

# PAEP

## PIANO DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE PROVINCIALE

RELAZIONE ILLUSTRATIVA			
Elaborato	Fase	Scala	Data
			maggio 2009
		<p><b>Provincia del Verbano Cusio Ossola</b></p> <p><i>Dirigente Settore Ambiente e Georisorse</i> <i>ing. Mauro Proverbio</i></p> <p><i>Funzionari</i> <i>geom. Marco Carozza</i> <i>p.i. Francesca Spadone</i> <i>ing. Moira Tartari</i></p> <p><b>Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Ambiente e delle Geotecnologie</b></p> <p><i>prof. Riccardo Sandrone</i></p>	
Versione	Data aggiornamento	Atto di adozione	Atto di approvazione
1			

# **INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>2. LA SCELTA TRA LE ALTERNATIVE .....</b>	<b>9</b>
<b>3. NATURA E CONTENUTI DEL PAEP .....</b>	<b>10</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1 Le Alpi.....</b>	<b>14</b>
4.1.1 Le Alpi Meridionali nella Provincia del VCO .....	15
4.1.1.1 La Zona Ivrea-Verbanò .....	19
4.1.1.2 La Serie dei Laghi .....	24
4.1.1.3 I granitoidi del Permiano Inferiore .....	27
4.1.2 La catena Europa-vergente nella Provincia del VCO.....	31
4.1.2.1 Il Sistema Austroalpino.....	35
4.1.2.2 Il Sistema delle Falde Ofiolitiche.....	37
4.1.2.3 Le Unità di Copertura e la Zona Sion-Courmayeur .....	42
4.1.2.4 Le Unità Pennidiche Superiori .....	43
4.1.2.5 Le Unità Pennidiche Inferiori.....	48
4.1.3 Evoluzione strutturale .....	53
<b>4.2 La Copertura Quaternaria.....</b>	<b>56</b>
4.2.1 Dissesti gravitativi.....	56
4.2.2 Depositi eluvio-colluviali e suolo .....	60
4.2.3 Falde e coni di detrito.....	60
4.2.4 Depositi glaciali .....	61
4.2.5 Depositi torrentizi.....	61
4.2.6 Depositi antropici .....	62
<b>5. ATTIVITA' ESTRATTIVA NELLA PROVINCIA.....</b>	<b>63</b>
<b>5.1 I lapidei ornamentali.....</b>	<b>63</b>

5.1.1 Graniti .....	63
5.1.2 Serizzi.....	65
5.1.3 Beole .....	66
5.1.4 Marmi.....	68
5.1.5 Pietra Ollare .....	73
5.1.6 Granulite.....	75
<b>5.2 Gli inerti .....</b>	<b>77</b>
5.2.1 Sabbie e ghiaie .....	77
5.2.2 Altri inerti.....	77
<b>5.3 Le sostanze minerali di prima categoria (R.D. 29.07.1929, n. 1443).....</b>	<b>77</b>
5.3.1 Concessioni minerarie .....	78
5.3.1.1 Acque minerali e termali .....	78
5.3.1.2 Feldspati .....	89
5.3.1.3 Minerali auriferi .....	90
5.3.1.4 Olivina.....	90
5.3.2 Permessi di ricerca .....	90
5.3.2.1 Acque minerali .....	90
5.3.2.2 Metalli .....	91
5.3.3 Miniere dismesse.....	92
5.3.3.1 Amianto.....	92
5.3.3.2 Feldspato .....	92
5.3.3.3 Ferro .....	92
5.3.3.4 Ferro-Rame-Zinco (Molibdeno).....	92
5.3.3.5 Manganese.....	93
5.3.3.6 Nichel .....	94
5.3.3.7 Oro.....	95
5.3.3.8 Piombo-Zinco.....	102
<b>5.4 Le cave di pietra ornamentale.....</b>	<b>102</b>
<b>5.5 Le cave di inerti .....</b>	<b>103</b>
<b>5.6 Le cave di altri materiali.....</b>	<b>103</b>

<b>5.7</b>	<b>Le caratteristiche delle cave .....</b>	<b>104</b>
5.7.1	Cave a fossa.....	104
5.7.2	Cave a mezza costa .....	105
5.7.3	Cave di culmine.....	105
5.7.4	Cave pedemontane o basali .....	105
<b>5.8</b>	<b>I volumi estratti – Tipologie di produzioni .....</b>	<b>106</b>
5.8.1	Blocchi da scogliera .....	107
5.8.2	Blocchi da telaio.....	107
5.8.3	Blocchi da fresa.....	107
5.8.4	Lastre a spacco .....	107
5.8.5	Pezzame ad altri usi (altro).....	107
<b>5.9</b>	<b>I volumi estratti – Litotipi .....</b>	<b>107</b>
5.9.1	Beola .....	108
5.9.2	Serizzo.....	108
5.9.3	Granito.....	108
5.9.4	Marmo .....	109
<b>5.10</b>	<b>I volumi estratti – Acque minerali e termali.....</b>	<b>109</b>
<b>6.</b>	<b>VALORE DELLA ATTIVITA' ESTRATTIVA.....</b>	<b>111</b>
<b>6.1</b>	<b>Il significato culturale delle pietre ornamentali.....</b>	<b>111</b>
<b>6.2</b>	<b>Il significato economico delle pietre ornamentali.....</b>	<b>114</b>
6.2.1	Occupati nella estrazione .....	114
6.2.2	Fatturato del comparto estrattivo.....	116
<b>6.3</b>	<b>Le acque minerali .....</b>	<b>118</b>
6.3.1	Occupati negli stabilimenti di imbottigliamento .....	118
6.3.2	Fatturato del comparto idrotermale .....	119
<b>6.4</b>	<b>L'occupazione complessiva.....</b>	<b>120</b>
<b>6.5</b>	<b>Il fatturato complessivo .....</b>	<b>120</b>

<b>7. FABBISOGNI PER IL FUTURO .....</b>	<b>123</b>
7.1 Il fabbisogno di pietre ornamentali .....	123
7.2 Il fabbisogno di inerti.....	124
7.3 Il fabbisogno di acque minerali e termali.....	125
<b>8. POSSIBILITA' DI ESCAVAZIONE NELLA PROVINCIA.....</b>	<b>126</b>
<b>9. ESCAVAZIONE IN SIC E ZPS E NELLE ZONE DI INTERFERENZA.....</b>	<b>128</b>
<b>10. DEFINIZIONE E INDIVIDUAZIONE DELLE CAVE S.O.V. ....</b>	<b>129</b>
<b>11. ESCAVAZIONE ESTERNA A PARCHI, SIC, ZPS E ZONE DI INTERFERENZA .....</b>	<b>132</b>
<b>12. POLI ESTRATTIVI .....</b>	<b>133</b>
12.1 Definizione ed individuazione dei poli estrattivi.....	133
12.1.1 Beura Cardezza .....	134
12.1.2 Croppo di Trontano 1 .....	135
12.1.3 Croppo di Trontano 2 .....	135
12.1.4 Domodossola.....	135
12.1.5 Pontemaglio.....	135
12.1.6 Rencio .....	136
12.1.7 San Rocco.....	136
12.1.8 Rivasco .....	136
12.2 La coltivazione nei poli estrattivi .....	136
12.3 I progetti attuativi dei poli estrattivi.....	137
<b>13. ALTRE AZIONI DEL PAEP .....</b>	<b>139</b>
13.1 La valutazione della propensione al dissesto .....	139

<b>13.2</b>	<b>La valutazione delle potenze delle coperture .....</b>	<b>140</b>
<b>13.3</b>	<b>La fascia di rispetto cava-abitazioni .....</b>	<b>141</b>
13.3.1	Distanza da case isolate.....	142
13.3.2	Distanza dai centri abitati .....	142
<b>13.4</b>	<b>Le infrastrutture a servizio delle cave .....</b>	<b>143</b>
13.4.1	Muri di sostegno.....	143
13.4.2	Muri paramassi.....	143
13.4.3	Edifici.....	143
<b>13.5</b>	<b>L'osservatorio della attività estrattiva .....</b>	<b>144</b>
<b>13.6</b>	<b>Il recupero delle discariche.....</b>	<b>145</b>
<b>13.7</b>	<b>Il riuso alternativo dei siti.....</b>	<b>146</b>
13.7.1	Siti da recuperare.....	146
13.7.2	Siti per lo stoccaggio degli sfridi dei laboratori .....	147
13.7.3	Siti riutilizzabili a fini estrattivi .....	148
13.7.4	Siti riutilizzabili per altri scopi.....	150
<b>13.8</b>	<b>Lo sviluppo della filiera .....</b>	<b>151</b>
<b>14.</b>	<b>PERIODO DI VALIDITA' DEL PIANO .....</b>	<b>154</b>
<b>15.</b>	<b>APPENDICE I – METODO DI ROMANA .....</b>	<b>155</b>
<b>15.1</b>	<b>Distribuzione spaziale dell'indice BRMR .....</b>	<b>155</b>
<b>15.2</b>	<b>Distribuzione spaziale dell'indice SMR.....</b>	<b>157</b>
<b>15.3</b>	<b>Validazione.....</b>	<b>159</b>
<b>15.4</b>	<b>Limiti e sviluppi futuri.....</b>	<b>159</b>
<b>16.</b>	<b>APPENDICE II – QUESTIONARIO PER ELABORAZIONI STATISTICHE .....</b>	<b>160</b>

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

### **ALLEGATI** (in volumi separati)

**A** – Rete caposaldi PAEP

**B** – Schede merceologico-tecniche dei materiali

**C** – Figure

**D** – Tavole con ubicazione delle cave S.O.V.

**E** – Tavole con ubicazione dei poli estrattivi

## **1. INTRODUZIONE**

A seguito dello svolgimento della riunione consultiva effettuata in data 22.01.2007 sulla scorta del Documento Preliminare funzionale alla VAS del PAEP e alla D.C.P.n.25 del 02.03.2009, esecutiva, con la quale è stato adottato il piano territoriale provinciale (PTP), viene prospettato il presente documento quale proposta di *“PIANO DELLE ATTIVITA’ ESTRATTIVE PROVINCIALE”* (PAEP).

Il lavoro ha lo scopo di illustrare come si intende organizzare e gestire l’attività estrattiva sul territorio provinciale tenendo conto degli aspetti economici, occupazionali, ambientali nonché delle direttive e delle prescrizioni contenute nel piano territoriale provinciale (PTP).

Le autorità con specifica competenza in materia ambientale e sanitaria, gli enti locali, le associazioni ambientaliste, le associazioni di categoria ed eventualmente altri soggetti interessati a specifiche problematiche sono chiamate ad esprimersi sulla proposta di piano.



## 2. LA SCELTA TRA LE ALTERNATIVE

Nel documento “*RAPPORTO AMBIENTALE*”, redatto contestualmente al PAEP, sono state prese in considerazione 3 alternative:

- la “*alternativa zero*”, ovvero l’ipotesi che non ci sia il PAEP e che, quindi, la attività estrattiva sia regolata solamente dalle regole attualmente contenute nelle varie leggi;
- la “*alternativa uno*”, che prevede di integrare le azioni previste dalla normativa attuale con altre specifiche mirate ad una più stringente salvaguardia dell’ambiente e ad una razionalizzazione più spinta delle coltivazioni;
- la “*alternativa due*”, che si discosta rispetto alla precedente non tanto per gli obiettivi quanto per le azioni, meno finalizzate sia in ordine alla salvaguardia ambientale sia in ordine alla razionalizzazione.

La scelta è ovviamente caduta sulla “*alternativa uno*”, definita infatti “*di piano*”, per le ragioni e le considerazioni ampiamente illustrate nel “*RAPPORTO AMBIENTALE*”.

Il PAEP, pertanto, si sviluppa in modo organico ed articolato in conformità alla scelta operata.

### **3. NATURA E CONTENUTI DEL PAEP**

Il piano delle attività estrattive provinciale (PAEP) viene redatto in ottemperanza all'articolo 20 del D.Lgs.267/00 e s.m.i., che assegna alla Provincia compiti di programmazione territoriale, e, più in particolare, all'articolo 31 della L.R.44/00 e s.m.i., che obbliga la Provincia alla predisposizione del PAEP seguendo le linee di programmazione regionale.

Il PAEP tiene quindi conto di quanto contenuto nel *"DOCUMENTO DI PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE (DPAE) – SECONDO STRALCIO"* redatto dalla Regione Piemonte – Direzione Industria, Settore Pianificazione e Verifica Attività Estrattiva – e approvato dalla Giunta Regionale con deliberazione n.27-1247 del 06.11.2000 ed è con esso congruente.

Essendo il PAEP un piano di programmazione territoriale, ai sensi dell'articolo 42 del D.Lgs.267/00 deve essere sottoposto all'esame del Consiglio Provinciale.

Il PAEP, quale vero e proprio piano di settore, costituisce variante del piano territoriale provinciale. Ai sensi della L.R.56/77 il PAEP viene predisposto dalla Provincia e deve essere approvato da parte della Regione.

Il PAEP individua i giacimenti sfruttabili; localizza con precisione le cave; definisce i "poli estrattivi" e stabilisce in codesti siti le procedure da seguire per consentire l'apertura o la continuazione dei lavori di cava; specifica le tecniche affinché l'attività estrattiva possa svolgersi in maniera corretta e razionale; stabilisce le normative generali applicabili a tutte le attività estrattive per la coltivazione e il recupero ambientale che devono essere osservate in rapporto alle caratteristiche idrogeologiche, geotecniche ed al tipo di sostanze di cava estraibili.

Al PAEP, come piano di settore, spetta il non facile ruolo di adattare al territorio provinciale le linee guida individuate dalla Regione cercando, nel contempo, di non introdurre vincoli generalizzati che impediscano l'utilizzo della risorsa (come viene perentoriamente affermato dal DPAE all'art.5 delle Norme di Indirizzo) in quanto ritenuta, giustamente, fonte di ricchezza e di benefici sociali

che valicano il settore estrattivo in senso stretto (cfr. DPAE, volume 1, paragrafi 4.1 - 4.2 - 4.4.1).

A corredo del PAEP è stata predisposta una cartografia digitale che permette, oltre alla visualizzazione delle carte tematiche (e naturalmente alla loro stampa), di accedere ad una serie di informazioni impressionante. E' infatti possibile, in ambiente GIS, avere i dati sulla produzione, sul consumo di esplosivo, sulla occupazione, sulla zonizzazione acustica, sullo spessore delle coperture quaternarie, sulla vegetazione, ed altro ancora. Così operando, con un numero relativamente contenuto di carte si ottiene il duplice risultato di dare tutte le informazioni di interesse e di poterle aggiornare agilmente ad ogni variazione (per maggiori informazioni si veda la relazione illustrativa allegata alla cartografia). La versione cartacea delle tavole, pertanto, ha finalità più informativa-illustrativa che non di consultazione; questa, infatti, risulta efficace solamente in ambiente digitale, dove si può far assumere agli elaborati le scale adeguate alle informazioni cercate e dove queste possono essere estratte con mirate interrogazioni del sistema.

Le carte prodotte sono le seguenti:

**Tavola 1 - Carta delle attività estrattive** – L'elaborato fornisce una visione di insieme dello stato di fatto delle attività di coltivazione (cave e miniere) e del relativo indotto (laboratori, frantoi).

**Tavola 2 - Carta dei vincoli storici, ambientali e paesistici** – L'elaborato documenta i beni di interesse paesaggistico tutelati ai sensi dell'art.142 del D.Lgs.42/04 presenti sul territorio del VCO.

**Tavola 3 - Carta delle previsioni urbanistiche, del quadro del dissesto e del vincolo idrogeologico** – L'elaborato documenta le previsioni urbanistiche dei Comuni del territorio del VCO. In riferimento allo stesso ambito territoriale, inoltre, evidenzia le porzioni di territorio sottoposte a vincoli per scopi idrogeologici ai sensi del R.D.3267/23 e le aree sensibili sotto il profilo territoriale, sulle quali gravano vincoli normativi di tutela e salvaguardia che possono risultare incompatibili con la pianificazione della attività estrattiva.

**Tavola 4** - Carta delle aree di parco, SIR, SIC e ZPS – L’elaborato fornisce una visione di insieme delle aree sensibili sotto il profilo ambientale e territoriale presenti sul territorio del VCO, sulle quali gravano vincoli normativi di tutela e salvaguardia che possono risultare incompatibili con la pianificazione della attività estrattiva.

**Tavola 5** - Carta della vegetazione e dell’uso del suolo – L’elaborato documenta le condizioni d’uso del suolo e le tipologie fisionomiche della vegetazione del territorio del VCO.

**Tavola 6** - Carta dell’assetto geologico-strutturale e delle varietà merceologiche – L’elaborato documenta le relazioni esistenti tra l’assetto geologico-strutturale del territorio del VCO e le varietà merceologiche delle coltivazioni, attive e inattive, di pietra ornamentale.

**Tavola 7** - Carta delle produzioni e dei materiali di consumo – L’elaborato documenta la redditività dei giacimenti attivi sul territorio del VCO nell’arco temporale compreso tra il 1982 e il 2005, nonché, per ogni litotipo coltivato, la variabilità dei consumi (di esplosivo di 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> categoria, di miccia detonante, di detonatori, di filo diamantato).

**Tavola 8** - Carta della qualità degli ammassi rocciosi - L’elaborato documenta la variabilità spaziale delle caratteristiche tecniche dei giacimenti coltivati nel territorio del VCO.

**Tavola 9** - Carta degli spessori minimi delle coperture quaternarie e dei suoli - L’elaborato documenta i risultati della applicazione di un modello morfometrico sperimentale che ha consentito di derivare, per il territorio del VCO, la distribuzione spaziale degli spessori minimi delle seguenti coperture quaternarie: depositi eluvio-colluviali, falde di detrito, depositi glaciali, depositi torrentizi delle aste del reticolo idrografico secondario. Documenta inoltre i risultati della applicazione di un modello multiparametrico che ha consentito di derivare la distribuzione spaziale degli spessori minimi dei suoli.

**Tavola 10** - Carta della classificazione acustica dei territori interessati dalle attività estrattive - L’elaborato documenta lo stato di fatto della classificazione ac-

stica dei Comuni interessati dalle attività estrattive e ne individua le relative criticità riscontrabili a scala comunale e/o sovracomunale.

