: it is more or less constant for water from a deep spring, or varies over a one year cycle, whereas water temperature from surface springs may fluctuate according to daily cycles.*

### B.3 Schuttkegel und Feuchtgebiet, Murgang- und Lawinenablagerungen

Koordinaten: 698 000/156 480 bis 697 500 156 470

Von der Alpe di Piora kommend durchquert der Alpweg nach Cadagno zwischen B.1 und B.4 die Moränen der letzten Eiszeit, einen Hangschuttkegel und Ausläufer von Bachschuttkegeln mit Murgang- und Lawinenablagerungen (Panorama A.11, und Abb. a). Der Hangschuttkegel (Abb. a, b und c) und der westliche Bachschuttkegel bestehen aus grobem, blockigem Material; der Bachschuttkegel im Zentrum wurde durch das aus dem Lago di Stabbio ausfliessende Gewässer gebildet. Er besteht aus feinerem Material und geht gegen unten in die Feuchtzone über (Abb. d und e).

Auf den Schuttkegeln und im Hangschutt zeigt die Flora eine grosse Diversität, im Frühjahr mit zahlreichen Enzianen, Lilien, etc. Sie entspricht der Nardion-Florenvergesellschaft (4.3.5 gemäss Delarze & Gonseth, 2008).

### B.3 Fans and wetland , debris flow and avalanche deposits

Coordinates: 698 000/156 480 to 697 500/156 470

*On the northern shore of the lake, the footpath from the Alpe di Piora to the hamlet of Cadagno crosses between B.1 and B.4 the moraines of the last ice age, a debris fan and an alluvial fan with debris flow and avalanche deposits (panorama A.11, and fig. a). The debris fan (figs. a , b and c ) and the western alluvial fan are made of coarse, blocky material; the alluvial fan in the centre is formed by outflowing water from the the Lago di Stabbio. It consists of finer material and grades morphologically to the wetland (figs. d and e ) .*

*On the scree and other slope deposits the flora shows a great diversity. In the spring, one may observe numerous gentians, lilies, etc. It corresponds to the Nardion - Flore floral community ( 4.3.5 according Delarze & Gonseth , 2008) .*

Gemäss Geissler & Selldorf, (1986) entspricht ein Teil der Feuchtzone einem Flachmoor, mit Hangwasser und Quellwasser. Im Zentrum befinden sich zwei Inseln mit Hochmoor. Diese Zone wird nicht beweidet.



**Abbildung a:** Bachschutt- und Lawinenkegel (AI), Hangschutt (Eb), Moor (Mo) im Norden des Lago di Cadagno. Photo: Herbst 2014.

**Figure a:** Alluvial fan with avalanche deposits (AI), slope deposits (Eb), moor (Mo) to the north of the Lake Cadagno; autumn 2014.

According to Geissler & Sellendorf, (1986) part of the wetland corresponds to a fen, with slope and spring water. In the centre there are two islands with high moor. This zone is not grazed by cattle.



**Abbildungen b und c:** Bachschuttkegel mit Rinnen (Channels) und Ablagerungen von Murgängen (Schlamm- und Blockströme). Murgänge werden anlässlich von Starkregen und Schneeschmelze ausgelöst. Beidseits der Abflussrinnen finden sich natürliche Dämme (Levees). Ein anderer Teil der Ablagerungen stammt von Lawinen.

**Abbildungen d und e:** Moorgebiet und Übergang zum See. **d:** Herbstfarben, Oktober 2014, **e:** Juni 2012.

**Figures b and c:** Alluvial fan with channels and debris-flow deposits. These are activated mainly during the snow melting period. Levees are found on both sides of the channels. Part of the deposits stem from avalanches.

**e and f:** Moor in the transition zone from the fans to the lake; **d:** autumn colours, October 2014; **e:** spring, June 2012.



## B.4 Datierung von Alphütten mit Hilfe von Flechten?

Koordinaten: 697 600/156 480

Ehemals fand sich in Cadagno di Dentro, eingezwängt zwischen dem steilen Abhang des Poncine Garioi und dem Lago Cadagno, ein kleiner Alpweiler, von dem aus Bergheu gewonnen wurde. Alte Gemälde, Photos und Karten zeigen bis zu 17 Alphütten, deren Dächer mit Gneisplatten bedeckt waren. Zehn der Hütten wurden im Winter 1951 durch Lawinen weggerissen (Abb. a). Andere zerfielen von selbst oder wurden seither durch Lawinen zerdrückt. Ihre ehemaligen Standorte sind noch klar erkennbar. Heute bleiben nur noch drei Alphütten, die z.T. durch Fischer benutzt werden (Abb. b). Aber wann wurde denn das Dorf gebaut? Die Flechten, die das Dach und die Mauern kolonisieren, erlauben eine Abschätzung, obgleich eine genaue Datierung nicht möglich ist.

Die olivegrüne Flechte *Rhizocarpon geographicum* besetzt die frischen Oberflächen «saurer», d.h. silikatischer Gesteine, wie Gneis, Granit oder Quarzit. Nach ungefähr 25 Jahren beginnen die Kolonien zu wachsen und ihr Durchmesser nimmt zeitlich linear zu (Abb. c). Die Wachstumsrate ist in Piora nicht genau bekannt, dürfte erfahrungsgemäss aber bei etwa  $\frac{1}{4}$  mm pro Jahr liegen. Isolierte Einzelkolonien können nahe Cadagno di Dentro auf Blöcken beobachtet werden. Jene der Abb. c haben einen maximalen Durchmesser von 2.5 cm. Dies entspricht einer Wachstumsdauer von etwa 100 Jahren, bzw. etwa 125 Jahren seitdem der Block hier liegt. Auf den Dächern von Cadagno di Dentro kann der Durchmesser der einzelnen Kolonien nicht mehr gemessen werden, denn diese berühren und hemmen sich gegenseitig im Wachstum (Abb. d). Bei den sichtbaren Durchmessern bedeutet dies, dass ihr Wachstum vor der Mitte des 19. Jh. begonnen haben muss.

**Abbildung a:** Ehemaliger Standort einer Alphütte; **b:** Eine der drei noch bestehenden Hütten in Cadagno di Dentro, die heute durch Fischer benutzt wird.

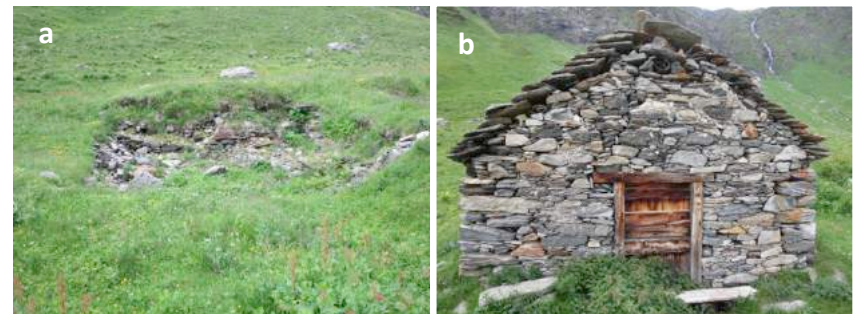
**Figure a:** Former emplacement of a mountain hut in Cadagno di Dentro. **b:** one among the three remaining huts, now used by fishermen.