Preventivamente alla cartografia si è provveduto ad allestire e posizionare sul terreno la rete di caposaldi funzionale al PAEP (ma utile anche per altri scopi, si pensi, per esempio, alle reti viabilistica, acquedottistica, fognaria, ecc.). A questo sistema, già messo a disposizione degli addetti ai lavori, si deve collegare ogni rilevazione inerente l'attività estrattiva al fine di avere quote certe e tra loro comparabili su tutto il territorio provinciale.

In allegato A sono illustrate le caratteristiche della suddetta rete, così come sono state illustrate in data 25.11.2008 dalla Gister Geomatica di Verbania - ditta che ha ne curato la realizzazione - in occasione della sua presentazione.

#### **4. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO**

Il territorio della Provincia del Verbano Cusio Ossola, completamente compreso all'interno della catena alpina (Figg. 1 e 2), presenta dal punto di vista geologico peculiarità uniche nelle Alpi e, forse, nel mondo intero.

Attraversandolo da Sud verso Nord si possono infatti osservare dapprima una delle più interessanti sezioni a scala mondiale di “crosta continentale esposta” (Boriani e Giobbi, 2004) e poi una sezione completa della pila delle falde a vergenza europea, dalla Zona Sesia-Lanzo (Austroalpino) al nucleo della finestra tettonica Ossola-Ticino.

##### **4.1 Le Alpi**

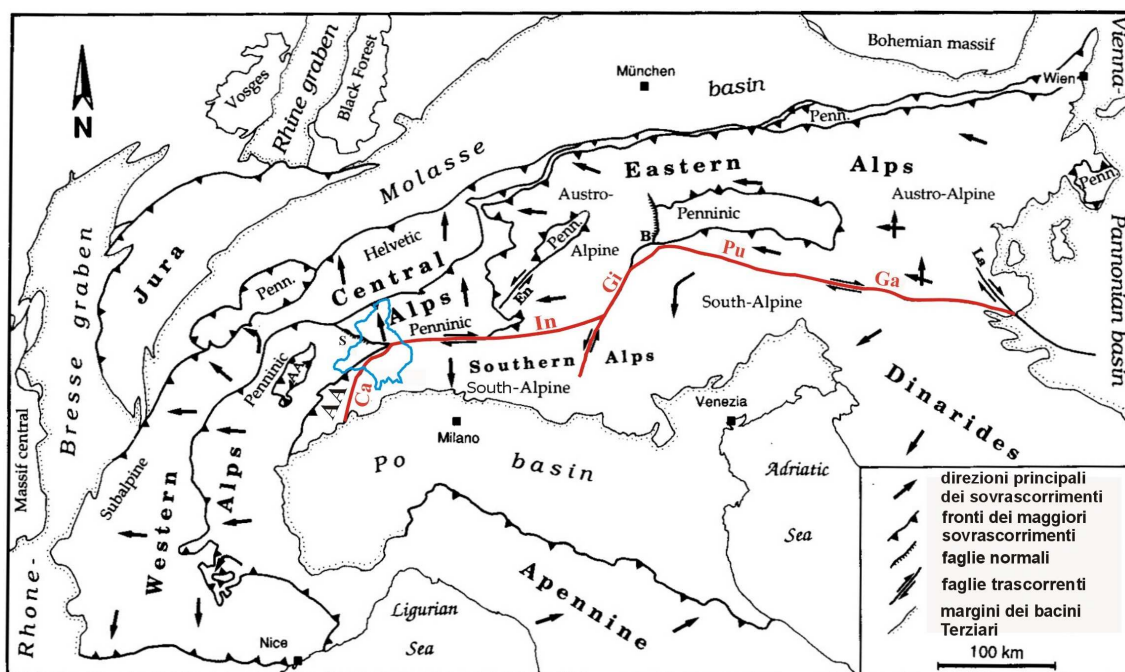
Le Alpi sono una catena montuosa derivata dalla collisione continente-continente tra la placca Europea e la microplacca Adria (di pertinenza Africana), avvenuta circa 110 milioni di anni (Ma) fa.

Esse si estendono per una lunghezza di circa 1.000 km dal Mar Ligure fino al Bacino di Vienna (Fig. 1) e possiedono una struttura crostale con doppia vergenza, ossia sono costituite da due insiemi di falde che si sono propagate in direzioni opposte.

Il primo, cioè la catena alpina in senso stretto, ha vergenza europea ed è costituito da una sequenza di unità tettoniche che sono sovrascorse, generalmente verso NW, sull'avampaese europeo.

Il secondo ha vergenza africana ed è costituito da una sequenza di unità tettoniche che sono sovrascorse generalmente verso S; conosciuto nella letteratura geologica come Dominio Sudalpino o Alpi Meridionali, è stato a lungo considerato il retropaese autoctono della Catena Alpina.

Il confine tra i due è rappresentato dal Lineamento Periadriatico (Schmid et al., 1989), che in Ossola prende il nome di Linea del Canavese e che attraversa la regione con direzione SW-NE, tagliando la valle in corrispondenza degli abitati di Loro e Vogogna.

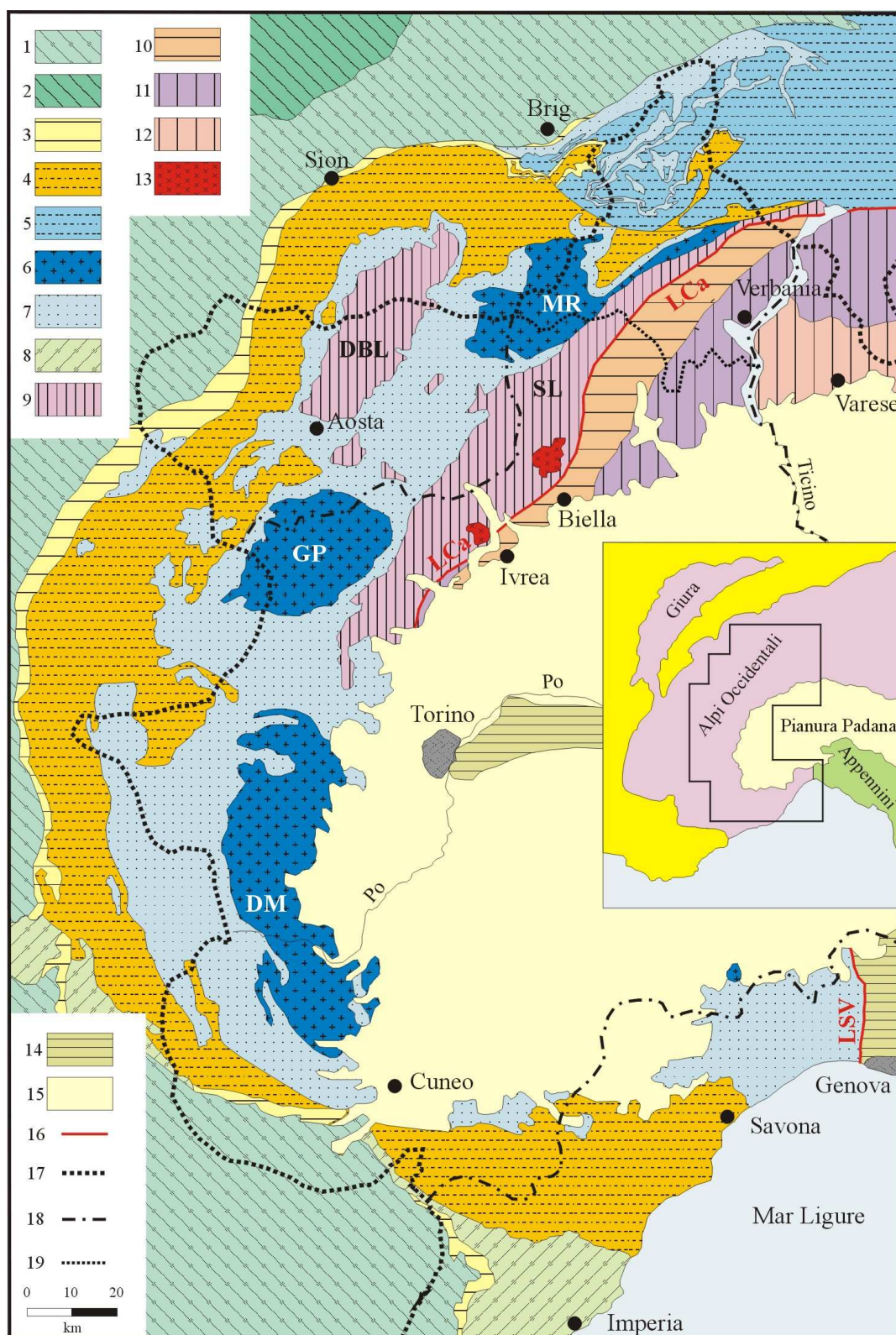


**Fig. 1** – Schema tettonico delle Alpi e delle aree circostanti (da Pfiffner, 1993). AA: Austroalpino. Il Lineamento Periadriatico è evidenziato in rosso, così come le iniziali dei nomi delle sue parti (Ca: Linea del Canavese; In: L. Insubrica, L. del Tonale; Gi: L. delle Giudicarie; Pu: L. della Pusteria; Ga: L. della Gail). Sono associate al Lineamento Periadriatico le faglie (dette anche Linee) del Sempione (S), dell'Engadina (En), del Brennero (B) e della Lavantal (La). In azzurro sono riportati i confini della Provincia.

#### **4.1.1 Le Alpi Meridionali nella Provincia del VCO**

Il Dominio Sudalpino si estende a sud della Linea del Canavese, fino al sottosuolo della Pianura Padana, ove è sepolto il fronte degli scorrimenti sud-vergenti.

Alla scala della catena esso è costituito da un basamento metamorfico prealpino e da una potente copertura sedimentaria, che ha inizio in Carnia con il Paleozoico inferiore e più a occidente con il Permiano o il Carbonifero superiore e giunge fino al Quaternario; vi sono inoltre importanti manifestazioni magmatiche sia intrusive che effusive.



**Fig. 2 – Schema strutturale delle Alpi Occidentali**



## Legenda della figura 2:

### *Dominio Delfinese-Elvetico*

1: basamento e coperture indifferenziate.

### *Dominio Pennidico*

2: Prealpi;

3: Zona Subbrianzone (Zona Sion-Courmayeur nella parte settentrionale della carta);

4: Zona Brianzone (Sistema multifalda del Gran San Bernardo e Zone Camughera e Moncucco-Orselina-Isorno nella parte settentrionale della carta);

5: Unità Pennidiche Inferiori;

6: Massicci Cristallini Interni (MR = Monte Rosa; GP = Gran Paradiso; DM = Dora Maira);

7: Zona Piemontese; Calcescisti Nord-Pennidici; Successioni Triassico-Neocomiane del Versoyen, Unità di Montenotte e di Sestri-Voltaggio;

8: Flysch a Helminthoidi dell'Ubaye-Embrunais e della Liguria.

### *Dominio Austroalpino*

9: Zona Sesia-Lanzo (SL) e Falda Dent Blanche (DBL).

### *Dominio Sudalpino*

10: Zona Ivrea-Verbano;

11: Serie dei Laghi e Zona del Canavese (a ovest di Ivrea);

12: copertura vulcanica e sedimentaria prevalentemente Permo-Mesozoica.

### *Intrusivi alpini post-collisionali*

13: plutoni di Traversella e della Valle Cervo.

### *Appennini e Collina di Torino*

14: sedimenti Cretacei e Terziari.

### *Pianura Padana e Bacino Ligure-Piemontese*

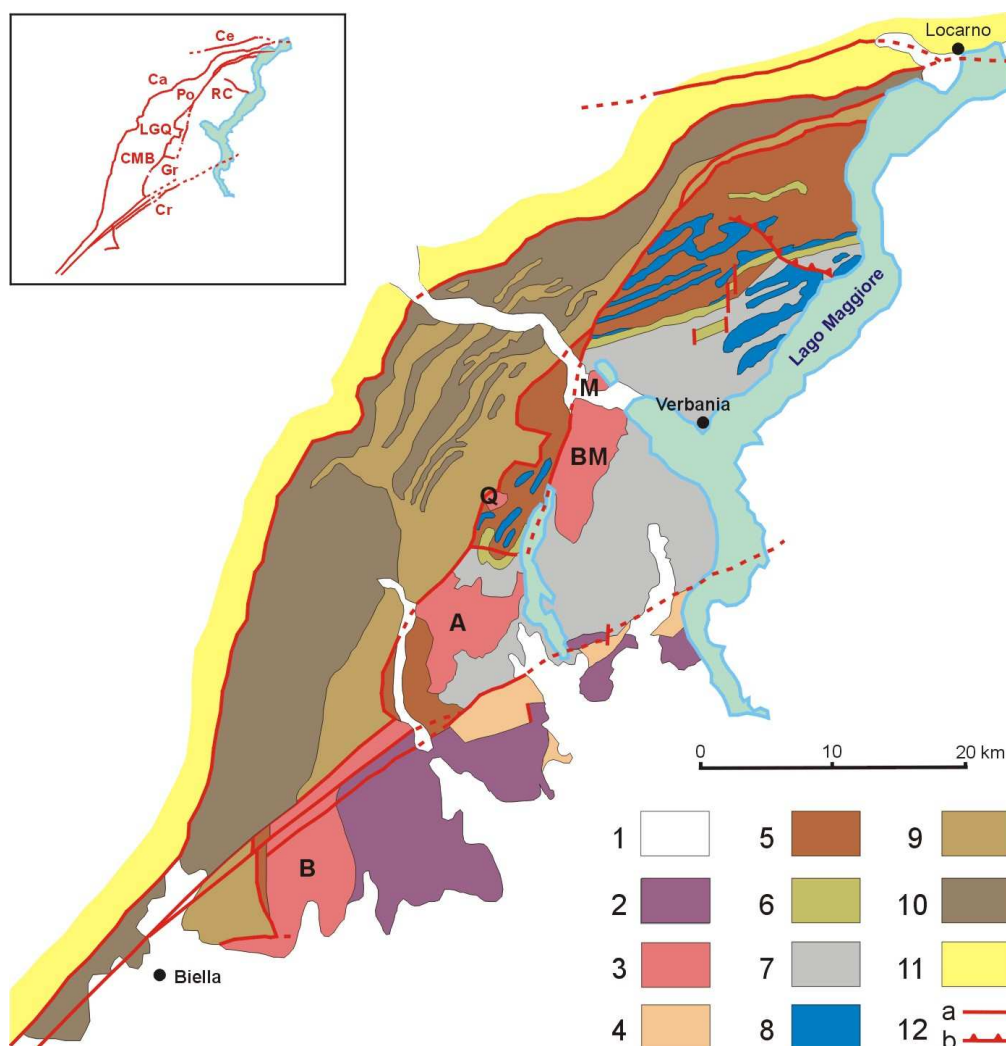
15: sedimenti Terziari e Quaternari.

16: Principali linee tettoniche (LCa = Linea del Canavese; LSV = Linea Sestri-Voltaggio).

17: Confine di Stato.

18: Confine di Regione.

19: Confine meridionale della Provincia del VCO.

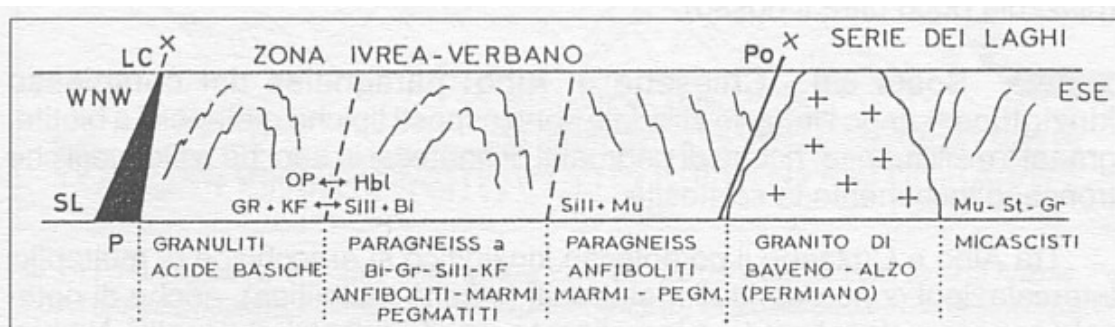


**Fig. 3** – Schema tettonico del Dominio Sudalpino tra Biella e il Lago Maggiore (ridisegnato con semplificazioni da Boriani e Giobbi, 2004).

1: Pliocene e Quaternario; 2: Copertura vulcanica e sedimentaria Permo-Mesozoica; 3: Graniti Permiani (“Graniti dei Laghi”; A: Plutone di Alzo-Roccapietra; B: P. di Biella-Valsessera; B-M: P. di Baveno-Mottarone; M: P. di Montorfano; Q: P. di Quarna). *Zona Val Colla* 4: scisti, gneiss e anfiboliti a epidoto. *Serie dei Laghi* 5: Zona Strona-Ceneri; 6: Zona Strona-Ceneri Marginale; 7: Scisti dei Laghi; 8: Ortogneiss Ordoviciani. *Zona Ivrea-Verbano* 9: Formazione Kinzigitica; 10: Complesso Mafico e ultramafiti. 11: Catena Europa-vergente. 12a: Linee tettoniche e faglie minori (nel riquadro Ca: Linea del Canavese; Ce: L. delle Centovalli; CMB: L. Cossato-Mergozzo-Brissago; Cr: L. della Cremonina; Gr: L. del Grottaccio; LQG: Faglie della Val Lessa, di Germagno e Quarna); 12b: sovrascorrimento del Riale di Cannero (RC nel riquadro).

Nell'area qui considerata affiora soltanto il basamento, suddiviso in due unità principali (Figg. 2 e 3): la Zona Ivrea-Verbanò, una sequenza metamorfica in *facies* da anfibolitica di alta temperatura a granulitica contenente un grande corpo basico, e la Serie dei Laghi, un'unità metamorfica in *facies* anfibolitica di bassa temperatura, ricca di corpi granitici di età differenti. La prima è considerata un elemento di crosta profonda, mentre alla seconda è attribuito il significato di crosta continentale intermedia e superiore.

Il grado del metamorfismo (pre-alpino) varia dalle condizioni in *facies* anfibolitica alle condizioni in *facies* granulitica, procedendo da SE a NW (Fig. 4).



**Fig. 4** – Schema delle litologie, delle trasformazioni metamorfiche e degli elementi strutturali del basamento Sudalpino nella sezione Verbano-Ossola (da Dal Piaz, 1992).

Linee tettoniche: Pogallo (Po) e Canavese (LC); P: peridotiti in parte serpentinizzate; SL: Zona Sesia-Lanzo.

Abbreviazioni usate per le fasi mineralogiche: Bi = biotite, Gr = granato, Hbl = orneblenda, KF = K-feldspato, Mu = muscovite, OP = ortopirosseno, Sill = sillimanite, St = staurolite.

#### 4.1.1.1 La Zona Ivrea-Verbanò

La Zona Ivrea-Verbanò (ZIV) o Zona d'Ivrea (nota anche come Serie o Formazione o Zona Dioritico-Kinzigitica o Diorito-Kinzigitica nella vecchia letteratura) è la più classica ed estesa unità di crosta continentale profonda delle Alpi (Boriani e Rivalenti, 1984; Boriani e Giobbi, 2004). Essa è delimitata a NW dalla Linea del Canavese, che la separa dall'edificio alpino propriamente detto, e a SE dalla Linea Cossato-Mergozzo-Brissago (Boriani e Sacchi, 1973; Boriani et al., 1990a), che la separa dalla Serie dei Laghi e che coincide per un suo

tratto con la Linea del Pogallo.

La ZIV è costituita da rocce metamorfiche in *facies* anfibolitica di alta temperatura e in *facies* granulitica, i cui protoliti sono rappresentati da rocce sedimentarie pelitiche, psammitiche e carbonatiche e da rocce magmatiche mafiche e ultramafiche.

Si tratta in definitiva di una sequenza vulcano-sedimentaria con lenti di ultramafiti (Formazione Kinzigitica), che fu intrusa da un grande corpo mafico (Complesso Mafico) nel Permiano Inferiore (Voshage et al., 1990).

- o Formazione Kinzigitica - È costituita in prevalenza da paragneiss in *facies* anfibolitica di alta temperatura (kinzigiti), marcatamente foliati. La loro composizione mineralogica è rappresentata da plagioclasio, quarzo, K-feldspato, biotite, sillimanite fibrosa, granato  $\pm$  cordierite  $\pm$  mica bianca trasversale.

In quantità subordinata sono presenti anfiboliti a grana fine e marmi a silicati di calcio.

Le anfiboliti a grana fine hanno affinità MORB (Sills e Tarney, 1984) e sono costituite da plagioclasio, anfibolo verde-bruno  $\pm$  granato.

I marmi a silicati di Ca sono marmi calcitici a grana grossa, con disseminazioni irregolari di pirite e quarzo e frequenti vene a grana media, di spessore centimetrico, che contengono in abbondanza pirite, clinopirosseno (diopside) e anfibolo (tremolite). Oltre ai minerali citati, in essi si rinvencono flogopite, titanite, barite, feldspato di bario e sporadica tormalina; alla pirite, inoltre, si associano talora pirrotina e calcopirite. L'età di sedimentazione del protolite calcareo è stata valutata tra 480 e 700 Ma (Hunziker e Zingg, 1980). In lenti di questi marmi sono state aperte le cave di Candoglia, di Ornavasso e della Valle Strona (Fig. 5).

Verso NW le kinzigiti passano, nello spazio di un centinaio di metri, a rocce più massive (granuliti, qui denominate "stronaliti"), caratterizzate da tessitura granoblastica poligonale, banding litologico marcato, assenza quasi totale di biotite e abbondanza di granato e sillimanite prismatica. Le anfiboliti si trasformano in granuliti basiche: anch'esse acquisiscono tessitura granoblastica

poligonale, l'originario anfibolo verde-bruno diventa bruno e localmente compare l'ortopirosseno.

Nelle porzioni della Formazione Kinzigitica più prossime alla Linea del Canavese affiorano corpi peridotitici (Balmuccia in Val Sesia, Megolo e Premosello in Val d'Ossola, Finero in Val Cannobina). Si tratta prevalentemente di lherzoliti a spinello (Lensch, 1968), con subordinate harzburgiti e duniti; localmente sono presenti filoncelli di pirosseniti e sacche gabbroidi.

Il grado metamorfico della Formazione Kinzigitica aumenta da SE verso NW, passando dalla facies anfibolitica superiore (con mica e sillimanite "fibrolitica") alla *facies* granulitica (con sillimanite prismatica e feldspato potassico nelle stronaliti) presso il contatto con il Complesso Mafico (Peyronel Pagliani e Boriani, 1967; Schmid, 1967).

Alle condizioni metamorfiche di picco seguono un'evoluzione a bassa pressione e diffusi processi di anatessi (migmatiti, sacche e filoni pegmatitici) di probabile età permiana.

Le temperature e pressioni di riequilibrio della *facies* granulitica sono stimate in 750-940 °C e 8 kbar (Sills, 1984; Schmid et al., 1988) e quelle della *facies* da anfibolitica a granulitica 616-820 °C e 4-11 kbar (Schmid e Wood, 1976; Sills, 1984; Schmid et al., 1988; Henk et al., 1997).

- Complesso Mafico – E' esposto tra Ivrea e la Val Mastallone ed è suddiviso in tre principali unità (Rivalenti et al., 1975; 1984):

1 - Serie Stratificata: peridotiti, pirosseniti, duniti, anortositi stratificate;

2 - Gabbro Principale;

3 - Dioriti, localizzate nei pressi della Formazione Kinzigitica.

Esso è poco rappresentato in Val d'Ossola: il cosiddetto "Gabbro di Anzola" (Fig. 5) potrebbe esserne un'apofisi (Boriani, 2000).

Il Complesso Mafico mostra paragenesi tipica della facies granulitica, con condizioni di temperatura e pressione stimate in 750-950 °C e 8-9 kbar (Garuti et al., 1978-79; Rivalenti et al., 1981; Sills, 1984; Gebauer et al., 1992; Henk et al., 1997). Pressioni più elevate (fino a 10-12 kbar) sono state ripor-

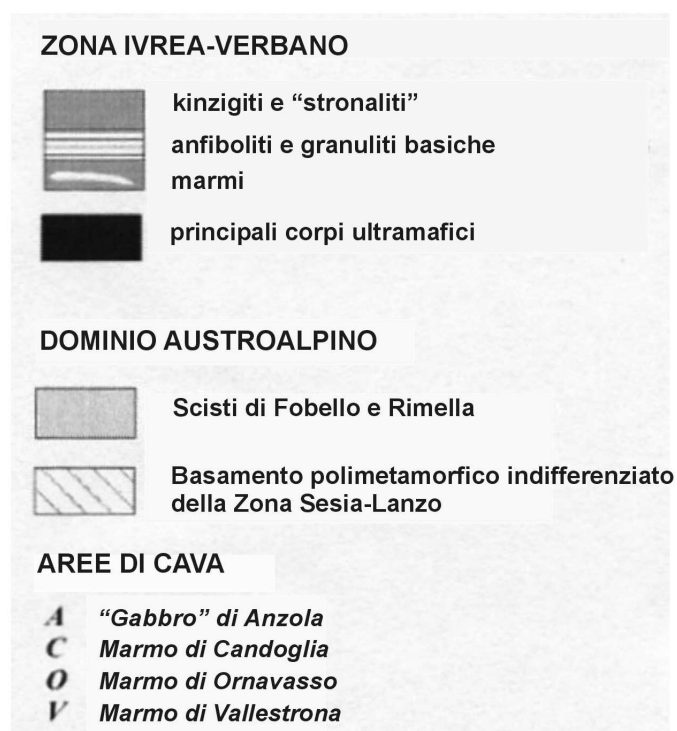
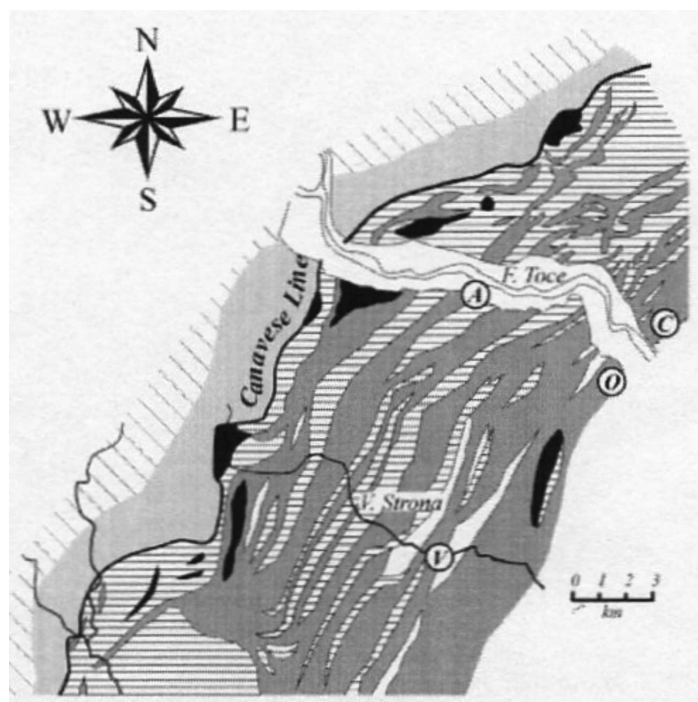
tate per la porzione inferiore (Serie Stratificata) del complesso (Mazzucchelli *et al.*, 1992) e temperature più elevate (intorno a 1000-1200 °C) sono riferibili alle condizioni della cristallizzazione magmatica.

Il contatto fra il Complesso Mafico e la Formazione Kinzigitica è magmatico (Quick *et al.*, 1994) e in quest'ultima è localmente caratterizzato da estese fusioni parziali.

L'età dell'impronta metamorfica principale è stata molto dibattuta (Zingg *et al.*, 1990; Gebauer, 1993; Schmid, 1993; Boriani e Villa, 1997): per le condizioni del picco metamorfico sono state proposte età Ordoviciane (intorno a 475 Ma), Carbonifere (intorno a 320 Ma) e Permiane (intorno a 280 Ma). Attualmente si ritiene che l'acme del metamorfismo regionale sia stato raggiunto tra 273 e 296 Ma (Pin, 1986; Bürgi e Klötzli, 1990; Vavra *et al.*, 1996; Boriani e Villa, 1997; Henk *et al.*, 1997), mentre il complesso processo di esumazione e raffreddamento probabilmente iniziò a 300-280 Ma (Brodie *et al.*, 1989) e fu associato alla formazione zone di *shear* anidre di alta temperatura (Brodie e Rutter, 1987; Zingg *et al.*, 1990).

La maggior parte degli autori concorda sull'età ercinica e nel riferire le paragenesi di alta temperatura all'intrusione dei corpi mafici nel Permiano inferiore, ma Henk *et al.* (1997) sostengono l'impossibilità di ricostruire l'evoluzione più antica, poiché l'evento termico del Permiano inferiore avrebbe completamente azzerato le età radiometriche e i valori geotermobarometrici precedenti.

Dal punto di vista strutturale Schmid (1967) riconosce nella ZIV una serie di pieghe antiformi e sinformi da coeve a posteriori rispetto all'evento metamorfico. L'antiforme più settentrionale (antiforme di Provan) è stata poi successivamente coinvolta dagli eventi tettonici alpini ed appare sub-verticale (Schmid *et al.*, 1987; 1989). Bertolani (1969) considera la Zona Ivrea-Verbano un'antiforme serrata con assi orientati SSE. I piegamenti all'interno dei corpi mafici sono considerati sinmagmatici (Quick *et al.*, 1992; 1994; De Marchi *et al.*, 1998) e la messa in posto dei corpi mafici è stata anche accompagnata dallo sviluppo di zone di taglio nelle kinzigiti (Snoke *et al.*, 1999).



**Fig. 5** – Schema geologico della bassa Val d'Ossola (da Cavallo *et al.*, 2004a)

La ZIV è separata dalla Serie dei Laghi dalla Linea Cossato-Mergozzo-Brissago, caratterizzata dalla presenza di miloniti di alta temperatura, di filoni e *stock* a composizione basico-intermedia (“*suite* appinitica” di Boriani *et al.*, 1990a) e di migmatiti. Il contatto originale è complicato da una riequilibrio in condizioni di bassa temperatura e da successive faglie subverticali: tra queste la più importante è la Linea del Pogallo, caratterizzata da miloniti in *facies* anfibolitica-scisti verdi.

#### 4.1.1.2 La Serie dei Laghi

La Serie dei Laghi (SdL) affiora a SE della Zona Ivrea-Verbano e si estende fino al margine della Pianura Padana.

Essa rappresenta una crosta continentale intermedia di età Paleozoica e viene interpretata come un prisma di accrezione del Paleozoico Inferiore, intruso da corpi plutonici di età Ordoviciano, che successivamente vennero metamorfosati in condizioni di *facies* anfibolitica (Boriani, 2000).

Nei lavori più recenti la SdL viene suddivisa in:

- Zona Strona-Ceneri - È una sequenza arenacea, metamorfosata in condizioni di *facies* anfibolitica, che comprende gneiss massicci a grana fine (Gneiss Minuti) e a grana medio-grossa (Cenerigneiss).

Gli Gneiss Minuti sono paragneiss psammitici di colore scuro, tabulari, che contengono abbondanti lenti a silicati di Ca. I loro costituenti mineralogici sono quarzo, plagioclasio e biotite ± muscovite ± granato e la loro tessitura è granoblastica. Loro variazioni di grana e *layering* composizionale sarebbero relitti di originarie strutture sedimentarie (Bächlin, 1937; Bigioggero e Boriani, 1975), che testimonierebbero il deposito del protolite ad opera di correnti torbiditiche (Boriani e Giobbi, 2004).

I Cenerigneiss sono paragneiss psefitico-psammitici a noduli di silicati di Ca. La loro mineralogia è data da quarzo, plagioclasio, biotite, muscovite ± granato ± cianite e quantità variabili di K-feldspato; la loro tessitura è glomeroblastica. Essi contengono ciottoli di quarzite e diorite, noduli ricchi in Al e



noduli a silicati di Ca, interpretabili questi ultimi come originarie concrezioni dolomitiche. In vicinanza dei corpi granitoidi, i Cenerigneiss mostrano una struttura occhiadina dovuta alla presenza di grandi porfiroclasti di K-feldspato, spesso bordati da mirmechiti, che potrebbero essere cristallizzati da un fuso.

Protoliti dei Cenerigneiss sarebbero arenarie e conglomerati depositati da frane sottomarine in un prisma di accrezione (Boriani *et al.*, 1997) e le varietà occhiadine sarebbero il risultato di infiltrazioni in questi protoliti di magmi residuali idrati, precedenti il metamorfismo prodottosi con l'orogenesi varisica (Pinarelli *et al.*, 2008).

- Zona Strona-Ceneri Marginale - È un orizzonte continuo, interposto tra la Zona Strona-Ceneri e gli Scisti dei Laghi, costituito essenzialmente da anfiboliti a bande, associate a subordinati paragneiss con lenti di ultramafiti, metagabbri e anfiboliti a granato (eclogiti retrocesse).

Le anfiboliti a bande si presentano come un'alternanza di livelli centimetrici scuri (anfiboliti a grana fine) e chiari ("leptiniti"), entrambi di derivazione mantellica (Boriani *et al.*, 2003). Presso il contatto con i granitoidi Ordoviciani le anfiboliti a bande passano a gneiss occhiadini a biotite e orneblenda, con megacristalli di K-feldspato di lunghezza fino a decimetrica: come nel caso dei Cenerigneiss, anche queste varietà occhiadine sarebbero il risultato di infiltrazioni nei protoliti di magmi residuali idrati, precedenti il metamorfismo prodottosi con l'orogenesi varisica (Pinarelli *et al.*, 2008).

Lenti di peridotiti, associate a metagabbri e anfiboliti a granato, sono diffuse in tutto questo orizzonte, ma sono particolarmente abbondanti nei dintorni di Omegna (Oira e Alpe Morello). Ad esse appartiene la pietra ollare, un tempo estratta ad Oira. Queste rocce, tipiche della litosfera oceanica, preservano paragenesi relitte di un evento metamorfico di alta pressione antecedente l'intrusione dei granitoidi Ordoviciani (Giobbi Origoni *et al.*, 1997). Franz e Romer (2007) lo datano a circa 450 Ma e lo considerano polifasico: a un primo evento di alta pressione con condizioni di picco di  $T = 710 \pm 30$  °C e P

=  $21,0 \pm 2,5$  kbar, sarebbe seguita una riequilibrio in *facies* anfibolitica a  $T = 570-630$  °C e  $P = 7-9$  kbar.

- Scisti dei Laghi - È un'unità metapelitica che affiora dal Lago d'Orta al Lago Maggiore presso Verbania. Essa è costituita da un'alternanza di micascisti e paragneiss marcatamente foliati e con pieghe isoclinali. La loro composizione mineralogica è data da quarzo, muscovite, biotite, plagioclasio  $\pm$  granato  $\pm$  cianite  $\pm$  staurolite.
- Ortogneiss - Vaste lenti di metagranitoidi, associate a metapegmatiti e metaaplititi (Pezzotta, 1993; Pezzotta e Pinarelli, 1994; Boriani *et al.*, 1995), affiorano all'interno della Zona Strona-Ceneri Marginale o nei suoi immediati dintorni. Questi metagranitoidi sono il prodotto delle trasformazioni metamorfiche di plutoniti acide di età Ordoviciane che, attraverso la Zona Strona-Ceneri Marginale, si intrusero sia nella Zona Strona-Ceneri, sia negli Scisti dei Laghi. Essi hanno composizione variabile da tonalitica a granitica, affinità calcicalina e carattere meta-alluminoso (Caironi, 1994; Boriani *et al.*, 1995) e hanno subito lo stesso metamorfismo regionale che ha interessato le rocce incassanti. La loro età di intrusione ( $450-460$  Ma) è Ordoviciane (Köppel e Grünenfelder, 1971; Hunziker e Zingg, 1980; Boriani *et al.*, 1982-83) e quella delle trasformazioni metamorfiche ( $311-325$  Ma) Varisica (Boriani *et al.*, 1995).

L'età del principale evento metamorfico che interessò la SdL è ancora dibattuta: Paleozoica Inferiore (circa  $450$  Ma) o Varisica ( $320-340$  Ma). Pidgeon *et al.* (1970), Köppel e Grünenfelder (1971; 1978-79), Hunziker e Zingg (1980) e Ragettli (1993) hanno considerato la prima come età dell'evento metamorfico principale in condizioni di alta temperatura e responsabile anche della fusione che generò il magmatismo Ordoviciano.