## B.4 Dating alp huts using lichen?

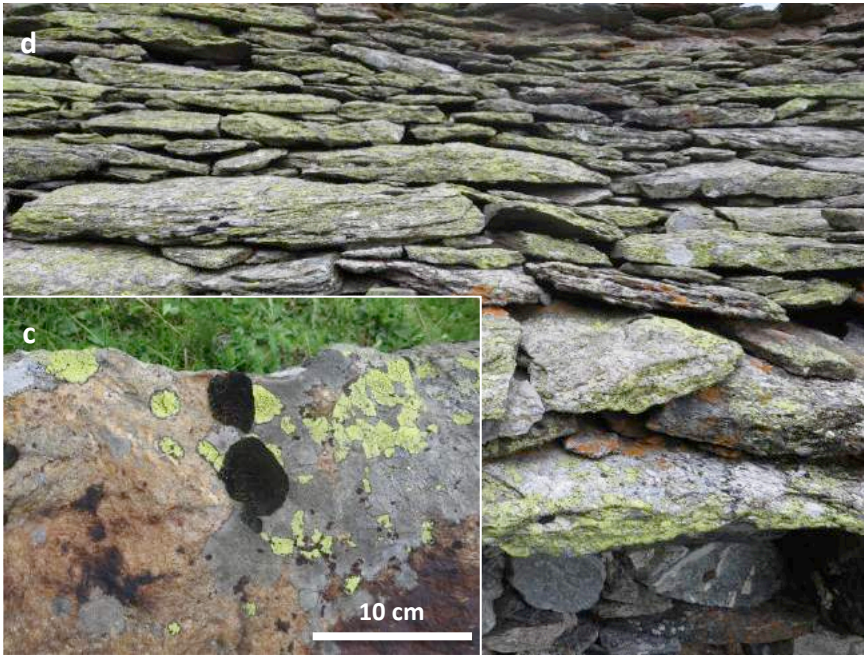
Coordinates: 697 600/156 480

Some time ago, a hamlet of small alp huts was located in Cadagno di Dentro, between the steep slope of Poncine Garioi and the Lake Cadagno. These constructions were mainly occupied during the hay harvesting season in the summer. Old paintings, photographs and maps show up to 17 mountain huts with gneiss-covered roofs. Ten of these huts were swept away by avalanches in the winter of 1951 (fig. a). Others fell apart by themselves, or have since then been crushed by avalanches. Their former location is still clearly visible. Today, only three of these huts remain. They are mainly used by fishermen (fig. b). But when was the village built? The lichens which colonize the roof and the walls allow an estimation, although an exact age determination is not possible.

The olive green lichen *Rhizocarpon geographicum* occupies the fresh surfaces of siliceous rocks such as gneiss, granite or quartzite. After about 25 years, the colonies begin to grow and the diameter increases linearly with time (fig. c). The growth rate is not known in Piora, but according to experiences at similar locations, it could be about  $\frac{1}{4}$  mm per year. Isolated single colonies can be observed on blocks near Cadagno di Dentro. Those of fig. c have a maximum diameter of 2.5 cm. This corresponds to a growth period of about 100 years, or about 125 years since the block has not moved. On the roofs of houses in Cadagno di Dentro, the diameter of the individual colonies can no longer be measured, because the colonies are touching each other (fig. d). For most of the visible diameters, this means that their growth began before the middle of the 19th century.







**Abbildung c:** Einzelkolonien der Flechte *Rhizocarpon geographicum* auf einem Gneisblock. Alter der Kolonien: max. 100 Jahre; **d:** Flechten auf den Gneisplatten des Hüttendaches Abb. b. Die Kolonien berühren sich und erlauben keine Altersbestimmung mehr. Ihre Grösse zeigt aber, dass sie sich vor mehr als 150 Jahren angesiedelt haben.

**Figure c:** Single colonies of the lichen *Rhizocarpon geographicum* on a block of gneiss. Maximum age: about 100 years. **d:** Lichen on the gneiss roof of the house in fig. b. The colonies are touching each other, and a precise age determination is not anymore possible. The visible diameter indicates an age of more than 150 years.

### B.5 Firnmoräne bei Cadagno di Dentro

Koordinate: 697 340/156 350.

Gletscherzungen tragen und transportieren auf ihrem Rücken Gesteins-trümmer und Blöcke aller Dimensionen, von Geröllhalden und Felsstürzen die vom Felsrelief abstürzen und auf dem Gletscher zu liegen kommen. Dieses Material wird an der Gletscherfront und auf den Gletscherflanken abgelagert; so formen sich, namentlich bei stagnierendem Gletscher, Seiten- und Frontmoränenwälle.

Der geschwungene Wall im Unterteil des Berghangs bei Cadagno di Dentro ist offensichtlich anderer Herkunft, obwohl er einer kleinen Stirnmoräne gleicht. Er ist weder mit einem Talweg, noch mit einem ehemaligen Gletscherzirkus verbunden. Er befand sich zur Zeit seiner Entstehung am Unterrand eines lokalen Schneefeldes, wo Schneeblätter und Lawinen im Verlauf der Jahre moränenähnliches Material anhäuften.

### B.5 Firn-moraine at Cadagno di Dentro

Coordinates: 697 340/156 350

*Glacier tongues carry rock blocks of all shapes coming from scree, rock falls and landslides from slopes/cliffs located above the glacier. This material is deposited at the glacier front and flanks, forming lateral and frontal moraines, especially in stagnant glacier conditions. The curved wall in the lower part of the slope at Cadagno di Dentro has obviously a different origin, although it resembles a small frontal moraine. It is neither associated with a glacial valley, nor with a former glacier cirque. At the time of its formation, the glacier tongue was located at the lower edge of a local snow field where snow slabs and avalanches accumulated till material, year after year.*

Auch heute noch können sich diese Prozesse in schneereichen Wintern zutragen und die «Firmoräne» weiter entwickeln. Ihr Ursprung liegt aber vermutlich in der letzten kalten Periode der letzten Eiszeit, der sogenannten Jüngeren Dryas (oder Dryas III), vor etwa 12'700 bis 11'800 Jahren.

Im Innern des Moränenbogens und in dessen Umfeld beobachtet man grüne Hügel mit Durchmessern von mehreren Metern, gebildet durch mit Vegetation überwachsenen Gesteinsblöcken und Blockhaufen.

Der steile Abhang oberhalb der Firmoräne ist geprägt durch Geländeformen, die auf Geländebewegungen, v.a. Kriech- und Gleitbewegungen hinweisen.

*In snowy winters such processes may even take place today and favour the further development of the firm-moraine. The origin of the moraine of Cadagno di Dentro probably dates back to the last cold period of the last ice age, known as the Younger Dryas (or Dryas III), about 12'700 to 11'800 years ago.*

*Inside the arc-shaped moraine and in its surroundings, one observes green hills several meters in diameter, formed by heaps of boulder overgrown by vegetation.*

*The steep slope above the firm-moraine is characterized by instability, mainly creeping.*



**Abbildung a:** „Firmmoräne“ westlich Cadagno di Dentro.

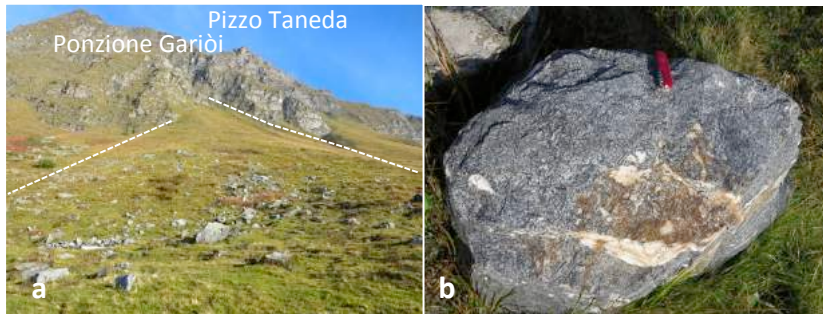
**Figure a:** Firm-moraine west of Cadagno di Dentro.