L'evento principale in condizioni di *facies* anfibolitica comportò temperature comprese fra  $540$  e  $610$  °C e pressioni di  $6-9$  kbar (Franz *et al.*, 1996; Giobbi Origoni *et al.*, 1997; Henk *et al.*, 1997; Zurrbruggen *et al.*, 1997) e la sua età è Varisica ( $320-350$  Ma secondo Boriani e Villa, 1997); età radiometriche in-

feriori a 300 Ma (Mc Dowell, 1970; Hunziker, 1974; Köppel, 1974) sarebbero da attribuire alla retrocessione in *facies* scisti verdi, connessa con il sollevamento e l'erosione della catena ercinica.

Dal punto di vista strutturale Boriani *et al.* (1990b) riconoscono nella SdL ampie pieghe con immersione assiale variabile, interpretabili come sinclinali, i cui piani assiali possono essere seguiti in direzione NE-SW per 50 km. La foliazione principale (F1) coincide con il loro piano assiale. Le pieghe F2 ("Schlingenbau" di Bächlin, 1937) compaiono verso il contatto con la Zona Ivrea-Verbano (Borghi, 1987; Boriani e Burlini, 1995), mostrano assi inclinati ed una debole crenulazione di piano assiale. Ad ovest di Cannobio queste pieghe diventano più serrate e sono responsabili di un elevato *boudinage* delle intercalazioni più competenti; in questa zona compare anche una fascia subverticale di miloniti, riferibile alla Linea Cossato-Mergozzo-Brissago. In conclusione "Schlingenbau" e miloniti sono il risultato dei movimenti tardo-Varisici, con una importante componente orizzontale, al contatto tra SdL e ZIV.

#### 4.1.1.3 I granitoidi del Permiano Inferiore

Intrusioni magmatiche tardo-erciniche, non metamorfosate e generalmente poco deformate (Boriani *et al.*, 1988b; Giobbi Origoni *et al.*, 1988), ricorrono lungo il contatto tra la SdL e la ZIV, prevalentemente nella prima ma anche nella seconda.

Esse si possono suddividere in due gruppi principali: piccoli corpi di composizione prevalentemente basico-intermedia (*suite* appinitica) e grandi plutoni granitici.

- Suite appinitica - Le appiniti sono filoni e *stock* a composizione da gabbro-dioritica e granitica, concentrati in una fascia lungo la Linea Cossato-Mergozzo-Brissago: qui le rocce della SdL mostrano una sovraimpronta metamorfica in *facies* anfibolitica di bassa pressione con una parziale fusione postcinematica, definita fusione per disidratazione da Burlini e Caironi

1988). La loro età radiometrica U-Pb di  $285 \pm 5$  Ma (Köppel e Grünenfelder, 1978-79) è stata confermata da Mulch *et al.* (2002).

- Plutoni granitici - I graniti permiani, comunemente detti “Graniti dei Laghi”, costituiscono una serie di plutoni che intrudono sia gli Scisti dei Laghi, sia la Zona Strona-Ceneri. Le aureole di contatto sono piuttosto sottili e i minerali di neoformazione sono rappresentati da biotite, andalusite, cordierite  $\pm$  spinello  $\pm$  corindone (Gallitelli, 1943; Boriani *et al.*, 1988a).

Nel seguito si fornisce una sintetica caratterizzazione (Boriani *et al.*, 1988a; Caironi, 1985) dei cinque plutoni, che si susseguono da SW a NE.

- a. Plutone di Biella-Valsessera, di composizione variabile da monzogranitica nella parte occidentale a sienogranitica in quella orientale.
- b. Plutone di Alzo-Roccapietra, di composizione granitico-granodioritica, affiorante tra la bassa Valsesia e il Lago d’Orta; da esso proveniva il Granito Bianco di Alzo.
- c. Plutone di Quarna, di ridotte dimensioni e caratterizzato dalla presenza di rocce mafiche, che rappresentano probabilmente la sola evidenza di una stretta associazione tra le rocce mafiche e i granitoidi. Procedendo da SE verso NW si riconoscono graniti (la litologia predominante), granodioriti, quarzo-dioriti e gabbrodioriti.
- d. Plutone di Baveno-Mottarone. Presenta tre varietà di rocce:
  - Il “Granito Rosa di Baveno”, storico materiale ornamentale, che localmente contiene cavità miarolitiche e forma la porzione superiore del plutone.
  - Il granito bianco (con fasce di transizione da bianco a rosa) di Mottarone, che costituisce la maggior parte del plutone ed è caratterizzato dalla presenza di grumi di cristalli di plagioclasio zonato. Il Granito Bianco di Baveno appartiene a questa varietà.
  - La granodiorite, contenente abbondanti xenoliti scistosi, che costituisce un modesto corpo affiorante sulla cima del Mottarone.

e. Plutone di Montorfano, dal quale viene estratto l'omonimo granito. È costituito da granito bianco, che nella parte orientale del plutone contiene inclusi mafici da centimetrici a pluridecimetrici e pegmatiti. Nel versante settentrionale è presente una fascia di trasformazione deuterica, che ha profondamente modificato il granito con sviluppo di una paragenesi ad albite, clorite e sericite e conseguente colorazione verde della roccia (Boriani, 2000). Si tratta del cosiddetto "Granito verde di Mergozzo", la cui coltivazione è stata ormai abbandonata.

I Graniti dei Laghi mostrano affinità calcicalina (Boriani *et al.*, 1992) e i loro caratteri petrografici e geochemici indicano processi di frazionamento solido/liquido avvenuti in una camera magmatica profonda.

L'età Rb/Sr della loro intrusione è di 280 Ma e i rapporti isotopici assai variabili dello Sr iniziale (0,704-0,710) suggeriscono la loro genesi per differenti gradi di assimilazione crostale da parte di fuso mantellico (Pinarelli *et al.*, 1988; 1993).

Le caratteristiche composizionali di alcune delle loro varietà sono compendiate in Fig. 6 e Tab. 1, nelle quali vengono anche riportate per confronto quelle degli altri litotipi silicei coltivati nella Provincia.

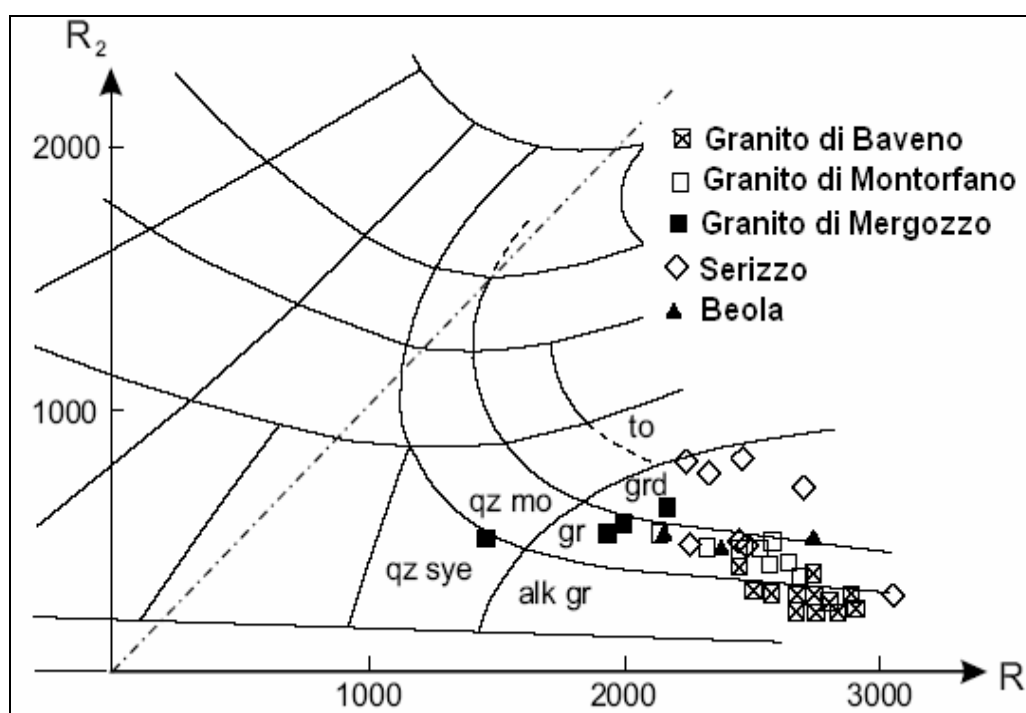
La contiguità di un'unità di crosta profonda (ZIV) e di una di crosta intermedia (SdL) ha suggerito l'ipotesi che l'area rappresenti una sezione della crosta continentale (Fountain, 1976) e che la Linea Cossato-Mergozzo-Brissago sia una faglia normale a basso angolo, successivamente verticalizzata (Hodges e Fountain, 1984; Handy, 1987).

Questa ipotesi si basa sull'assunzione che il metamorfismo (Caledoniano secondo Hunziker e Zingg, 1980; Caledoniano e Varisico secondo Zingg *et al.*, 1990) sia coevo in entrambe le unità e che le età radiometriche più giovani trovate nella ZIV rappresentino soltanto età di raffreddamento e non di picco delle condizioni metamorfiche.

Secondo Handy (1987) la rotazione di 65°-85° dell'intera sezione crostale, necessaria per il raggiungimento della configurazione attuale, sarebbe avve-

nuta in parte nel Giurassico Inferiore-Medio e completata poi durante l'orogenesi Alpina. Queste ipotesi, con piccole modifiche, sono state poi ribadite in successivi lavori da ZINGG *et al.* (1990) e Schmid (1993) e condivise da Demarchi *et al.* (1998), Barboza e Bergantz (2000) e Peressini *et al.* (2003).

Boriani *et al.* (1990a) esprimono perplessità su questa ricostruzione e, infine, Boriani e Giobbi (2004) la discutono criticamente e suggeriscono che la Linea Cossato-Mergozzo-Brissago sia una faglia trascorrente sinistra, alla quale si dovrebbe l'accostamento della ZIV alla SdL in un ambiente transtensionale durante il Permiano Inferiore.



**Fig. 6** – Diagramma cumulativo  $R_1$ - $R_2$  (De La Roche *et al.*, 1980) per i graniti, il serizzo e la beola (da Sandrone *et al.*, 2004).

Abbreviazioni: to = tonalite; grd = granodiorite; qz mo = quarzo monzonite; gr = granito; qz sye = quarzo sienite; alk gr = granito alcalino.

Dati da Boriani *et al.* (1988b; 1992) per i graniti, Hunziker (1966) e Joss (1969) per il Serizzo, Pagliani (1944) e Bigioggero *et al.* (1982-83) per la Beola.

$$R_1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti); R_2 = 6Ca + 2Mg + Al$$

% vol.	Granito Rosa di Baveno	Granito Bianco di Montorfano	Granito Verde di Mergozzo	Serizzo	Beola
Qtz	26 - 54	19 - 40	7 - 9	20 - 33	30 - 35
Kfs	24 - 44	26 - 43	35 - 38	15 - 35	15 - 34
PI	19 - 38	24 - 35	35 - 4	30 - 57	15 - 36
% An	29	37	n.d.	< 26	15 - 25
Bt e/o Chl	2 - 8	3 - 10	14 - 23	8 - 20	5 - 15
Ms	-	-	-	0 - 8	2 - 14
Altri	0.7	0.7	0.3	8	2

**Tab. 1** – Intervalli di composizione modale dei litotipi silicei ossolani (da Sandrone *et al.*, 2004).

Simboli dei minerali secondo Kretz (1983): Qtz = quarzo, Kfs = K-feldspato, Pl = plagioclasio, An = anortite, Bt = biotite, Chl = clorite, Ms = muscovite. Dati da Gandolfi e Paganelli (1974) per i graniti; Hunziker (1966), Joos (1969) e Bigioggero *et al.* (1977) per il Serizzo; Pagliani (1944), Reinhard (1966) e Bigioggero *et al.* (1982-83) per la Beola.

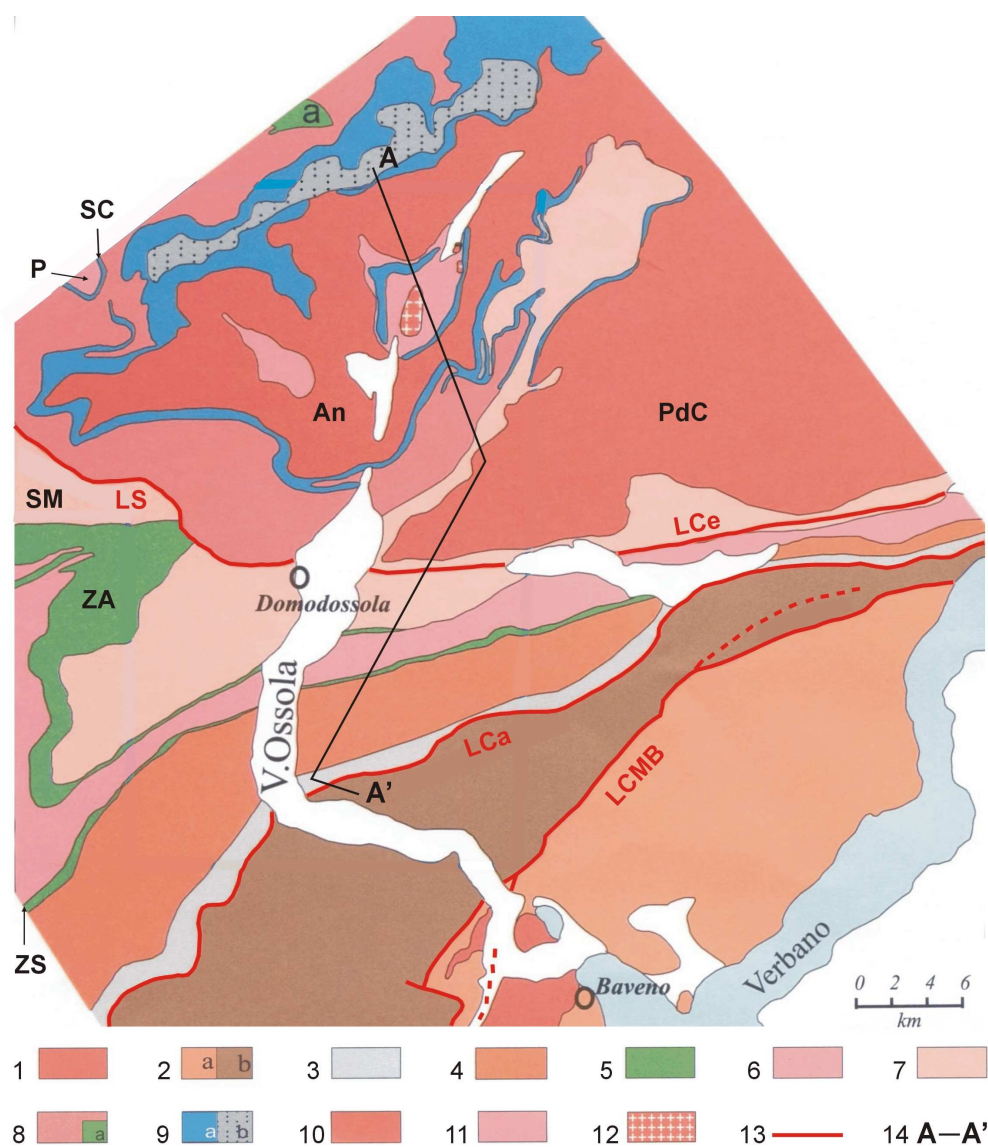
#### **4.1.2 La catena Europa-vergente nella Provincia del VCO**

Le falde della catena Europa-vergente affiorano dalla media Val d'Ossola fin oltre il confine con la Svizzera (Figg. 2 e 7).

In generale le falde sono formate da ampie porzioni di basamento cristallino pre-Alpino, intruso da plutoni tardo-Varisici di composizione granitico-granodioritica e subordinatamente gabbrica, e da una minore quantità di rocce di copertura di età Permo-Mesozoica.

Tutti i litotipi che le costituiscono mostrano una forte rigenerazione tettono-metamorfica mesoalpina, che in quest'area è principalmente in *facies* anfibolitica; relitti riferibili a eventi precedenti sono rari e limitati all'Austroalpino, alle Falde Ofiolitiche e alla Zona Monte Rosa.

Le falde si possono raggruppare nei Sistemi Austroalpino (Zona Sesia-Lanzo e Scisti di Fobello e Rimella), delle Falde Ofiolitiche (Zona Zermatt-Saas e Zona di Antrona), delle Unità di Copertura e delle Falde Pennidiche, divise in Pennidico Superiore (Zona Monte Rosa, Zona Camughera, Zona Moncucco-Orselina-Isorno, Falda Siviez-Mischabel e Falda Pontis) e Inferiore (Falda Mon-



**Fig. 7** – Schema tettonico del sistema orogenico Europa-vergente in Val d'Ossola (da Bigioggero *et al.*, 2007).



### Legenda della figura 7:

#### *Dominio Sudalpino*

- 1: Granitoidi Varisici;
- 2: Basamento metamorfico pre-Alpino (a: Serie dei Laghi; b: Zona Ivrea-Verbano).

#### *Dominio Austroalpino*

- 3: Scisti di Fobello e Rimella;
- 4: Zona Sesia-Lanzo.

#### *Zona Piemontese*

- 5: Ofioliti delle Zone di Antrona (ZA) e Zermatt-Saas (ZS).

#### *Pennidico Superiore*

- 6: Zona Monte Rosa;
- 7: Zone Camughera e Moncucco-Orselina-Isorno, Falde Siviez-Mischabel (SM) e Pontis (P).

#### *Pennidico Inferiore*

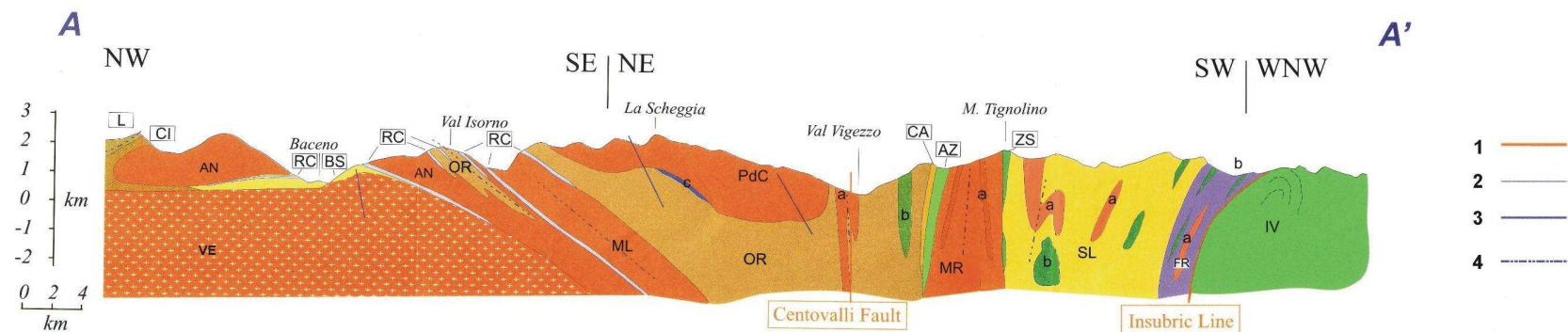
- 8: Falda Monte Leone (a: Complesso Geisspfad-Cervandone);
- 9: Coperture Permo-Mesozoiche e Zona Sion-Courmayeur (a: prevalenti marmi; b: Falda Lebendun);
- 10: Falda Antigorio (An) e Pioda di Crana (PdC);
- 11: Scisti di Baceno.

#### *Unità Sub-Pennidica*

- 12: Granito di Verampio.

- 13: Lineamenti tettonici principali (LCa: L. del Canavese; LCe: L. delle Centovalli; LCMB: L. Cossato-Mergozzo-Brissago; LS: Linea del Sempione).

- 14: Traccia della sezione di Fig. 8.



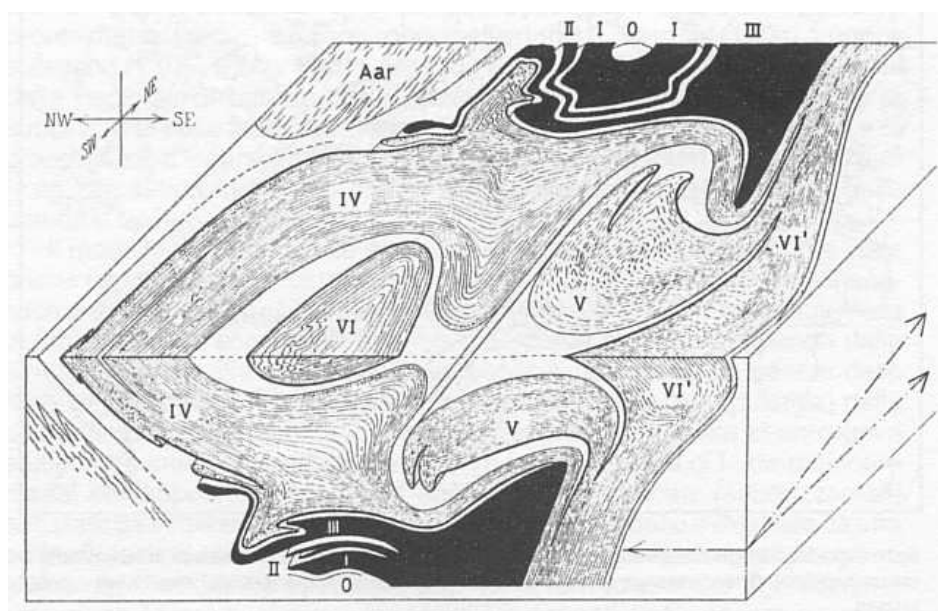
**Fig. 8** – Sezione geologica del sistema orogenico Europa-vergente in Val d'Ossola (da Bigioggero *et al.*, 2007).

**IV:** Zona Ivrea-Verbanio; **FR:** Scisti di Fobello e Rimella (a: ortogneiss laminati; b: metabasiti); **SL:** Zona Sesia-Lanzo (a: ortogneiss; b: metabasiti); **ZS:** Zona Zermatt-Saas; **MR:** Zona Monte Rosa (a: paragneiss); **AZ:** Zona di Antrona; **CA:** Zona Camughera; **OR:** Zona Moncucco-Orselina-Isorno (a: ortogneiss; b: paragneiss a bande anfibolitiche; c: marmi); **ML:** Falda Monte Leone; **RC:** Rocce carbonatiche (marmi prevalenti); **PdC:** Zona Pioda di Crana; **AN:** Falda Antigorio; **CI:** Coperture indifferenziate; **L:** Falda Lebendun; **BS:** Scisti di Baceno; **VE:** Granito di Verampio.

**1:** Faglia di importanza regionale; **2:** Limite di unità tettonica; **3:** Tracce piano assiale di età tardo-alpine; **4:** Tracce piano assiale di età meso-alpina.

te Leone, Falda Lebendun e Falda Antigorio-Pioda di Crana). L'unità più profonda della catena (Ortogneiss granitico o Granito di Verampio) è considerata sub-Pennidica.

Nella media Val d'Ossola il sistema a falde forma la cosiddetta zona meridionale raddrizzata (Milnes, 1974), che corrisponde alla "zona di radice" *Auct.* L'assetto strutturale è raddrizzato o vergente debolmente a nord (Fig. 8), in seguito a retroscorrimento sulle rocce della Zona Ivrea-Verbanio durante le fasi tettoniche tardo-alpine.



**Fig. 9** – Il celebre stereogramma tettonico delle Alpi Pennine di Argand (1911). Falde di ricoprimento: 0: Verampio (elemento 0), I: Antigorio, II: Lebendun, III: Monte Leone, IV: San Bernardo, V: Monte Rosa, VI-VI': Dent Blanche e Sesia-Lanzo. La parte in alto (in nero) rappresenta il settore italiano della finestra Ossola-Ticino e il bordo superiore schematizza la situazione che si incontra attraversando la Val d'Ossola.

#### 4.1.2.1 Il Sistema Austroalpino

Alla scala delle Alpi Occidentali è costituito dalla Zona Sesia-Lanzo e da numerosi lembi di ricoprimento esterni (*Klippen*) che formano il Sistema Dent Blanche s.l. (Fig. 2).

La **Zona Sesia-Lanzo** è formata da un elemento inferiore, costituito in prevalenza da parascisti polimetamorfici e da corpi intrusivi acidi e basici tardo-paleozoici, e da un elemento superiore (II<sup>a</sup> Zona Dioritico-Kinzigitica), frammento di crosta continentale profonda con locali scaglie di peridotiti del mantello. I due elementi sono separati da una zona di laminazione duttile (*shear* milonitico), in cui sono pizzicati lembi di copertura mesozoica (*review* e bibliografia in Dal Piaz, 1993; Bousquet *et al.*, 2004).

Nella Zona Sesia-Lanzo l'elemento inferiore è costituito dal Complesso degli Gneiss Minuti e dal Complesso dei Micascisti Eclogitici. Entrambi sono stati interessati da un evento metamorfico eo-alpino in condizioni di alta pressione (HP) e bassa temperatura (LT), ossia in condizioni di *facies* eclogitica con sovraimpronta in *facies* scisti blu, e successivamente da un evento mesoalpino in condizioni di bassa pressione (LP) e bassa temperatura (LT), ossia in condizioni di *facies* scisti verdi (*review* e bibliografia in Desmons *et al.*, 1999a; 1999b).

Gli Gneiss Minuti sono stati pervasivamente riequilibrati in *facies* scisti verdi, mentre le rocce del Complesso dei Micascisti Eclogitici conservano abbondanti relitti dell'evento di HP/LT.

L'evoluzione metamorfica della II<sup>a</sup> Zona Dioritico-Kinzigitica (II DK) è analoga a quella dell'elemento inferiore, ma in essa l'evento eo-alpino ha raggiunto soltanto condizioni di *facies* scisti blu.

In Val d'Ossola affiorano rocce del Complesso degli Gneiss Minuti e della II DK.

Le prime sono essenzialmente rappresentate da gneiss a bande, paragneiss e gneiss anfibolici intensamente deformati, a grana fine, con mica bianca prevalente su biotite e plagioclasti albitici associati a epidoto (Colombo e Cavallo, 2007). In subordine sono presenti anche metagabbri e ortogneiss, derivati da protoliti di età Permiana. I metagabbri hanno generalmente grana medio-fine e sono costituiti da orneblenda, plagioclasio  $\pm$  clinopirosseno  $\pm$  opachi. Gli ortogneiss hanno tessitura occhiadina, grana medio-fine o fine e composizione gra-

nitico-granodioritica.

La II DK è costituita da granuliti leucocrate (localmente retrocesse), kinzigiti, metabasiti (anfiboliti localmente retrocesse in anfiboliti ad albite ed epidoto), peridotiti più o meno serpentinite e marmi calcitici puri e a silicati di Ca.

Gli **Scisti di Fobello e Rimella** sono rocce milonitiche in *facies* scisti verdi, che costituiscono una fascia potente 1-2 km al bordo della Zona Sesia-Lanzo lungo la Linea del Canavese (Sacchi, 1977; Schmid *et al.*, 1987).

I protoliti appartengono alla Zona Ivrea-Verbano, alla Zona Sesia-Lanzo e anche alla Zona del Canavese, tradizionalmente considerata la copertura Permo-Mesozoica delle unità Austroalpine e scarsamente rappresentata nell'area qui considerata (Bigioggero *et al.*, 2007).

La suddivisione litologica è resa difficoltosa dall'intensa deformazione subita dai protoliti e dalla loro grana molto fine. Sono tuttavia riconoscibili due *facies* prevalenti: gneiss fillonitici cloritico-epidotici e gneiss fillonitici micaceo-epidotici. La loro composizione mineralogica (quarzo, albite, mica bianca, epidoto, clorite, biotite e K-feldspato) è sostanzialmente identica e la loro distinzione è basata sui rapporti quantitativi tra i minerali costituenti. Fasce milonitiche e marcati piegamenti isoclinali sono comuni in tutti i litotipi.

Associate alle *facies* principali si ritrovano anche bancate di filloniti a porfiroclasti feldspatici, lenti di gneiss quarzoso-feldspatici (metagraniti), scisti cloritico-epidotici (metabasiti), lenti di marmi foliati e subordinati scisti grafitici (Colombo e Cavallo, 2007).

L'origine degli Scisti di Fobello e Rimella è ancora dibattuta: secondo Schmid *et al.* (1987), queste miloniti sono probabilmente legate alla fase alpina di retroscorrimento, seguita da un movimento trascorrente destro.

A questa unità appartengono le Beole di Vogogna (Cavallo *et al.*, 2006a).

#### 4.1.2.2 Il Sistema delle Falde Ofiolitiche

Il Sistema delle Falde Ofiolitiche appartiene alla Zona Piemontese, poco rappresentata in Ossola, ma assai estesa nelle Alpi Occidentali (Fig. 2).

La Zona Piemontese rappresenta, dal punto di vista paleogeografico, uno dei frammenti della crosta di tipo oceanico di un bacino, noto come “bacino Ligure-Piemontese”, che nel Giurassico superiore-Cretaceo inferiore si estendeva dalle Alpi Orientali all’Appennino Meridionale attraversando la Corsica Nord-orientale.

Dal punto di vista litologico essa è costituita da metaofioliti associate a metasedimenti marnoso-arenacei di tipo flyschioide, di età giurassica superiore-cretacea inferiore, noti nella letteratura geologica italiana come “calcescisti” (*schistes lustrés* e *Bündnerschiefer* nelle letterature in lingua francese e tedesca).

Nella Zona Piemontese si distinguono due elementi tettonici, che grossolanamente corrispondono ai settori esterno e interno del bacino oceanico mesozoico e che si trovano ora sovrapposti.

Il primo, che comprende in Val d’Aosta e nel Vallese la Zona del Combin e più a sud le unità esterne affioranti nelle alte Valli dell’Arc e di Susa e nel Queyras, è essenzialmente formato da calcescisti che contengono solo scarse intercalazioni ofiolitiche. In esso sono inoltre presenti discontinuamente anche scaglie di terreni di origine continentale, costituite da scisti quarzosi, conglomerati silicei e quarziti tabulari (Permiano-Trias inf.), cui seguono dolomie e marmi (Trias medio-sup.), brecce di scarpata a clasti dolomitici (Giurassico) e ancora marmi e calcescisti (Cretaceo). Le ofioliti sono rappresentate da metabasiti a grana fine, derivanti da tufi, tufiti e colate basaltiche originariamente intercalate ai sedimenti, e da subordinati corpi di metagabbri e serpentiniti, interpretati come olistoliti di provenienza oceanica più interna.

Al secondo elemento, tettonicamente sottostante, si ascrivono la Zona Zermatt-Saas tra la Valle d’Aosta e il Vallese, il Massiccio del Monte Avic in Val d’Aosta, le ofioliti delle Valli di Lanzo, dell’Orsiera-Rocciavré e del Monviso e il Massiccio di Voltri. Esso contiene scaglie tettoniche potenti anche diversi chilometri di peridotiti del mantello serpentinizzate, che spesso passano verso l’alto a brecce oficarbonatiche e sono frequentemente ricoperte da corpi discon-

tinui di metagabbri magnesiaci o ferro-titaniferi e/o da metabasalti massicci o a pillow. La loro copertura metasedimentaria è rappresentata da quarziti, localmente ricche in Mn, calcemicascisti e subordinati marmi, seguiti da depositi terrigeni trasformati in micascisti a granato  $\pm$  cloritoide e glaucofane, picchiettati da granuli carbonatici. In definitiva, e ancora trascurando le successive trasformazioni metamorfiche, si possono riconoscere in questo elemento i caratteri litologici fondamentali di un oceano moderno, sebbene il suo assetto stratigrafico differisca dalla normale litosfera oceanica per spessore della crosta, locale assenza di basalti e/o gabbri ed evidenze di esposizioni sottomarine di mantello precedenti alla messa in posto dei basalti (Dal Piaz, 1999).

Le ofioliti della Zona Piemontese hanno subito metamorfismo oceanico e orogenico (*review* e bibliografia in Desmons *et al.*, 1999a; 1999b).

Il primo ha interessato essenzialmente le sequenze ofiolitiche delle Zone di Zermatt-Saas e del Combin, del Vallese e del Massiccio di Voltri in un lasso temporale che si estende dal Giurassico Superiore, nella Zona di Zermatt-Saas e alla base della Zona del Combin, al Cretaceo nelle prasiniti del Combin e del Vallese. Le trasformazioni attribuite a questo evento coprono tutto il campo delle condizioni metamorfiche, anche se una parte di quelle di più alto grado potrebbe essere tardo-magmatica. Il metamorfismo oceanico è spesso associato a deformazione: nei gabbri è talvolta riconoscibile una ricristallizzazione in *facies* anfibolitica, associata ad una deformazione pervasiva (di solito limitata a sottili zone di *shear*) e in genere precedente l'intrusione dei filoni basaltici. Anche la spilitizzazione delle metabasiti e la parziale serpentizzazione delle peridotiti sono avvenute in ambiente oceanico e hanno preceduto l'orogenesi alpina.

Il metamorfismo orogenico è ubiquitario e polifasico.

Il primo evento orogenico mostra un grado crescente procedendo dall'esterno verso l'interno della catena ed è registrato in svariate paragenesi di bassa temperatura (T), che si svilupparono in condizioni eclogitiche di alta pressione (*high-pressure* = HP), localmente di altissima

pressione (*ultra-high-pressure* = UHP), e anche in condizioni di pressione relativamente bassa (*relatively high-pressure* = RHP, comprensiva della *facies* scisti blu). Queste paragenesi sono poi state trasformate e parzialmente obliterate da un secondo evento, prevalentemente in *facies* scisti verdi e noto come mesoalpino o lepontino.

In condizioni di HP i protoliti Fe-gabbri sono stati trasformati in eclogiti, la cui mineralogia è rappresentata da omfacite/cloromelanite + granato + rutilo ± zoisite, e i protoliti Mg-gabbri in metagabbri a omfacite (localmente cromifera = smaragdite) + zoisite + clinopirosseno ricco in molecola giadeitica ± Mg-clorite; le ultramafiti sono state trasformate in serpentiniti ad antigorite + diopside + olivina ± Ti-clinohumite ± magnetite ± cloriti. I protoliti vulcanici inalterati mostrano paragenesi simili a quelle che si riscontrano negli equivalenti intrusivi, mentre dalle vulcaniti che subiscono trasformazioni in ambiente oceanico si sono prodotti altri litotipi metabasaltici, quali glaucofaniti granatifere e scisti a granato + cloritoide + clorite. Nei metasedimenti terrigeni e nei calcescisti le condizioni di HP sono testimoniate da granato + fengite + rutilo ± cloritoide ± glaucofane ± zoisite ± pirosseno sodico e nei metasedimenti ricchi in quarzo (= radiolariti ricristallizzate) da fengiti ad alto contenuto in Si + granato + zoisite ± paragonite ± clinopirosseno acmitico; se l'originario sedimento era ricco in Mn, compaiono anche granato ricco in molecola spessartinica, piemontite, braunite, alurgite e clinopirosseni a Mn o a Mn e Na.

La coesite, indicativa di condizioni di UHP, è stata rinvenuta soltanto nel settore settentrionale della Zona Zermatt-Saas.

Lo studio petrografico e microstrutturale delle rocce eclogitiche ha mostrato che le ofioliti della Zona Piemontese interna e del Gruppo di Voltri sono state riequilibrate in almeno cinque stadi: due stadi eclogitici (separati da un evento milonitico), uno stadio glaucofanico e altri due stadi in *facies* scisti verdi.



Le condizioni fisiche che hanno controllato le riequilibrazioni metamorfiche negli stadi eclogitici sono state valutate in un intervallo di temperatura da 420 °C a 600 °C, con un massimo di frequenza tra 450 °C e 500 °C, e di pressione da 13 kbar a 20 kbar; valori di 600 °C e 26-28 kbar si possono dedurre dalla presenza di coesite nelle metaofioliti di Cignana (Valtournenche, AO), ma presumibilmente caratterizzano solo un'unità indipendente e di estensione sconosciuta, riequilibrata in condizioni di UHP, della Zona Zermatt-Saas. Le paragenesi dello stadio glaucofanico si sono verosimilmente formate a temperatura di 400-450 °C e pressione di 7-8 kbar.

Le condizioni di HP e RHP sono state originariamente riferite a un unico evento metamorfico ubiquitario di età cretacea-paleocenica, noto in letteratura come evento eoalpino, ma il progresso degli studi e l'aumentata disponibilità di datazioni radiometriche hanno mostrato che esse si sono invece prodotte in un arco temporale che spazia dal Cretaceo all'Eocene.