## B.6 Amphibolite der Gotthard-Decke

Koordinaten: 696 870/156 190

Der grosse Hangschuttfächer im Norden des Weilers Cadagno di Fuori ist gemischten Ursprungs (Abb. a): Ablagerungen aus Lawinen, Murgängen, Felsstürzen und Oberflächenabfluss haben zur Bildung der Geländeform beigetragen. Im Unterteil des Fächers finden sich teils bis zu mehr als ein Meter grosse Blöcke, die durch einen rezenten Felssturz hierher gelangten. Es handelt sich vor allem um Blöcke von schwarzem Amphibolit (Abb. b), an deren Oberfläche Amphibolkristalle sternförmig angeordnet sind (Abb. c).

Die Felswände oberhalb des Schuttkegels, die den kleinen Berggipfel des Ponzione Gariò aufbauen, werden durch verschiedene Gneise und Schiefer, oft mit grossen Granat-Mineralien und Amphibol-Garben gebildet (siehe B. 7). Im Hangschutt beobachtet man namentlich Zweiglimmergneis mit Plagioklas (Feldspath) aus der Gotthard-Decke. Die Amphibolite der abgestürzten Blöcke findet man im Aufschluss am Pizzo Taneda (Abb. a), wo eine Amphibol-Formation von 80 bis 100 m Mächtigkeit in die Gneise eingeschaltet ist. Aus dieser Formation stürzten die Blöcke bis an den Fuss des Hangschuttkegels ab.



**Abbildung a:** Schuttfächer zwischen Pizzo Taneda und Ponzione Gariò. Die Blöcke am Fuss des Schuttfächers sind meist Amphibolitblöcke aus der Gotthard-Decke.

**Abbildung b:** Amphibolitblock (Soldatenmesser: 9 cm).

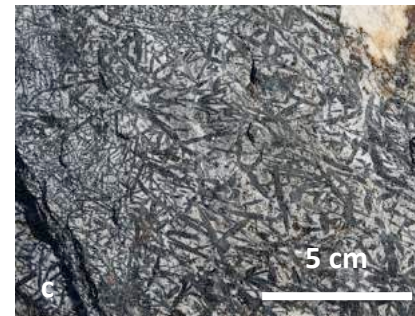
**Abbildung c:** Oberfläche des Amphibolit-Blockes mit schwarzen, sternförmig angeordneten Amphibolen.

## B.6 Amphibolites of the Gotthard-Nappe

Coordinates: 696 870/156 190

*The large fan on the slope north of the Cadagno di Fuori hamlet is of mixed origin (fig. a): deposits of avalanches, debris flows, landslides and surface runoff. In the lower part of the fan, blocks of over one meter in diameter can be found. They originate from recent rockfalls. Most blocks are made of black amphibolite (fig. b). The large minerals are arranged in stars at the rock surfaces (fig. c).*

*The cliffs above the alluvial fan constitute the small summit of Ponzione Gariò. They are mainly composed of various gneisses and schists with large garnet minerals and amphiboles (see B.7). In the slope deposits below the cliffs, two mica gneisses with plagioclase (feldspar) from the Gotthard Nappe dominate. The outcrops from where amphibolites blocks fell on the fan are located at the Pizzo Taneda (fig. a), where an amphibole layer 80 to 100 m thick is intercalated within the above-mentioned gneiss.*



**Figure a:** Alluvial fan between Pizzo Taneda and Ponzione Gariò. The blocks at the foot of the debris fan are usually amphibolites from the Gotthard-Nappe.

**Figure b :** Amphibolite block (Swiss army knife: 9 cm long).

**Figure c :** surface of amphibolite block, with star-shaped amphiboles.



## B.7 Das Moor von Cadagno di Fuori

Der Fussweg, der von Cadagno di Fuori zum Lago di Tom führt, erlaubt einen guten Einblick in die Petrographie (Gesteinszusammensetzung) und Mineralogie der darüber liegenden Felswände. So findet man namentlich Gerölle mit Granatgneisen und schön ausgebildeten Garben von schwarzem Amphibol (Abb. a). Sodann bietet der Weg eine gute Aus- und Übersicht über das Moor (Bolle) von Cadagno di Fuori (Abb. b bis d).



**Abbildung a:** Block von Granatgneis mit Amphibolgarben. Der grösste bis anhin im Hangschutt gefundene einzelne Granatkristall misst 3 cm im Durchmesser.

**Figure a:** Bloc of garnet gneiss and amphibole twins. The tallest garnet single crystal found in the scree by the author, had a diameter of about 3 cm.

Florenzesellschaften im Flachmoor von Cadagno di Fuori nach Geissler & Selldorf (1986):

*Floral communities of the moor according to Geissler & Selldorf (1986):*

Natürliches Flachmoor / *natural part of the fen:*

- *Sphagnetum nemorei* (z.T. mit Büschen / *p.p. with bushes*)
- *Caricetum goodenovii*
- *Elicharitetum pauciflorae*
- *Carex rostrata*
- Pflanzen von Feuchtgebieten, Quellfluren / *wetland and spring flora*

Genutztes oder früher genutztes Flachmoor / *fen currently or formerly used as pasture or hay land:*

- *Trichophoretum caespitosi drepanocladetosum revolventis*
- *Phragmites australis*
- *Trichophoretum caespitosi nardetosum*
- Fettwiesen / „fat“ (*rich*) pasture
- Nährstoffindikatoren / *nutrient indicators (Rununculus aconitifolius, etc.)*
- *Sphagnetum nemorei, Trichophoretum caespitosi*

## B.7 The moor of Cadagno di Fuori

The footpath leading from Cadagno di Fuori to the Lago di Tom allows a good insight into the petrography (rock composition) and mineralogy of the overlying rock cliffs. One finds numerous cobbles with garnet gneiss and black amphibole (fig. a). The footpath also provides an overview of the wetland ("Bolle") of Cadagno di Fuori (figs. b to d).