L'evoluzione metamorfica delle ofioliti della Zona Piemontese interna si conclude con un secondo evento, anch'esso polifasico, di età eocenica-oligocenica inferiore. La stima delle sue condizioni PT è basata essenzialmente sui dati relativi ai Massicci Cristallini Interni: la prima fase si sarebbe prodotta a 400-450 °C e  $P < 5-6$  kbar, mentre la seconda sarebbe caratterizzata da un aumento della temperatura accompagnato da un moderato sgravio della pressione.

Le unità ofiolitiche affioranti in Ossola sono la Zona Zermatt-Saas e la Zona di Antrona.

La prima costituisce sottili lembi di anfiboliti, associate a rari calcescisti, che si interpongono discontinuativamente tra la Zona Sesia-Lanzo e la Zona Monte Rosa.

La seconda separa la Zona Monte Rosa dalla Zona Camughera ed è costituita da serpentiniti, anfiboliti e metagabbri. Le serpentiniti hanno

tessitura da massicia a milonitica, mentre le anfiboliti sono ben foliate o lineate e si possono dividere in anfiboliti a granato, anfiboliti a minerali pseudomorfi su lawsonite e anfiboliti a epidoto (Turco e Tartarotti, 2006). Alle ofioliti sono associati anche sottili lembi di copertura rappresentati da micascisti, quarziti, marmi e calcescisti.

Il metamorfismo eo-alpino ha raggiunto nelle rocce della Zona di Antrona condizioni di pressione attorno a 14-16 kbar; Colombi e Pfeifer (1986) stimano le condizioni di temperatura in 480-720 °C, ma Turco e Tartarotti (2006) le ritengono inferiori a 400 °C. La successiva fase meso alpina indica condizioni PT tipiche della *facies* anfibolitica.

Nella Valle Bognanco (ad Antronapiana) e in Val Vigizzo, proprio in corrispondenza di questa fascia ofiolitica, venivano estratte serpentiniti a grana fine e con una marcata foliazione, note come Pietra Laugera (Cavallo *et al.*, 2004a).

#### 4.1.2.3 Le Unità di Copertura e la Zona Sion-Courmayeur

Sono costituite da rocce metamorfiche derivate da originari sedimenti e rappresentano la copertura delle scaglie di basamento pre-alpino. Le litologie prevalenti sono marmi e calcescisti con composizione mineralogica molto variabile; altri litotipi presenti sono quarziti, evaporiti e rare metabasiti. I marmi (dolomitici e calcitici) formano intercalazioni con spessore da centimetrico a metrico, ma localmente (ad esempio a Crevoladossola) possono raggiungere spessori di decine di metri. I marmi e le evaporiti hanno presumibilmente età Triassica e i calcescisti età variabile da Giurassica a Cretacea.

Da una di queste unità proviene il marmo di Crevoladossola.

La **Zona Sion-Courmayeur** comprende i metasedimenti appartenenti al bacino Vallesano, un secondo bacino oceanico apertosi tra il Giurassico e il Cretaceo a nord del microcontinente Brianzone. Le sue litologie sono simili a quelle del bacino Ligure-Piemontese, ma le metaofioliti (essenzialmente metabasalti tholeiitici) sono molto più scarse. Il metamorfismo alpino è in condizioni di alta pressione, in *facies* da scisti blu a eclogitica, con sovraimpronta in *facies*

scisti verdi in età tardo alpina.

#### 4.1.2.4 Le Unità Pennidiche Superiori

Le Unità Pennidiche Superiori sono rappresentate dalla Zona Monte Rosa, dalla Zona Camughera/Moncucco-Orselina-Isorno e da unità della falda San Bernardo.

La **Zona Monte Rosa** è costituita da rocce di basamento e da subordinati metasedimenti di copertura (Zona del Gorner).

Il basamento deriva da batoliti granitici di età Carbonifera Superiore e/o Permiana (età di messa in posto da 310 a 270 Ma) e da paragneiss di alto grado, che durante l'Eocene Inferiore e Medio subiscono in diversa misura l'evento metamorfico eclogitico e tra l'Eocene Superiore e l'Oligocene Inferiore una riequilibrio in *facies* anfibolitica.

Durante la fase eoalpina, la parte più orientale della falda Monte Rosa (area ossolana) ha raggiunto condizioni PT attorno a 12,5-16 kbar e 620-700°C (Keller *et al.* 2005a), mentre la parte più occidentale della falda mostra condizioni simili di pressione ma più basse temperature (450-550°C). Il successivo metamorfismo di tipo Barroviano ha prodotto paragenesi che indicano condizioni PT dell'ordine di 5 kbar e 650°C (Keller *et al.* 2005b).

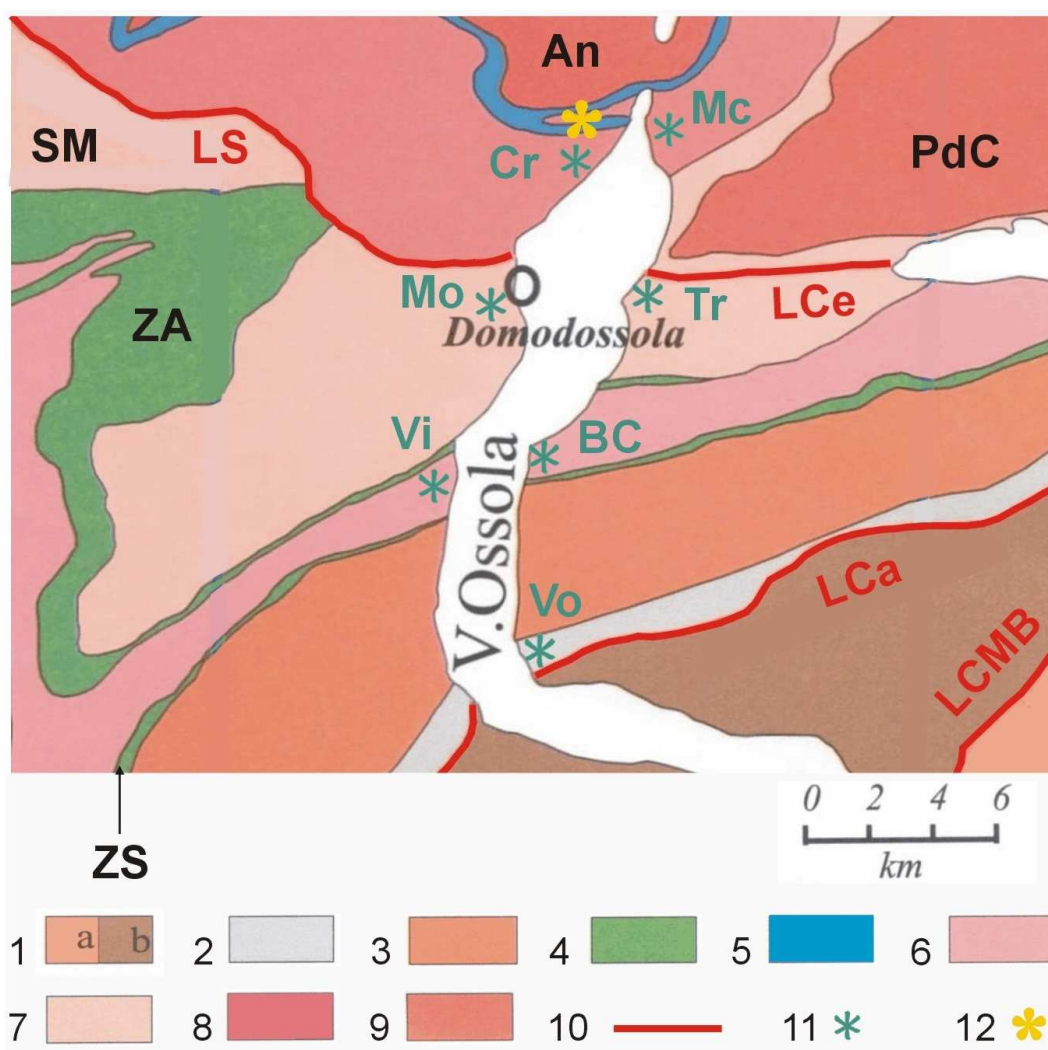
La falda Monte Rosa (*review* e bibliografia in Dal Piaz, 2001) comprende anche alcune sottili fasce tettoniche, chiamate Zona di Furgg e caratterizzate dall'abbondanza di *boudins* mafici. Nella parte settentrionale della falda, la Zona di Furgg è pizzicata tra il basamento e l'unità Portjengrat-Stocknubel ed è costituita da micascisti, gneiss leucocrati e marmi contenenti *boudins* mafici. Nel settore italiano essa compare a diversi livelli strutturali, permettendo di dividere la falda Monte Rosa in diverse subfalde, ed è composta da *boudins* mafici eclogitici o retrocessi e subordinati marmi contenenti micascisti.

Dal punto di vista litologico, nell'area ossolana la Zona Monte Rosa è composta soprattutto da ortogneiss a tessitura occhiadina, con porfiroclasti di K-feldspato anche pluricentrici, ma talora a grana più fine, tessitura tabulare ed

evidente lineazione sottolineata da blasti di tormalina.

Il serizzo estratto a Ceppo Morelli (Serizzo Monterosa) e le beole di Beura-Cardezza e Villadossola sono varietà di questi ortogneiss.

La **Zona Camughera** è molto simile alla Zona Monte Rosa sia per litologie, sia per evoluzione tettonica. Anche gli ortogneiss di questa unità hanno caratteristiche analoghe a quelli della Zona Monte Rosa.



**Fig. 10** – Schema tettonico della Media Val d'Ossola con l'ubicazione delle aree di estrazione della Beola e del Marmo di Crevoladossola.

Legenda della figura 10:

*Dominio Subalpino*

1: Basamento metamorfico pre-alpino (a: Serie dei Laghi; b: Zona Ivrea-Verbano).

*Dominio Austroalpino*

2: Scisti di Fobello e Rimella;  
3: Zona Sesia-Lanzo.

*Falde Ofiolitiche*

4: Zone di Antrona (ZA) e Zermatt-Saas (ZS).

*Unità di Copertura*

5: Coperture Mesozoiche.

*Pennidico Superiore*

6: Zona Monte Rosa;  
7: Zone Camughera e Moncucco-Orselina-Isorno, Falda Siviez-Mischabel (SM);  
8: Falda Monte Leone;  
9: Falda Antigorio (An) e Pioda di Crana (PdC).

10: Lineamenti tettonici principali (LCa: L. del Canavese; LCe: L. delle Centovalli; LCMB; L. Cossato-Mergozzo-Brissago; LS: Linea del Sempione).

11: Aree di estrazione della Beola (BC: Beura-Cardezza; Cr: Crevoladossola; Mc: Montecrestese; Mo: Moncucco (Domodossola); Vi: Villadossola; Vo: Vogogna).

12: Area di estrazione del Marmo di Crevoladossola.

La **Zona Moncucco-Orselina-Isorno** è costituita da prevalenti paragneiss biotitico-muscovitici, localmente con migmatiti gneissiche (bassa Valle Antrona, Val Vigezzo) e da paragneiss biotitici con bande (da centimetriche a metriche) di anfiboliti. Sono inoltre presenti anfiboliti in orizzonti più potenti (intercalate nei paragneiss), ortogneiss (di potenza non superiore ai 300-400 metri, con andamento concordante con i lineamenti strutturali regionali) e ultramafiti serpentizzate, che formano due estesi corpi e alcuni lembi di limitate dimensioni.

Gli ortogneiss derivano da graniti tardo-Varisici (età di intrusione attorno a 270 Ma; Bigoggero *et al.*, 1982-83) e sono prevalentemente associati ai paragneiss biotitico-muscovitici, con contatti concordanti nei quali non sono osservabili rapporti di tipo chiaramente intrusivo. In affioramento sono presenti due tipi fondamentali di ortogneiss: il primo è a grana da media a minuta, omogenea, spesso a bande più o meno ricche di biotite, localizzate di preferenza ai bordi delle masse gneissiche; il secondo litotipo, nettamente prevalente, è invece a grana più grossolana, con tessitura da occhiadina a "flaser" per la presenza di occhi di K-feldspato in genere molto appiattiti. La composizione mineralogica degli ortogneiss è rappresentata da quarzo, plagioclasio, K-feldspato (microclino), biotite e muscovite; comune la presenza di zircone, titanite, epidoto e apatite in piccole quantità.

Le beole estratte a Domodossola e Trontano sono varietà di questi ortogneiss.

Le Zone Camughera e Moncucco-Orselina-Isorno sono separate da sottili e discontinui lenti di marmi e quarziti (la "*Salarioli Mulde*" di Bearth, 1939; 1956), di supposta età Mesozoica.

Molti autori considerano Camughera e Moncucco-Orselina-Isorno come un'unica unità, che ha subito le stesse condizioni metamorfiche (5 kbar e 650°C) durante l'evento mesoalpino. Secondo Keller *et al.* (2005a) le due Zone, nel settore a ovest della Val d'Ossola, avrebbero subito anche la fase eo-alpina di alta pressione con condizioni analoghe a quelle della Zona Monte Rosa (12,5-16 kbar

e 620-700°C).

Argand (1911), nella sua classica ricostruzione, considerava Camughera e Moncucco una sola unità, che interpretava come la “zona di radice” della Falda San Bernardo.

La Falda San Bernardo (o Gran San Bernardo) è un complesso sistema multifalda che affiora in tutto l'arco alpino occidentale (Fig. 2) e che nel settore italo-francese della catena prende il nome di Zona Brianzone.

Essa è costituita da un basamento polimetamorfico (*review* e bibliografia in Cortesogno *et al.*, 1993; Desmons e Mercier, 1993; Thélín *et al.*, 1993; Desmons *et al.*, 1999c) e da una copertura di metasedimenti e metavulcaniti, che si estende cronologicamente dal Carbonifero Superiore al Terziario.

Nell'area ossolana la falda San Bernardo è rappresentata, oltre che dalla Zona Moncucco-Orselina-Isorno, anche dalle falde Siviez-Mischabel e Pontis, due unità di basamento polimetamorfico che affiorano con limitata estensione lungo il confine occidentale della Provincia con la Svizzera.

La **Falda Siviez-Mischabel** presenta una composizione litologica abbastanza omogenea: il tipo litologico prevalente è costituito da paragneiss, associati a orizzonti di anfiboliti e gneiss leucocratici. Nella parte sommitale, al contatto con la copertura Permo-Carbonifera, i paragneiss contengono relitti di eclogiti pre-alpine e un orizzonte peculiare molto continuo, ricco di grossi porfiroblasti di albite (SOPA gneiss). Le paragenesi alpine sono in *facies* scisti verdi e rappresentate da quarzo, albite, clorite, epidoto, fengite, biotite.

La **Falda Pontis** è per lo più di composizione metapelitica ed è la sola unità Pennidica superiore ad affiorare anche a nord della Linea del Sempione, dove prende il nome di unità Berisal. La sovraimpronta metamorfica alpina è in *facies* scisti verdi, localmente con relitti di alta pressione.

La falda Pontis comprende paragneiss e micascisti, con subordinati ortogneiss talora occhiadini e intercalazioni di metabasiti. I paragneiss mostrano grana fine, nella quale spiccano porfiroblasti di albite associati a quarzo e mica bianca; localmente è presente anfibolo blu. I micascisti hanno una marcata

foliazione, grana fine e composizione mineralogica data da quarzo, mica bianca, clorite, cloritoide  $\pm$  granato e rara staurolite. Le metabasiti sono prasiniti, che mostrano la tipica paragenesi ad albite, epidoto, actinolite/tremolite e clorite.

#### 4.1.2.5 Le Unità Pennidiche Inferiori

Le Unità Pennidiche Inferiori affiorano nel settore settentrionale della Val d'Ossola dall'altezza di Domodossola e sono principalmente separate dalle Unità Pennidiche Superiori dalla Linea del Sempione, una faglia normale lungo la quale è avvenuta l'esumazione delle unità più profonde (Mancktelow, 1985).

Dall'alto verso il basso, esse sono rappresentate dalle falde Monte Leone, Lebendun e Antigorio; l'elemento più profondo (sub-Pennidico) è il Granito di Verampio. L'assetto strutturale varia da subverticale a Sud a suborizzontale verso Nord (Figg. 8, 9 e 11).

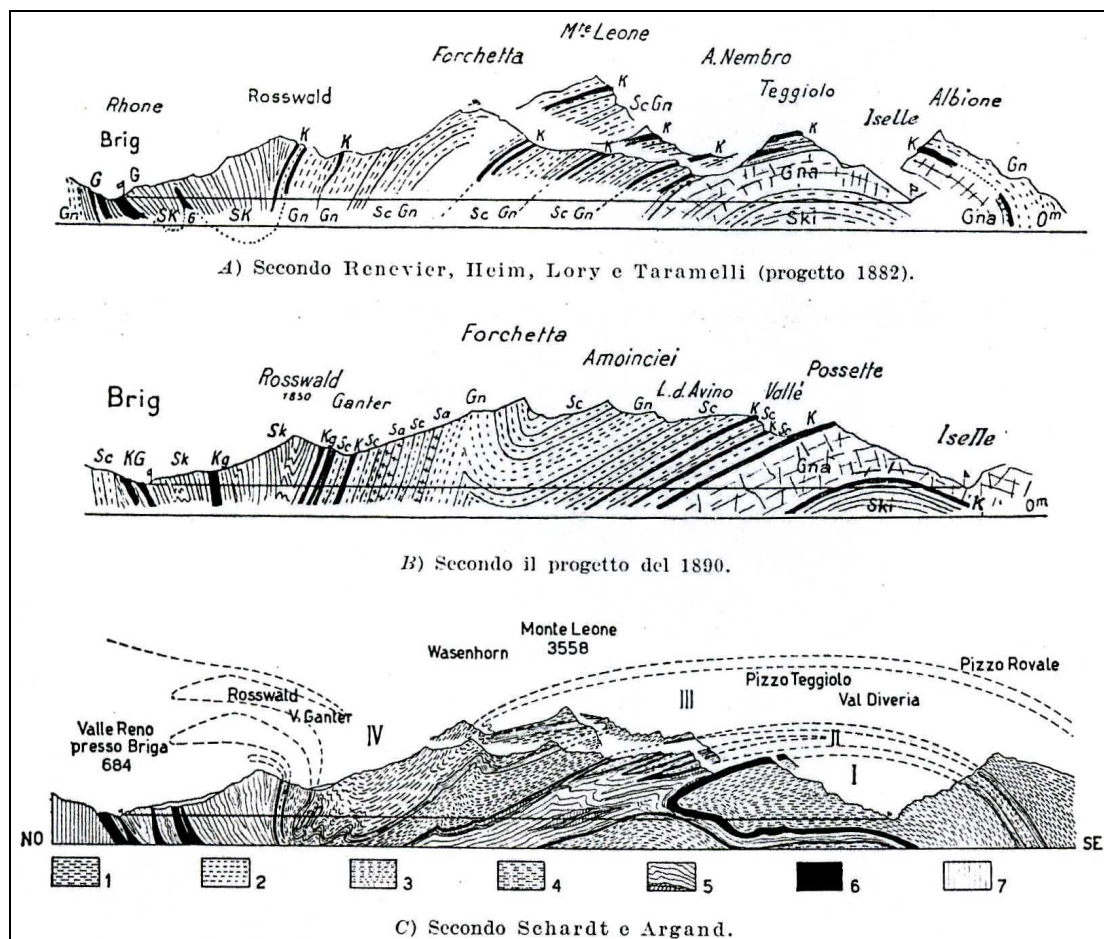
La **Falda Monte Leone** è costituita da un basamento cristallino e da sottili livelli di rocce metasedimentarie della copertura Triassico-Cretacea (quarziti, marmi dolomitici, evaporiti e calcescisti). Il basamento è costituito da rocce polimetamorfiche (essenzialmente micascisti e paragneiss a due miche) e da prevalenti ortogneiss micro-occhiadini di età tardo Permiana. Il chimismo degli ortogneiss varia da leucocrato a mesocrato e la loro composizione mineralogica è data da quarzo, K-feldspato (microclino), plagioclasio, mica bianca e biotite parzialmente cloritizzata; localmente contengono intercalazioni di gneiss a orneblenda e anfiboliti.