**Abbildung b:** Flachmoor von Cadagno di Fuori; Blick vom Fussweg, welcher von Cadagno zum Lago Tom führt.

**Figure b:** Fen landscape of Cadagno di Fuori; view of the moor from the footpath from Cadagno to the Lago di Tom.

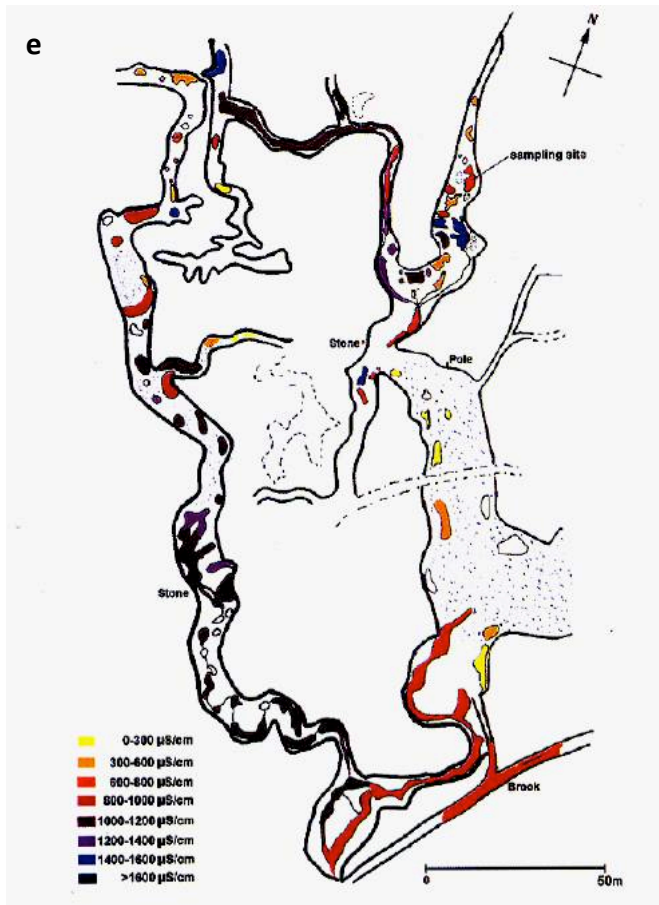
### Bibliographie / Bibliography

Geissler P. & Selldorf P. 1986: Vegetationkartierung und Transektanalyse im subalpinen Moor von Cadagno di Fuori (Val Piora, Ticino), Saussurea 17, pp. 35-70.



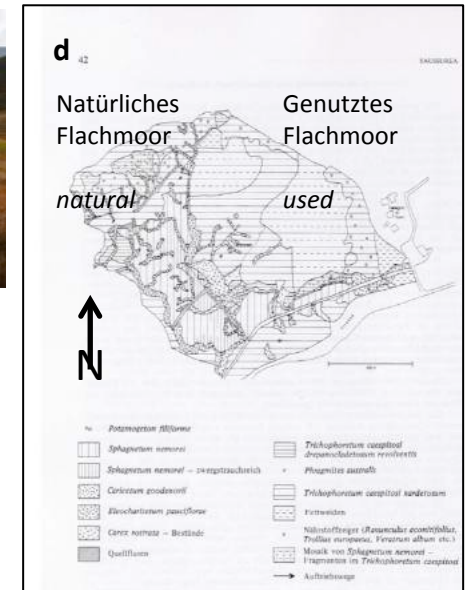
Das Moor erhält von Norden Oberflächenwasser und Wasser aus untiefen Quellen im Gehängeschutt (Abb. c). Im Westen finden sich Felsquellen mit Wasser aus den Karbonatgesteinen der Piura-Zone.

Abb. e) gibt ein Bild über die Herkunft der Wässer im Feuchtgebiet. Verschiedene Quellen mit salzreichem Wasser finden sich an der S-W Seite des Mooregebietes, weisse Rinnsale enthalten nur Regenwasser. Der Grund in den cm bis dm tiefen Kanälen ist überwachsen mit Matten aus Bakterien, Algen und Moosen. Besonders auffallend sind Flecken von phototrophen Bakterien, die wie in der 12 m tiefen Schicht im Cadagnosee den im Sediment gebildeten Schwefelwasserstoff im Licht oxidieren (Abb.f und g).



**Abbildung c:** Hangquellen im Norden des Moors. **Abbildung d:** Kartierung des Moors durch Geissler & Selldorf (1986).

**Figure c:** Springs at the base of the slope north of the moor. **d:** Vegetation map by Geissler & Selldorf (1986).



The moor receives surface water from the slope in the north and water from shallow springs in the slope deposits (fig. c). In the west, deep springs receive water from the carbonate rocks of the Piura-Zone.

Fig. e reflects the origin of the water in the wetland. Various springs with high-salinity water can be found at the south-western side of the wetland area; channels in white only contain rainwater. The substrate in the cm to dm deep channels is overgrown with mats of bacteria, algae and mosses. Particularly striking are patches of phototrophic bacteria that oxidize hydrogen sulfide formed in the sediment, in the same way as in the 12 m deep layer in Lake Cadagno (figs. f and g).

**Abbildung e:** Karte der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers in den Rinnen des Flachmoors von Cadagno di Fuori.

**Figure e:** Map of the electrical conductivity of the water in open water channels in the moor of Cadagno di Fuori;



**Abbildungen f und g:** Mikroorganismenmatten im Moor von Cadagno di Fuori mit Moosen (links) und verschiedenen Algen; in der Mitte ein Flecken von phototrophen Bakterien. **g:** Einzelne Matte von phototrophen Bakterien.

**Figures f and g:** Microbial mats in the moor of Cadagno di Fuori with mosses (left) and different algae. Centre of fig. f and fig. g: phototrophic algal mat.



**Abbildungen h und i:** Niederschlag von elementarem Schwefel an der Sedimentoberfläche.

**Figures h and i:** Deposit of elementary sulphur at the sediment surface.

Where no phototrophic bacteria exist, hydrogen sulphide oxidizes to elementary yellow or white sulphur. When one cuts a vertical section, different layers are visible (fig. j): the upper brown layer contains  $O_2$ -forming diatoms, overlying a layer with cyanobacteria, and finally phototrophic bacteria. The black colour is caused by sulphur-reducing bacteria which under  $O_2$ -free conditions form sulphur – hydrogen, which is precipitated immediately as black iron sulphide .



**Abbildung j:** Profil durch Sediment mit Bakterienmatte.

**Figure j:** Section cut through sediment and bacterial mat.

Wo keine phototrophen Bakterien sind, oxidiert der Schwefelwasserstoff mit Luftsauerstoff zu elementarem gelbem oder weissen Schwefel. Sticht man ein Profil senkrecht zur Oberfläche, werden die verschiedenen Zonen sichtbar: die oberste braune Schicht enthält  $O_2$ -bildende Kieselalgen, darunter liegt eine Schicht mit Cyanobakterien, gefolgt von phototrophen Bakterien. Der schwarze Grund wird durch Sulfatreduzenten verursacht, die unter  $O_2$ -freien Bedingungen Schwefelwasserstoff bilden, der sofort als schwarzes Eisensulfid gefällt wird.

## B.8 Dolinen in der Karbonatzone

Koordinaten: 696 200/156 000 (Topographischer Punkt 2077)

Die Karbonatzone (Röti-Formation) der Piora-Zone führt vom Lago di Cadagno zum Lago di Tom. Auf dem Pass finden sich mehrere kreisrunde Trichter («Dolinen»), wo die Erdoberfläche als Folge der Weglösung von Karbonatgestein (Kalk- und Dolomitgesteine), ev. auch von Gips, im Untergrund eingebrochen ist (Abb. a et b).



## B.8 Sinkholes in carbonate rocks

Coordinates: 696 200/156 000 ( topographical point 2077 )

The carbonate rocks of the Piora-Zone (Röti-Formation) can be followed from the Lake Cadagno to the Lake Tom. On the pass separating the two lakes, one observes several circular depression s(“sinkholes“), which are the result of carbonate rock dissolution (limestone and dolomite rocks), eventually also of sulphate rocks (gypsum and anhydrite, figs. a and b) .

**Abbildung a:** Anordnung mehrerer Dolinen entlang einer Linie, die vermutlich der Spur eines tektonischen Bruches entspricht.

**Abbildung b:** Kreisrunde Doline mit einem Durchmesser von etwa 10 m.

*Figure a:* Several sinkholes aligned along a lineament, which corresponds most probably to a tectonic fault.

*Figure b:* A perfectly round sinkhole 10 m in diameter.

**Abbildung c:** Erosionskopf eines Tälchens, welches sich etwa 30 m im Norden des Passes in zuckerkörnigen Dolomit eintieft.

**Abbildung d:** Detail des Aufschlusses Abb. c mit zuckerkörnigem Dolomit. Die Verwitterung des Dolomitgesteins zu einem feinen Dolomitsand kann Hunderte von Metern in die Tiefe des Berges reichen.

*Figure c:* Ca. 30 m deep erosion head of a small valley, in saccharoidal (sugar-like) dolomite.

*Figure d:* Detail of the outcrop fig. c with saccharoidal dolomite. The weathering of the dolomite rock to a fine dolomite sand can reach hundreds of meters in depth.



## B.9 Unterirdischer Ausfluss des Lago di Tom

Koordinaten: 695 860/155980

Gleich wie der Lago di Cadagno, wurde auch das Becken des Lago di Tom durch einen lokalen Gletscher in die Karbonate der Piora-Zone gegraben (Abb. a). Dank dem grossen geochemischen Kontrast zwischen den basischen Gesteinen der Piora-Mulde einerseits und den meist silikatischen sauren Gesteinen der Gotthard-Decke im Norden, findet man hier eine ausserordentlich diversifizierte Flora. Der Abfluss aus dem Lago di Tom erfolgt durch eine Karsthöhle (Abb. b).



## B.9 Underground outflow of the Lago di Tom

Coordinates: 695 860/155980

Similarly to the natural basin of the Lake Cadagno, the Lago di Tom is also the result of erosion through a local glacier of the carbonate rocks of the Piora-Zone. Thanks to the geochemical contrast between the basic rocks of the Piora basin on the one hand, and the acid siliceous rocks of the Gotthard-Nappe in the North, one finds an extraordinarily diverse flora there. The outflowing water from the Lago di Tom flows through a karst tunnel (fig. b).

**Abbildung a:** Lago di Tom, Sicht von Osten; Karbonatzone der Piora-Mulde links im Bild, Gotthard-Decke rechts.

**Abbildung b:** Ausfluss des Lago di Tom durch eine Karsthöhle.

**Figure a:** View from the east over the Lago di Tom; white carbonate rocks of the Piora-Zone on the left, Gotthard-Nappe on the right side.

**Figure b:** outflow of the Lago di Tom through a karst cave.

**Abbildungen c und d:** Felswand auf der rechten Seite des Seeausflusses und Deformationsstil der Dolomitschichten. Dolomit hat ein sprödes Verhalten bei der Deformation, selbst bei hohem Druck und hoher Temperatur.

**Figures c and d:** Cliff of strongly deformed dolomite rocks on the right hand side of the Lago di Tom outflow. Dolomite has a brittle behaviour and rocks rather break up than flow under strain.



## B.10 Sedimentzyklen auf einem Bachschuttkegel und Delta

Koordinaten: 695 770/156 120

Das Betriebsgebäude der Alpe di Tom steht auf dem trockenen Teil eines Bachdeltas, gespiesen aus den Kalken und Dolomiten im Oberteil des Hanges. Es handelt sich um einen Bachschuttkegel mit schwachem Gefälle, der sich unter Wasser als Delta in den See fortsetzt (Abb. a). Der Aufschluss (Abb. b) zeigt eine zyklische Sequenz von weißem Karbonatsand und schwarzem organischem Material. Der Sand stammt von intensivem Oberflächenabfluss, vermutlich in Verbindung mit der Schneeschmelze. Man zählt etwa 20 Zyklen mit einer totalen Mächtigkeit von 50 cm (Abb. b).

**Besonderes:** Prähistorische Funde zeigen, dass das Gebiet um die Alpegebäude Tom wie auch die Alpe di Pinett schon in der Bronzezeit (1200 bis 2500 Jahre vor Christus) besiedelt war.



## B.10 Sedimentary cycles on an alluvial delta

Coordinates: 695 770/156 120

*The agricultural building on the Alpe di Tom is located on the dry part of a river delta, which receives water and sediments from the limestone and dolomite cliffs and valleys in the upper part of the slope. It is an alluvial fan with a low-dip slope, which advances into the lake as a delta (fig. a). The outcrop (fig. b) shows a cyclical sequence of white and black carbonate sand and organic material. The sand comes from intense runoff, probably in conjunction with the spring thaw. One counts about 20 cycles with a total thickness of 50 cm (fig. b).*

*Prehistoric findings show that the area around the building of the Alpe di Tom was inhabited in the Bronze Age (1200-2500 BC, comparable to the Alpe di Pinett).*

**Abbildung a:** Bachschuttkegel und seine Fortsetzung als Delta unter dem Seespiegel. Stern: Lokalisierung des Aufschlusses Abb. b.

**Abbildung b:** Zyklen von weißem Karbonatsand und schwarzen Schichten mit organischem Material.

**Figure a:** River fan and its prolongation as a lake delta. The red star shows the location of the outcrop in fig. b.

**Figure b:** Cyclic sedimentation of white dolomitic sand and black organic matter.

## B.11 Vom Lago di Tom zum Ausfluss des Stollens vom Val Canaria und dem Reusstal

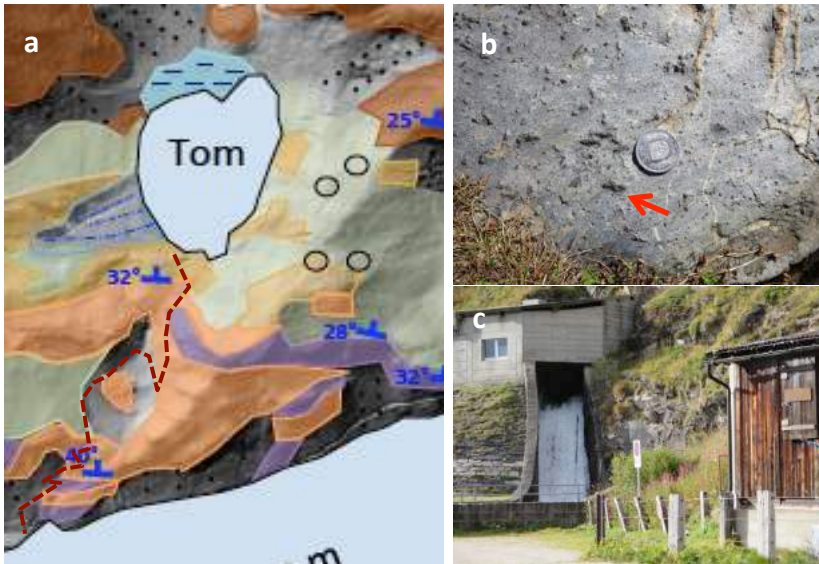
Der Abstieg vom Lago di Tom zur Alpstrasse, die vom Lago Ritom zum Weiler von Cadagno di Fuori aufsteigt, verläuft in einer komplexen Geologie, mit silikatischen (sauren) und karbonatischen (basischen) Gesteinen, mit Schichtfallen gegen Norden und Falten. Eine äusserst reichhaltige, bzw. artenreiche Vegetation ist die Folge.