Il Monte Leone include anche un lembo di rocce mafiche-ultramafiche (Complesso Cervandone-Geisspfad).

Le beole coltivate a Crevoladossola e a Montecrestese sono varietà degli ortogneiss di questa falda.

La **Falda Lebendun** ha composizione metasedimentaria pselitico-psammitica e l'età di sedimentazione più probabile del protolite è Paleozoica (Permo-Carbonifera).





**Fig. 11** – Le Unità Pennidiche Inferiori nei profili geologici lungo la galleria del Sempione (da Desio, 1985).

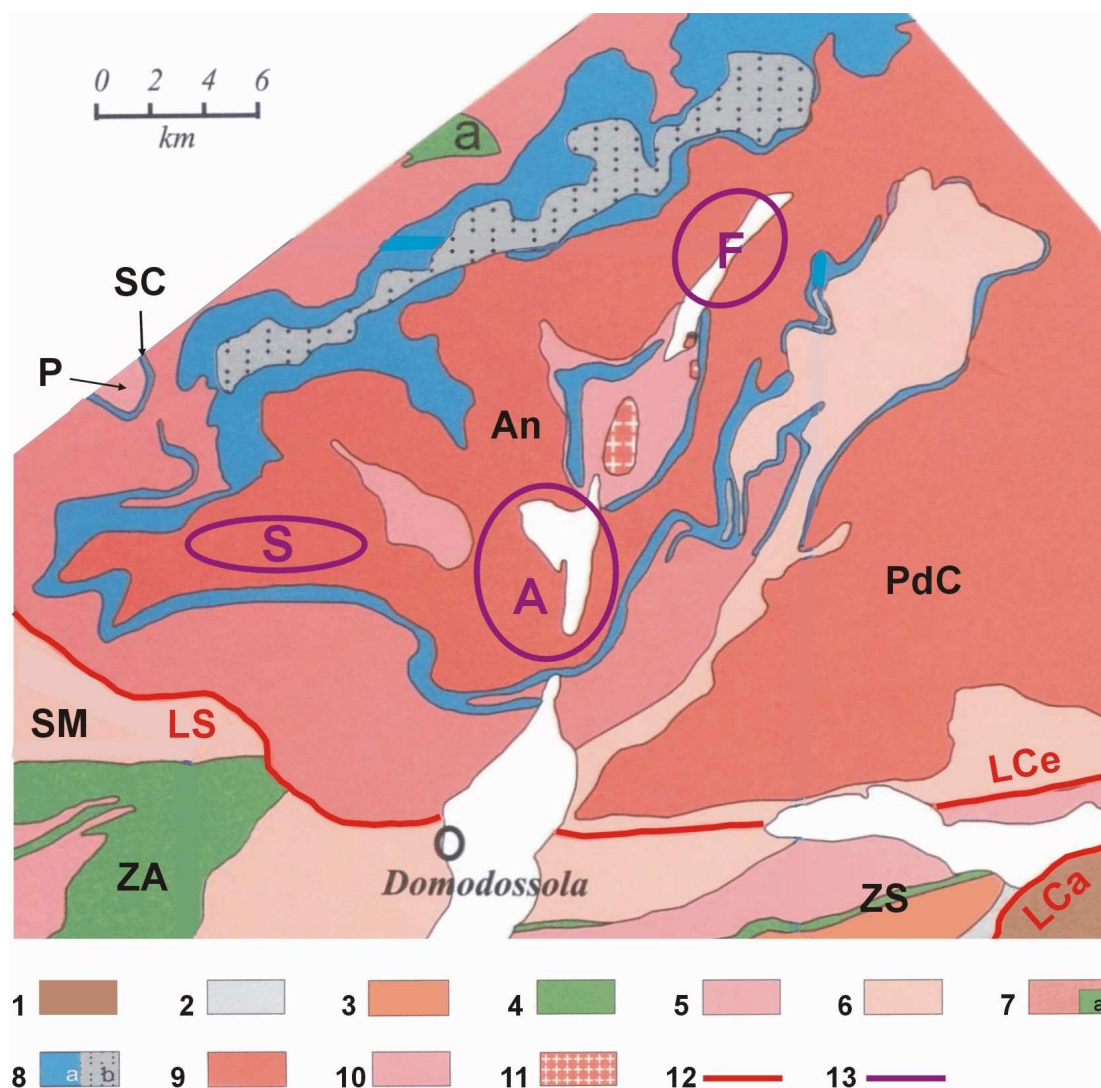
I = Falda di Antigorio; II = Falda del Lebendun, III = Falda del Monte Leone, IV Falda del Gran San Bernardo.

(1: gneiss del Gran San Bernardo; 2: gneiss del Monte Leone; 3: gneiss del Lebendun; 4: ortogneiss di Antigorio; 5: *schistes lustrés*; 6: formazioni triassiche; 7: Massiccio dell'Aar).

Il confronto tra le figure evidenzia il progresso del pensiero geologico tra fine Ottocento e primo Novecento: alle concezioni autoctoniste della catena formata da pieghe “a borsa di tabacco”, si sostituisce una visione alloctonista che la interpreta come una pila di falde.

Essa è costituita prevalentemente da paragneiss, metarenarie feldspatiche, metaconglomerati a ciottoli anche di grosse dimensioni, che rappresentano

il litotipo più caratteristico di tutta la sequenza. Non sono presenti ortogneiss e rare sono le rocce carbonatiche e le anfiboliti. Tutte le litologie presentano una foliazione ben sviluppata con paragenesi tipiche di *facies* anfibolitica.



**Fig. 12** – Schema tettonico dell'Alta Val d'Ossola con l'ubicazione delle aree di estrazione del Serizzo.

Legenda della figura 12:

*Dominio Sudalpino*

1: Zona Ivrea-Verbano.

*Dominio Austroalpino*

2: Scisti di Fobello e Rimella;

3: Zona Sesia-Lanzo.

*Falde Ofiolitiche*

4: Zone di Antrona (ZA) e Zermatt-Saas (ZS).

*Pennidico Superiore*

5: Zona Monte Rosa;

6: Zone Camughera e Moncucco-Orselina-Isorno, Falde Siviez-Mischabel (SM) e Pontis (P).

*Pennidico Inferiore*

7: Falda Monte Leone (a: Complesso Cervandone-Geisspfad);

8: Coperture Permo-Mesozoiche e Zona Sion-Courmayeur (a: prevalenti marmi; b: Falda Lebendun);

9: Falda Antigorio (An) e Pioda di Crana (PdC);

10: Scisti di Baceno.

*Unità Sub-Pennidica*

11: Granito di Verampio.

12: Lineamenti tettonici principali (LCa: L. del Canavese; LCe: L. delle Centovalli; LS: Linea del Sempione).

13: Limite delle aree di estrazione del Serizzo (A: Antigorio, F: Formazza, S: Sempione).

La **Falda Antigorio** è costituita da prevalenti ortogneiss, derivati da originari intrusivi di composizione da granitica a granodioritica ed età da tardo- a post-Varisica, che formano un corpo potente circa 1.000 metri.

Il litotipo più comune è rappresentato da ortogneiss leucocrati con tessitura da gneissica ad occhiadina, molto omogenei nella composizione mineralogica, se si esclude la variazione del contenuto di biotite.

Dal punto di vista tessiturale è possibile distinguere almeno tre tipologie con un crescente grado di deformazione (Boriani, 2000):

- un metagranito quasi indeformato nella parte più alta della falda;
- un ortogneiss con tessitura gneissica, che rappresenta il tipo di roccia più comune, caratterizzato da porfiroclasti di K-feldspato con dimensioni comprese tra 0,5 e 2 cm;
- uno gneiss fortemente foliato e a grana fine, presente alla base e alla sommità della falda.

Da questa unità vengono estratte le varietà di Serizzo Antigorio, Formazza e Sempione.

La Falda Antigorio è connessa alla Zona Pioda di Crana attraverso la piega antiforme Wandfluhhorn.

La **Zona Pioda di Crana** è costituita da prevalenti ortogneiss leucocrati, di composizione granitica/granodioritica, a grana fine, con tessitura a bande; solo localmente sono presenti *facies* occhiadine.

L'unità più profonda, sub-Pennidica, è il **Granito di Verampio**, che si suppone rappresenti lo stesso livello tettonico delle porzioni più meridionali del Massiccio Elvetico del Gottardo.

L'unità è costituita da ortogneiss di colore molto chiaro, derivati da un protolito di età Permo-Carbonifera (età di messa in posto  $291 \pm 14$  Ma; Romer *et al.*, 1996). Il loro assetto è suborizzontale e la loro composizione omogenea e paragonabile a quella di un granito: quarzo, plagioclasio albitico, K-feldspato (microclino) e biotite. La tessitura è debolmente foliata e la grana media.

L'ortogneiss di Verampio è sovrastato dagli **Scisti di Baceno**, un com-

plesso di rocce essenzialmente metapelitiche, molto povere di carbonati, costituite da quarzo, mica bianca, biotite, plagioclasio, granato, staurolite  $\pm$  cianite, con granato e staurolite presenti in proporzioni variabili.

Gli Scisti di Baceno hanno grana fine, forte foliazione e localmente contengono *boudins* di anfiboliti. L'età della loro sedimentazione è ritenuta Permiana o Permo-Carbonifera e, secondo alcuni autori, è correlata a quella dell'unità Le-bendun.

La sovraimpronta metamorfica alpina è in facies anfibolitica sia per il Granito di Verampio che per gli Scisti di Baceno.

#### **4.1.3 Evoluzione strutturale**

L'evoluzione strutturale dell'area è stata riassunta da Colombo e Cavallo (2007), sulla base dei lavori di Keller *et al.* (2005a; 2005b) e Maxelon e Manktelow (2005), ai quali si rimanda per maggiori dettagli.

Le prime fasi di deformazione alpina (D1 e D2) sono legate all'appilamento delle falde: sono iniziate in condizioni di alta pressione (12,5-16 kbar) e di relativamente alta temperatura (620-700°C) e sono ricolte gabili alle fasi di raccorciamento crostale. La D2 rappresenta l'evoluzione della D1 e ad essa è attribuita la piega antiforme Wandfluhhorn. D1 e D2 hanno prodotto zone di *shear*, lineazioni e pieghe isoclinali raramente visibili e si sono sviluppate durante l'Eocene (51-44 Ma).

Le successive fasi di deformazione (D3 e D4) sono legate allo stadio di retro-scorrimento, retro-piegamento connesso con il processo di esumazione e dovuto a una componente transpressiva destra, parallela alla catena. La zona meridionale raddrizzata si è formata contemporaneamente a queste fasi di deformazione. D3 si è sviluppata in condizioni metamorfiche di tipo Barroviano (HT/LP) nell'arco di tempo tra l'Eocene e l'Oligocene (37-26 Ma): le età più giovani sono state ritrovate nella parte più orientale dell'area considerata, dove le alte temperature si sono mantenute più a lungo. Nell'area ossolana la fase di

deformazione D3 ha avuto un ruolo maggiormente pervasivo rispetto ad altre zone: è infatti responsabile della foliazione principale insieme con D1 e D2. La fase D4 è associata a pieghe a grande scala (come l'antiforma di Vanzone e la sinforma di Masera) ed è sicuramente successiva al metamorfismo Barroviano di HT/LP; datazioni radiometriche e dati strutturali indicano che si è attivata verso la fine della fase D3, a circa 27 Ma, ed è rimasta attiva fino a 10 Ma. Questa fase di deformazione è risultata anche contemporanea allo sviluppo della Linea del Sempione, una faglia normale impostatasi tra 19 e 11 Ma.

Alla fine dell'intervallo Cretaceo-Terziario, dominato da una fase collisionale e subduttiva delle placche europea e africana, le Alpi continuano la loro storia evolutiva con una complessa rigenerazione fragile (Bistacchi e Massironi, 1998; 2000; Bistacchi *et al.*, 2000; 2001). A seguito di questa, le pile di unità tettoniche delle Alpi Pennine e Graie vanno a costituire un blocco continuo, omogeneamente deformato e delimitato da fasce laterali ad alta deformazione.

Bistacchi *et al.* (2000) individuano quattro zone di confine (Fig. 13): a NE la faglia normale del Sempione (immergente a SW), a N e a SW il sistema trascorrente destro costituito dalle faglie del Rodano, di Chamonix e dai sovrascorimenti frontali riattivati del Pennidico e del Brianzone e, infine, a SE la faglia trascorrente sinistra dell'Ospizio Sottile.

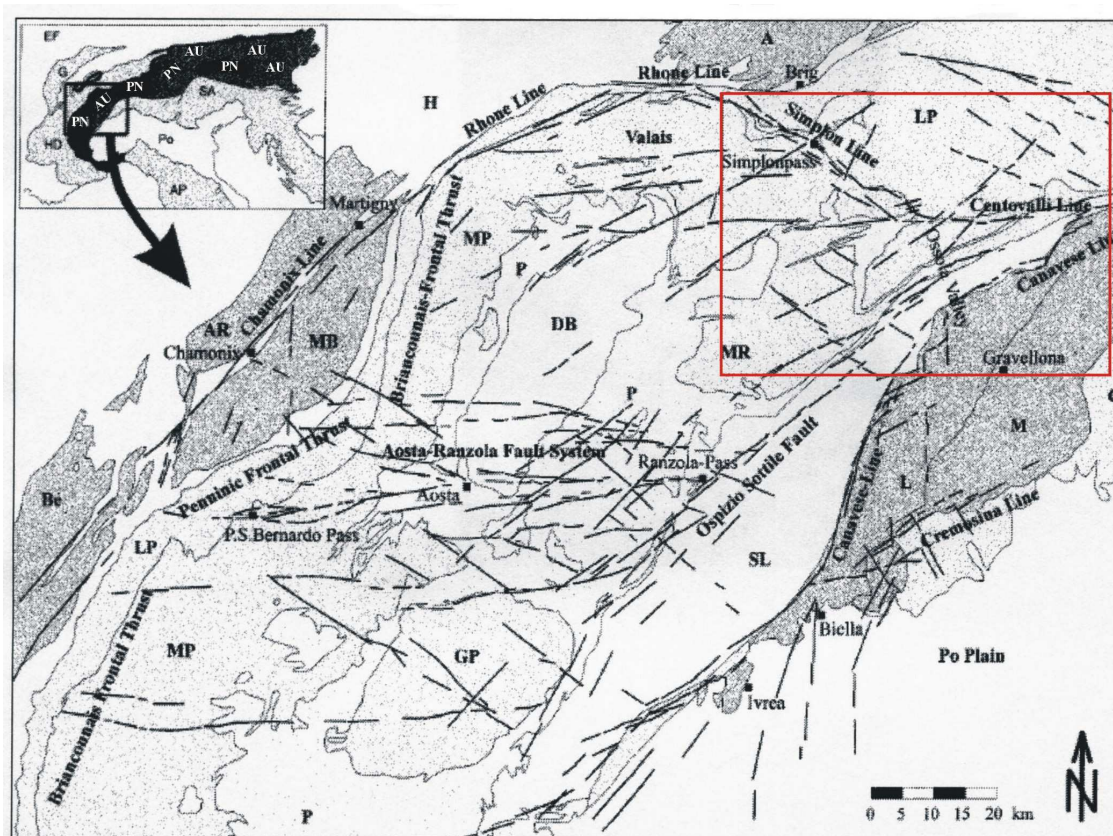
La struttura così delimitata risulta dislocata da una complessa rete di faglie e fratture, di cui la più importante è il sistema trascorrente E-W Aosta-Ranzola, che indicano una generale estensione delle Alpi Occidentali lungo una direttrice NE-SW.

L'interpretazione delle foto satellitari evidenzia come faglie e fratture fragili ad alto angolo si concentrino in tre famiglie con direzioni NE-SW, NW-SE e E-W; l'analisi di terreno, inoltre, mostra chiaramente che esse postdatano l'ultima foliazione regionale in *facies* scisti verdi e tutte le altre deformazioni duttili (Milnes *et al.*, 1981).

Dai rapporti di intersezione a scala regionale si possono distinguere due principali fasi di tettonica fragile:



- la fase D1, legata a un'estensione oligocenica con direttrice NW-SE e sviluppatasi nell'area della Val d'Aosta lungo tre principali famiglie di faglie: il sistema Aosta-Ranzola, diretto E-W e immergente a N di 60°-70°, e i due sistemi uniformemente distribuiti di faglie coniugate, dirette NE-SW e immergenti verso NW e SE;
- la fase D2, sviluppata dal Miocene ad oggi e caratterizzante l'assetto spazia-



**Fig. 13** – Schema tettonico delle Alpi Nord Occidentali con i principali lineamenti fragili oligocenico-neogenici (da Bistacchi *et al.*, 2000). Il riquadro rosso evidenzia l'area ossolana.