Der Weg erreicht die Alpstrasse neben dem Ausfluss des Wasserstollens, welcher das Wasser vom Val Canaria und der Unteralpreuss dem Lago Ritom zuführt Abb. c).

## B.11 From the Lago di Tom to the outflow tunnel from the Val Canaria and Reusstal

The footpath which leads from the Lago di Tom down to the road linking the Lago Ritom to the Cadagno di Fuori hamlet, crosses a zone with a complex geology, showing siliceous (acidic) and carbonate (basic) rocks and strongly folded layers with a general northward dip. An extremely rich, or species-rich vegetation results from this complex substrate.

The path reaches the road next to the outflow of the water tunnel, which supplies the water from the Val Canaria and Unteralpreuss to the Lago Ritom (fig. c).



**Abbildung a:** Auszug aus der Geologischen Karte (Legende: Abb. 6 der Einführung) und Weg vom Lago di Tom zum Lago Ritom (Rot). Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo BA15003).

**Abbildung b:** Stgir-Formation, Kalkschiefer mit Granat und Staurolith (Pfeil: Zwillingskristall)

**Abbildung c:** Ausfluss des Wasserstollens vom Val Canaria.

**Figure a:** Extract from the geological map (see fig. 6 in the introduction for legend) and path (in red) between the Lago di Tom and Lago Ritom (reproduced by permission of swisstopo (BA15003)).

**Figure b:** Stgir Formation, carbonate schists with garnet and staurolite (twin crystals).

**Figure c:** Outflow of the water derivation tunnel from Val Canaria.

## C. Von der Alpe di Piora zum Lago di Dentro

### C.1 Glaziale und fluvioglaziale Geländeformen des Lukmaniergletschers

Die Gebäude der Alpe di Piora und des Centro Biologia Alpina (CBA) befinden sich knapp ausserhalb des Einflussbereichs des Lukmaniergletschers während der letzten Kaltphase der ausgehenden letzten Eiszeit (siehe Beschreibung A.11). Steigt man vom CBA zur Hütte des Alpenclubs (SAT) auf, so dringt man in die Moränenwälle des Lukmaniergletschers ein. Von der Hütte aus erkennt man die externsten und topographisch höchsten Moränenwälle (Abb. a), die den Talgrund und dessen verschachtelte Fluvio-glazialen Terrassen umrahmen (Abb. b, c). Diese Terrassen hatten sich während und nach dem Gletscherrückzug gebildet. Die unterschiedlichen Niveaus erklären sich durch die fortlaufende Erosion der Schwelle zur Schlucht der Murinascia.



Beim weiteren Aufstieg in Richtung Lago di Dentro, eröffnet sich eine schöne Aussicht auf die Moränenwälle am Nordhang des Motto Giübin. Die verschiedenen Moränenniveaus markieren die Rückzugsgeschichte des Lukmaniergletschers von West gegen Ost (Abb. d).

## C. From the Alpe di Piora to the Lago di Dentro

### C.1 Glacial and fluvio-glacial landforms of the Lucomagno-Glacier

*The buildings of the Alpe di Piora and Centro Biologia Alpina (CBA) were not affected by the Lucomagno-Glacier during the ultimate cold phase of the last ice age (see description A.11). Climbing from the CBA (Capanna Cadagno) to the hut of the Alpine Club (SAT), one penetrates into the moraines of the Lucomagno-Glacier associated to this phase. From this location, one can observe the most external and topographically highest moraine (fig. a). The valley floor is occupied by several fluvial terraces of this glaciation last phase (figs. B and c). These terraces were formed during and after the glacial retreat. The different levels can be explained by the continuing erosion of the valley floor towards the gorge of the Murinascia River.*

**Abbildung a:** Moränenwälle (m) umrahmen die Flussterrassen (t) von Pian Murinascia im Zentrum des Tales. Blick von der SAT – Hütte gegen Osten (siehe auch Abb. c, d).

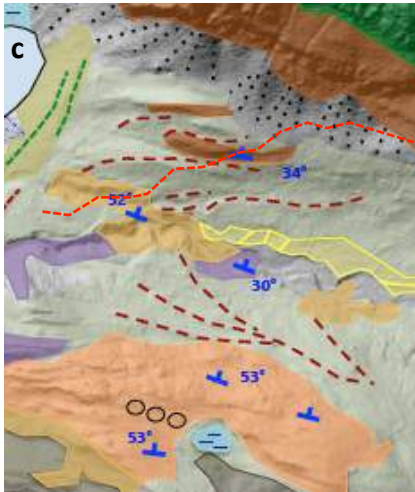
**Abbildung b:** Ineinander verschachtelte Flussterrassen (t) bei Pian Murinascia; rechts: Schlucht der Murinascia, eingegraben in zuckerkörnigen Dolomit.

**Figure a:** Moraine crest (m) surrounding fluvial terraces (t) in the central part of the valley. Eastward view from the SAT hut (figs. c and d).

**Figure b:** Late glacial to recent fluvial terraces of Pian Murinascia; head of the gorge of the Murinascia River which flows on sugar-like weathered dolomite.

*When moving further towards the Lago di Dentro, one enjoys a beautiful view of the moraines to the northern slopes of Motto Giübin. The various levels of moraine crests mark the retreat history of the Lucomagno-Glacier from west to east (fig. d).*





**Abbildung c:** Auszug aus der geologischen Karte (Abb. 6 der Einführung) und empfohlene Exkursionsroute (rote Linie); Legende siehe Abb. 6. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA15003).

**Figure c:** Geological map of the Murinascia valley to the East of the SAT hut; red line: foot path to the Lago di Dentro (see fig. 6 for legend). Reproduced by permission of swisstopo (BA15003)

## C.2 Glimmer-Gneis und Amphibolite der Gotthard-Decke

Ab einer Höhe von 2060 m kreuzt der Fussweg eine Felspartie mit Glimmer-Gneis mit Amphibol und Amphiboliten, die eine kleine Felswand bilden. Die Amphibolite bilden Linsen von mehreren Metern Ausdehnung Abb. a, b).



**Abbildung d:** Nordhang des Motto Giübin mit den Moränenwällen des Lukmaniergletschers aus der Zeit des Gletscherrückzugs. Im Talgrund: Spät- und Nacheiszeitliche Flussterrassen der Murinascia (t).

**Figure c:** Northern slopes of Motto Giübin, moraine ridges of the Lucomagno-Glacier dating back to the period of glacier retreat. In the valley: Late and postglacial river terraces of the Murinascia River ( t ).

## C.2 Mica-rich gneisses and amphibolite of the Gotthard-Nappe

From an altitude of 2'060 m the footpath crosses mica-rich gneisses with amphibole and amphibolites, which form a little cliff. The amphibolites form several meter long lenses (figs. a and b ).

**Abbildung a:** Amphibolitlinsen inmitten der Gneis Formation

**Abbildung b:** Glimmergneis mit Amphibolen

**Figure a:** Amphibolite rock lenses intercalated in gneiss

**Figure b:** Mica-rich gneiss with amphiboles



### C.3 Lago di Dentro und Blockgletscher

Am letzten Steilhang unter dem Lago di Dentro kreuzt man die Wasserfassung der Alpe di Piora und des CBA (Abb. a). Hier wird Wasser aus einer Quelle gefasst, durch die der See unterirdisch ausfließt. Der See entstand, wie alle benachbarten kleinen Seen, durch den Einfluss lokaler Gletscher während der letzten Eiszeit (Abb. b). Am Abhang östlich des Sees beobachtet man einen sich langsam bewegenden Blockgletscher. Man kann daraus schliessen, dass er noch immer einen Eiskern im Innern der Blockmasse aufweist (Abb. c).



### C.3 The Lago di Dentro and its rock glacier

*When climbing the last steep slope towards the Lago di Dentro, one crosses the water intake of the Alpe di Piora and the CBA (fig. a). Here, water is taken from a spring fed by the outflow of the lake. This lake was formed in the same way as most adjacent small lakes, i.e., by local glaciers during the last ice age (fig. b). On the slope east of the lake, one observes a slow moving rock glacier. This means that the rock mass still has an ice core (fig. c).*

**Abbildung a:** Wasserfassung der l'Alpe di Piora und des CBA am Ausfluss des Lago di Dentro (Koord. 699 825/156 040)

**Figure a:** Water intake of the Alpe di Piora and CBA at the outflow of the Lago di Dentro (coord. 699 825/156 040)

**Abbildung b:** Lago di Dentro in seinem durch den Gletscher geschaffenen Becken.

**Figure b:** The Lago di Dentro and its glacial basin

**Abbildung c:** Geröllhalde und Block-gletscher am Abhang östlich des Lago di Dentro. Die senkrechte Front des Blockgletschers (Pfeil) ist ein Hinweis darauf, dass dieser noch immer aktiv ist. Man befindet sich damit in der Permafrostzone.

**Figure c:** Scree and block glacier on the slope east of the Lago di Dentro. The vertical front of the block glacier indicates ongoing movement. Therefore, permafrost can be inferred on this slope.

## D. Von der Alpe di Piora über den Laghetto di Giübin nach Fontanella

### D.1 Dolomite der Triaszeit und Kalkschiefer der Jurazeit in der Piora-Zone

Koordinaten: 698 760/155 680

Die Murinascia Schlucht bietet gute Aufschlüsse der Karbonatgesteine der Piora-Zone. Bei der Brücke der Alpstrasse über die Murinascia ist der Kontakt zwischen der Dolomiten der Trias und den Kalk- und Kieselkalkschiefern der Stgir-Formation der Jurazeit aufgeschlossen (Abb. a, b).



### D.2 Aufstieg durch die Moränen

Wegbeschreibung: Von der Brücke über die Murinascia zur höchsten Seitenmoräne (Koord. 698 300/155 480).

Der Fussweg führt über die verschiedenen Seitenmoränen des sich zurückziehenden Lukmaniergletschers am Nordhang des Motto Giübin aufwärts (siehe auch die Sicht vom Punkt C.1). Die Moränenwälle und ihr Blockmaterial sind überwachsen mit Zwergstrauchvegetation: Heidelbeeren, Alpenrosen (*Rhododendron ferrugineum*) und Wacholder (*Rhododendron-Vaccinion*, Pflanzengesellschaft 5.4.5 nach Delarze & Gonseth, 2011; Abb. a, b), teilweise auch mit *Erica* (Abb. c). Zwischen den Moränen finden sich Feuchtgebiete mit ihrer typischen Vegetation, namentlich mit *Carex* (Abb. d).

## D. From the Alpe di Piora to the Laghetto di Giübin and Fontanella

### D.1 Triassic and Jurassic carbonate schists of the Piora - Zone

Coordinates: 698 760/155 680

The Murinascia Canyon offers good outcrops of carbonate rocks of the Piora-Zone. The contact between Triassic brecciated and massive dolomites and Jurassic siliceous limestone and calcareous schists (Stgir Formation) can be observed in good conditions in the vicinity of the road bridge at the base of the slope south of the river terraces (figs. A and B).

**Abbildung a:** Brekziöse und massive Dolomite der Trias oberhalb der Brücke der Alpstrasse über die Murinascia

**Abbildung b:** Kalk- und Kieselkalkschiefer der Stgir-Formation des frühen Jurazeit im Bachbett der Murinascia.

**Figure a:** Brecciated and massive dolomites of the Triassic upstream of the bridge on the Murinascia River.

**Figure b:** Calcareous schists and siliceous limestone of the Stgir-Formation on the left side of the Murinascia streambed.

### D.2 Climbing the moraine ridges

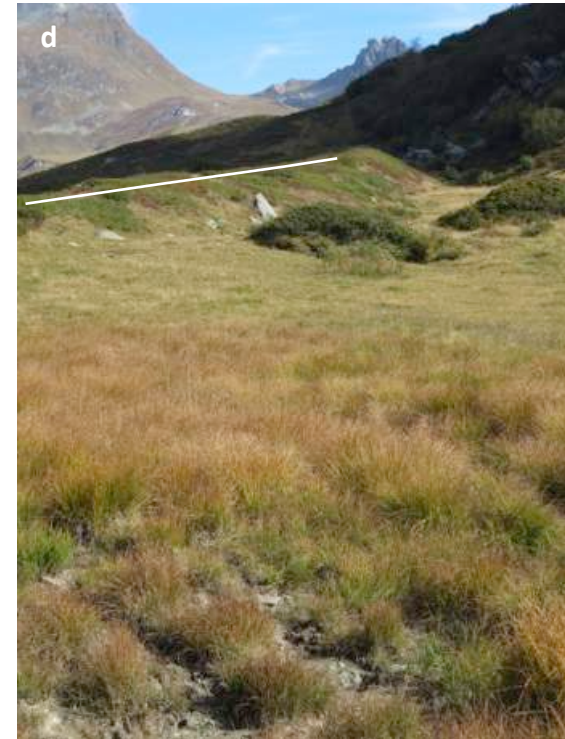
Cross the bridge over the Murinascia River, then turn right and follow the footpath on your right to the highest moraine ridge (coord. 698 300/155 480).

The footpath leads through the various lateral moraine ridges of the retreating Lucomagno-Glacier on the northern slope of Motto Giübin (see the view on this slope from the point C.1). The moraines and their block material are overgrown with dwarf shrub vegetation: blueberries, rhododendrons (*Rhododendron ferrugineum*) and juniper (*Rhododendron floral community*, 5.4.5 after Delarze & Gonseth, 2011; figures a and b), some with *Erica* (fig c). Wetland occupies the space between the moraines, with typical vegetation, especially *Carex* (fig. d).



**Abbildungen a, b und c:** Moränen mit erratischen Blöcken; Heide mit Heidelbeere, Alpenrose, Wacholder und Erica (c). Photos: Oktober 2014 (Koord. 698 300/155 500).

**Figures a, b and c:** Moraines with blocks; vegetation with blueberry, *Rhododendron ferrugineum*, juniper and erica (coord. 698 300/155 500).



**Abbildung d:** Höchste Seitenmoräne des sich zurückziehenden Lukmaniergletschers (weisse Linie) am nördlichen Abhang des Motto Giübin. Hinter (oberhalb) der Moräne: Feuchtzone mit verschiedenen Carex. Blick gegen Osten (Koord.698 300/ 155 480).

**Figure d:** Highest lateral moraine of the retreating Lucomagno-Glacier (white line) on the northern slope of the Motto Giübin. Background above the moraine: wetland with various Carex. View to the east (coord.698 300/155 480).



### D.3 Laghetto di Giübin

Koordinaten: 698 550/155 150

Der Aufstieg ab dem Ausgangspunkt (Wanderwegtafel, D.2, Abb. a, Koord. 698 300/155 480) ist nicht signalisiert und ist ziemlich anspruchsvoll. Wie auf Abb. 24 eingezeichnet, folgt man am besten einem kleinen Tälchen, welches etwa 250 m östlich der Wanderwegtafel beginnt und in welchem man in südlicher Richtung zum Laghetto Giübin aufsteigen kann.

Der Laghetto entspricht einer perfekt runden Depression von etwa 50 m Durchmesser, mit einer Absenkung des Grundes von etwa 10 m (Abb. a). Der Grund der Senke ist mit grauem Schluff aus Feinsand und Silt bedeckt; er hält Regenwasser und Oberflächenzufluss zurück (Fig b). Je nach der Jahreszeit und den Niederschlägen ändern sich Ausdehnung und Tiefe des Teiches. Trotz der Nähe zu den lokalen Moränenwällen ist die Senke nicht nur glazialen Ursprungs, sondern auch auf Lösungsprozesse zurückzuführen. Es handelt sich um die grösste unter mehreren Dolinen auf dieser Hochebene. Unter der Moräne finden sich folglich Karbonatgesteine.



### D.3 The Laghetto di Giübin

Coordinates: 698 550/155 150

*The footpath from the starting point (D.2, fig. a, coord. 698 300/155 480) is not indicated, and is quite demanding. As shown in fig. 24, the best way is to follow upstream a small valley, which starts about 250 m east of the trail panel and leads southwards to the Laghetto Giübin.*

*The Laghetto corresponds to a perfectly round depression, which is about 50 m in diameter and 10 m lower than the surrounding zone (fig. a). The valley floor is covered with grey silt and fine sand. It holds back rainwater and surface runoff (fig. b). Depending on the season and rainfall, the extent of the Laghetto and water depth may vary. Despite the proximity to the local moraine the sink is not only of glacial origin, but also due to dissolution of a rock volume. It is the largest among several sinkholes on this plateau. Consequently, carbonate rocks must be present beneath the moraine.*

**Abbildung a:** Der Laghetto di Giübin im Zentrum einer kreisrunden Senke, geschaffen durch den lokalen Gletscher und durch Lösungserscheinungen (Doline); Photo: Oktober 2014.

**Abbildung b:** Schluff (Silt und Feinsand) am Grund des Laghetto Giübin. Dieses feine Sediment hält das Wasser in der Senke zurück. Beim Austrocknen bilden sich Trockenrisse.

**Figure a:** *The Laghetto di Giübin at the centre of a circular depression, formed by a local glacier and by rock dissolution (sinkhole); photo: October 2014.*

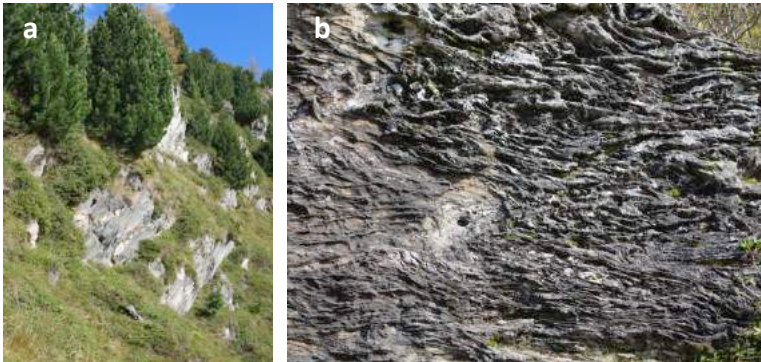
**Figure b:** *Silt and fine sand at the bottom of the Laghetto Giübin. The fine sediment prevents surface water to infiltrate the substrate. Dry sediment is characterized by desiccation cracks.*



#### D.4 Quarten-Formation: (Kalk-) Glimmerschiefer, mit Granat, Hornblende, Staurolith und Disthen

Koordinaten: 698060/155 300

Der Aufschluss zeigt fein geschichtete und geschieferte metamorphe Gesteine mit einer reichen Mineralvergesellschaftung: Granat, Hornblende, Staurolith und Disthen. Die gestufte Felswand ist durch Arven besiedelt, dank der Samenverbreitung durch den Tannenhäher, der hier ideale Verhältnisse zur Streuung, bzw. für die Anlage von Nahrungsreserven von Arvenkernen findet (Figuren a bis c).



#### D.4 The Quarten-Formation: calcareous micaschists with garnet, hornblende, staurolite and kyanite

Coordinates: 698060/155 300

The outcrop shows finely layered and foliated metamorphic rocks with a rich mineral assemblage: garnet, hornblende, staurolite and kyanite. Swiss pines grow on the cliff, thanks to the seed dispersal by the nutcracker, which finds ideal conditions to spread the seeds, and establish its food reserves (figs. a to c).



**Abbildung a:** Fels von Glimmerschiefern, mit starkem Arvenbewuchs.

**Abbildungen b und c:** Tektonisch stark verformte Glimmerschiefer. Kieselige Partien wittern und treten als Hieroglyphen-Relief stark heraus.

**Figure a:** Micaschist rock cliffs with Swiss pines.

**Figures b and c:** Strongly deformed micaschists. Siliceous layers form a strong positive morphology.

#### D.5 Rauhwanke und Dolomitbrekzien der Trias

Koordinaten: 698 000/155 200

Der Aufschluss im Bergbach und entlang des Fussweges gibt einen guten Überblick über die verschiedenen Gesteinstypen der mit der Röti-Formation der Helvetischen Decken verglichenen Karbonate der Piura-Mulde (Bianconi et al. 2014, geologische Karte). Hier beobachtet man massive Dolomite, Brekzien und löcherige, z.T. in Kalk umgewandelte Gesteine (sog. «Rauhwancken»). Dieser Zustand des Gesteins zeugt von Umwandlungsprozessen, denen die Sedimentgesteine seit ihrer Ablagerung als Wechsellagerung von Dolomit und Gips ausgesetzt

#### D.5 Cornieule and dolomite breccias, Triassic

Coordinates: 698 000/155 200

This outcrop in a small mountain stream and along the footpath gives a good overview of the different rock types which are correlated with the Röti-Formation of the Helvetic Nappes (Bianconi et al. 2014, geological map). Here, one can observe massive dolomite, breccias and cavernous carbonate rocks (so-called "Rauhwancke" or "Cornieule"). These rocks have been formed by the transformation of dolomite and gypsum.

waren. Bei diesen physikalischen und chemischen Prozessen, im Zusammenhang mit der alpinen Orogenese, entstanden die Brekzien. Sodann wurden die am leichtesten löslichen Komponenten durch Grund- und Oberflächenwasser herausgelöst.

*These brecciation processes took place during the Alpine orogeny. Then, the most easily soluble components were removed by ground and surface water.*



**Abbildung a:** Aufschluss von « Honigfarbenem » Dolomit im Bachbett.

**Abbildung b:** Brekziöser und löchriger Dolomit, teilweise in Kalk umgewandelt, sogenannte «Cornieule».

*Figure a:* Outcrop of honey-coloured dolomite in a small river bed.

*Figure b:* Brecciated and hollow dolomite, partly transformed into limestone, so-called „cornieule“.