EF: Avampaese Europeo, G: Giura, HD: Elvetico-Delfinese, PN: Pennidico, AU: Austroalpino, SA: Sudalpino. *Dominio Elvetico* H: falde di copertura, A: Aar, AR: Aiguille Rouge, BE: Belledonne, MB: Monte Bianco. *Pennidico* LP: Pennidico Inf., MP: Pennidico medio, P: Zona Piemontese, MR: Monte Rosa, GP: Gran Paradiso. *Austroalpino* DB: Dent Blanche, SL: Sesia-Lanzo. *Sudalpino* L: Crosta Inferiore, M: Crosta Media, C: unità di copertura vulcano-sedimentarie.

le del blocco delle Alpi Pennine e Graie, legata all'evoluzione di due zone trascorrenti di confine a NW e a SE, a fasi alterne transpressive e transtensive.

## **4.2 La Copertura Quaternaria**

Nell'area ossolana il quadro delle conoscenze sul Quaternario è assolutamente inadeguato, non soltanto per l'assenza di studi organici sull'intera area, ma anche per la carenza di specifici studi puntuali.

La trattazione che segue risulta quindi inevitabilmente sommaria e lacunosa: essa si limita ad illustrare sinteticamente la cartografia allegata (Tavola 9) e a fornirne alcune integrazioni.

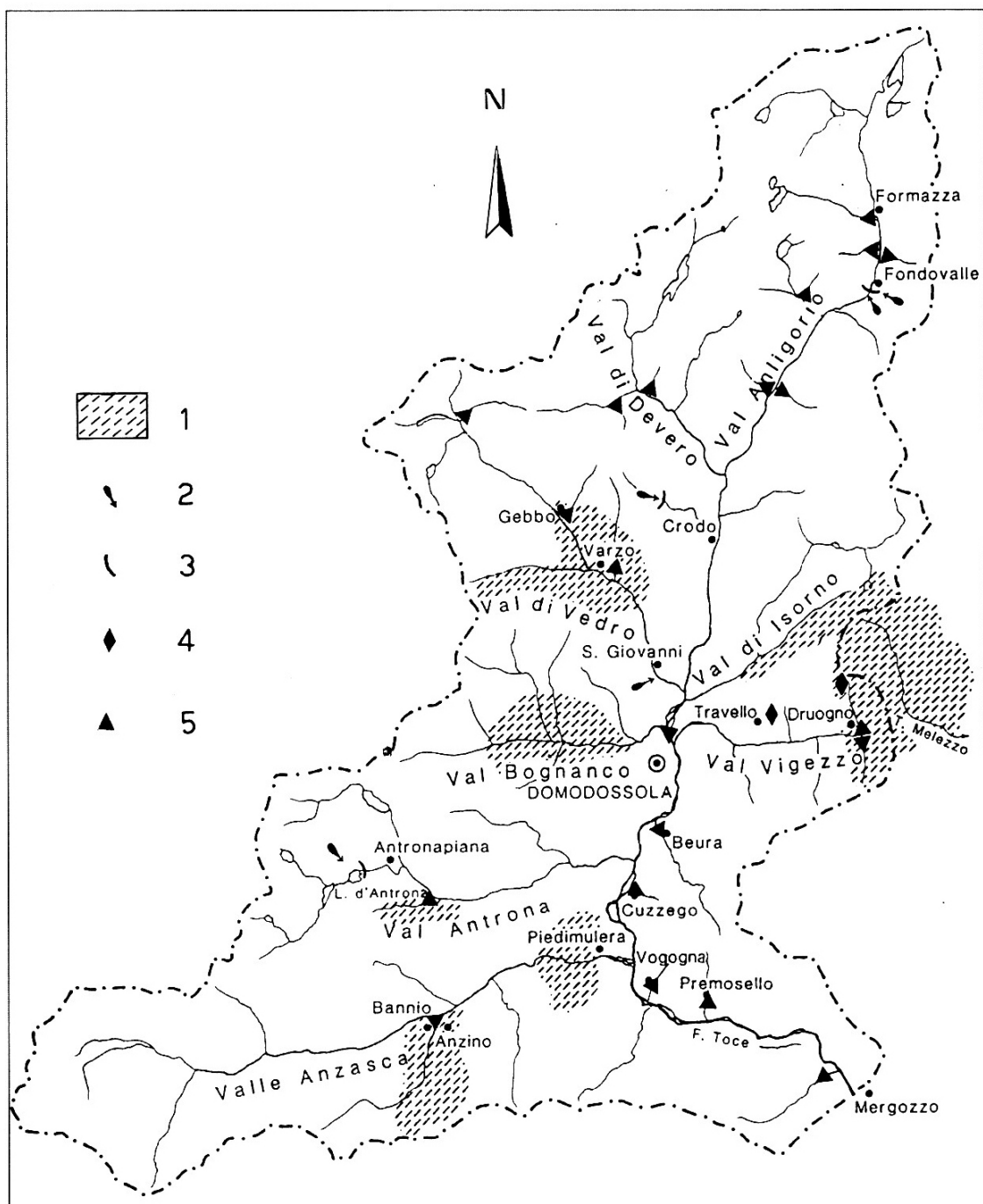
Nella Tavola 9 sono stati distinti affioramenti, ghiacciai, dissesti gravitativi e cinque tipologie di coperture (depositi eluvio-colluviali, falde di detrito, depositi glaciali, depositi torrentizi e suolo), delle quali si è stimato in prima approssimazione lo spessore.

### **4.2.1 *Dissesti gravitativi***

I fenomeni di instabilità naturale della Val d'Ossola (Govi, 1992) sono analoghi a quelli presenti in molti altri settori delle Alpi nord-occidentali e della catena alpina e sono chiaramente correlati a fattori litologico-strutturali e morfotopografici. Il quadro di questi fenomeni nell'area è sintetizzato in Fig. 14, nella quale sono riportate le principali tipologie dei dissesti verificatisi negli ultimi secoli.

I dissesti in Val d'Ossola sono strettamente connessi ad eventi pluviometrici di particolare intensità, che vi ricorrono in misura e con frequenza maggiori rispetto agli altri bacini delle Alpi. La piovosità media annua è infatti la più elevata dell'intero arco alpino centro-occidentale: nella maggior parte del bacino ossolano cadono mediamente in un anno quantità di pioggia comprese tra 1.800 e 2.400 mm. Gli eventi critici hanno durata di 1-2 giorni e frequenza molto elevata: la Val d'Ossola ne viene colpita, in settori più o meno ampi, media-





**Fig. 14** – Frane e alluvioni nel bacino del Fiume Toce (da Govi, 1992).

1: Zone colpite da numerose frane per scollamento di terreni incoerenti; 2: frane di crollo, talora trasformate in "valanghe di rocce"; 3: sbarramenti in alveo per accumuli di frana; 4: frane per scivolamento di rocce (Travello e Monte Matter, Val Melezzo Occidentale); 5: trasporto torrentizio in massa sulle conoidi.

mente una volta ogni 5 anni (valore valutato su di un intervallo di tempo superiore al secolo). I loro effetti maggiori investono la rete idrografica principale e soprattutto quella secondaria, versanti compresi, con particolare riferimento alle varie forme di instabilità che si sviluppano nei terreni superficiali di copertura.

Durante tali eventi piovosi si sono verificate frane per rapida saturazione della coltre di materiale incoerente, talora con effetti devastanti su abitati ed in infrastrutture: ad esempio in Val Bognanco e Val Divedro nella notte fra il 19 ed il 20 agosto 1958, a Piedimulera il 2 novembre 1968, nelle valli dei torrenti Isorno, Melezzo e Anza (sottobacino dell'Olocchia) il 7 agosto 1978.

I fenomeni gravitativi, in genere di piccole dimensioni, ma in numero di varie decine per km<sup>2</sup>, si sono innescati ed esauriti in pochi minuti sotto l'azione di piogge che, per qualche ora, hanno raggiunto intensità anche di 50-60 mm/ora.

Questi fenomeni sono in genere accompagnati da improvvise pulsazioni di piena lungo le aste torrentizie, particolarmente violente per il rilevante trasporto di materiali solidi, presi in carico a volte anche per la rottura di temporanei sbarramenti in alveo.

Fenomeni di questo tipo hanno prodotto, tra il 23 ed il 27 agosto 1900, gravi danni sulle conoidi alluvionali ove sorgono i paesi di Beura, Cuzzago e Premosello. Effetti disastrosi, per processi analoghi, hanno subito il 20 agosto 1958 gli abitati di Sebbo e Varzo, invasi da detriti di ogni dimensione, trasportati da due piccoli tributari della Val Divedro. Il 7 agosto 1978 il Rio Cul e il Rio dei Bagni (Comune di Druogno, Val Melezzo), hanno distribuito sulle rispettive conoidi, in meno di 30 minuti, 40.000-50.000 m<sup>3</sup> di materiali alluvionali; durante il medesimo evento meteorologico, il paese di Beura è stato nuovamente danneggiato da una rilevante massa di detriti grossolani trascinati dal Rio delle Rovine. Episodi analoghi si sono verificati il 24-25 agosto 1987 in numerosi sottobacini della Valle Antigorio, della Valle Devero e della Val Formazza.

Per quanto concerne i processi gravitativi che localmente coinvolgono il substrato roccioso, talora sino a notevole profondità, la loro correlazione con le

piogge appare più incerta: la risposta del versante, in termini di movimenti di frana rapidi e impulsivi, può manifestarsi anche con molto ritardo rispetto all'evento pluviometrico, in relazione alle caratteristiche strutturali e litotecniche dei corpi rocciosi e alle condizioni di circolazione delle acque sotterranee.

Tra i casi più importanti avvenuti in Val d'Ossola si ricordano il crollo e la conseguente "valanga di rocce" che si sono manifestati improvvisamente il 27 luglio 1642 sulle pareti gneissiche del M. Pozzuoli in Valle Antrona. La massa di materiali rocciosi, valutata attorno a 12 milioni di m<sup>3</sup>, invase l'alta valle del torrente Ovesca per oltre 3 km, distruggendo buona parte dell'abitato di Antrona e provocando la morte di 93 persone. L'accumulo di frana sbarrò l'alveo del torrente, creando il lago di Antrona.

Il 2 agosto 1834 in valle Alfenza, a seguito della locale riattivazione di una grande frana postglaciale, si staccarono dalle pendici orientali del Monte Cistella numerosi blocchi di gneiss che causarono il temporaneo sbarramento del torrente. Il fenomeno fu in questo caso concomitante con precipitazioni piovose di elevata intensità. Sfondato l'accumulo detritico, le acque di piena trascinarono fino alla conoide di Crodo un'enorme quantità di materiali rocciosi, con blocchi di diametro fino a 12 m. L'evento provocò a Crodo 12 vittime e la distruzione di 46 case.

Il ruolo delle precipitazioni risulta anche evidente nei due episodi di frana che nel 1951 e nel 1958 hanno interessato gli gneiss occhiadini affioranti sul versante sinistro del Rio di Burra, tributario della Val Diveria. Nel novembre 1951, dopo piogge prolungate, si innescò sotto baita Marghino un voluminoso crollo, trasformato rapidamente in una valanga d'acqua, neve e roccia; la massa si abbattè sul fondovalle, distruggendo alcune case della frazione San Giovanni (4 vittime) e interrompendo la ferrovia e la statale del Sempione. Il 20 agosto 1958, in occasione del già citato evento piovoso di particolare intensità, la falda detritica situata ai piedi della zona di distacco della frana del 1951, resa instabile dalle acque ruscellanti, scivolò nell'alveo del torrente Burra, ostacolandone il deflusso; la rapida rottura di questo estempora-

neo sbarramento produsse il rilascio di una miscela di acqua e detriti rocciosi che si scaricarono nell'alveo del torrente Diveria, provocando la morte di 13 persone e l'interruzione del transito per il Passo del Sempione. Il 29 agosto 1985, numerosi blocchi di gneiss minuti staccatisi dalle pareti occidentali del Monte Castello (presso le cascate del Toce) invasero i tornanti della strada della Val Formazza, travolgendo un'autovettura in transito e provocando tre vittime.

In questa tipologia di dissesti si colloca pure la grande frana che, al ritiro dell'ultima glaciazione, ha sbarrato la Val Formazza poco a S del paese di Fondovalle e creato, a monte, un lago lungo quasi 3 km, oggi completamente colmato.

#### **4.2.2 Depositi eluvio-colluviali e suolo**

I depositi eluvio-colluviali ricoprono estesamente l'area, ma sono stati cartografati nella Tavola 9 soltanto dove distinti come tali nelle fonti documentali (piani regolatori comunali e studi specifici). Negli altri casi sono stati cartografati come suolo.

Il suolo, a sua volta, è stato distinto come tale quasi esclusivamente se ricoprente roccia sub-affiorante; in corrispondenza di altri tipi di coperture oggetto di modellazione non è stato rappresentato in carta per evidenti ragioni di leggibilità dell'elaborato.

#### **4.2.3 Falde e coni di detrito**

Questi tipi di copertura sono legati soprattutto all'azione gravitativa dei versanti, dovuta prevalentemente a distacchi per rilasci tensionali in fase di ritiro dai ghiacciai, e sono costituiti da blocchi lapidei grossolani e spigolosi, con scarsa matrice sabbiosa.

Essi formano fasce con sezione cuneiforme alla base dei versanti rocciosi e il loro spessore varia da pochi metri a qualche decina di metri.

I depositi detritici sono generalmente stabilizzati e colonizzati da vegeta-

zione arborea ad alto fusto.

#### **4.2.4 Depositi glaciali**

I depositi glaciali sono ubiquitariamente presenti su tutta l'area, in relazione all'estensione dell'ultima glaciazione, e sono quasi esclusivamente legati a questa dal punto di vista cronologico. La loro composizione è prevalentemente sabbioso-limosa, con erratici per lo più di grandi dimensioni.

Nella maggior parte del territorio essi sono di norma stabilizzati e sono frammisti a materiali detritici, anche di cospicue dimensioni, testimoni di crolli dai sovrastanti pendii.

#### **4.2.5 Depositi torrentizi**

I depositi torrentizi si possono suddividere in depositi alluvionali di fondovalle e depositi alluvionali di conoide di deiezione.

I primi si formano nei tratti vallivi con più debole pendenza e, dal punto di vista cronologico, si possono ulteriormente suddividere in attuali, ossia corrispondenti all'alveo attuale del corso d'acqua, recenti e antichi, ossia depositati in corrispondenza degli alvei percorsi dal corso d'acqua nel passato più o meno remoto. Questi ultimi sono spesso reincisi, con conseguente formazione di terrazzi e prendono il nome di alluvioni terrazzate.

Nei depositi alluvionali di fondovalle si includono anche i laghi colmati, di cui la Piana di Formazza costituisce un esempio.

I depositi alluvionali di conoide di deiezione si formano allo sbocco delle valli laterali sull'asta principale e sono caratterizzate da una peculiare forma a delta.

Poiché questi depositi sono prevalentemente colonizzati da vegetazione e insediamenti antropici, nella Tavola 9 sono spesso cartografati come suolo, in particolare lungo l'asta del Fiume Toce.

#### **4.2.6 Depositi antropici**

I materiali di origine antropica non sono stati specificamente distinti nella Tavola 9, ma sono abbastanza diffusi in relazione all'attuale facilità di escavazione e movimentazione: in questa categoria rientrano i reinterri, i rilevati e le discariche di rifiuti solidi, i quali derivano da svariate fonti, inclusa l'attività estrattiva.

I rifiuti da essa provenienti sono abbastanza frequenti in considerazione del numero di cave attive e dismesse presenti nell'area. Generalmente le loro discariche si estendono dagli affioramenti rocciosi, oggetto della coltivazione, fino al raccordo con il fondo valle e ricoprono i depositi detritici di versante, ai quali sono assimilabili dal punto di vista della composizione.

Essi sono caratterizzati da elementi lapidei grossolani e spigolosi, immersi in scarsa, se non assente, matrice sabbioso-limosa. Nelle porzioni non più interessate dall'attività estrattiva, sono generalmente colonizzati dalla vegetazione.

## **5. ATTIVITA' ESTRATTIVA NELLA PROVINCIA**

La Provincia del Verbano Cusio Ossola è uno dei più importanti distretti estrattivi italiani di lapidei ornamentali per i quantitativi prodotti, la varietà dei litotipi presenti in un'area relativamente ristretta e anche perchè le medesime rocce hanno differenti tessiture e colori che permettono di ampliarne l'offerta sul mercato.

Del tutto subordinata è l'estrazione di altri materiali di cava: essi sono rappresentati soltanto da inerti, in gran parte provenienti da sfridi e sottoprodotti dei lapidei ornamentali.

Le sostanze minerali di prima categoria ai sensi del R.D. 29.07.1927, n. 1443 hanno rivestito nella Provincia notevole importanza fin oltre la metà del 1900, ma attualmente le concessioni e i permessi di ricerca sono in numero molto limitato. Benché la loro coltivazione, tranne quella delle acque minerali e termali, esuli dalle competenze del piano dell'attività estrattiva provinciale (PAEP), si farà cenno anche a questi materiali sia per completezza della trattazione, sia per le interferenze che potrebbero prodursi con le attività normate dal piano.

Nei paragrafi seguenti sono dunque descritti i materiali estratti, oggi e in passato, classificandoli dal punto di vista petrografico, estetico, mineralogico, chimico.

### **5.1 I lapidei ornamentali**

Appartengono a questa categoria le pietre (graniti, serizzi, beole, marmi, ecc.) che vengono massicciamente impiegate nell'edilizia, nell'arredo urbano e in tutte quelle opere e manufatti ai quali si vuole aggiungere un notevole arricchimento architettonico.

#### **5.1.1 *Graniti***

Affiorano nel settore meridionale della Provincia e sono attualmente coltivati nei comuni di Baveno e Mergozzo, ma in passato vi erano anche cave sul

Mottarone, in comune di Omegna, e altre che si affacciavano sul Lago d'Orta, nei comuni di Arola, di Madonna del Sasso e di Pella, quest'ultimo in Provincia di Novara. Dalle prime venne estratto un materiale di colore omogeneo rossastro (Granito del Mottarone), non molto usato, e dalle altre una apprezzata varietà di granito bianco, nota commercialmente come Granito di Alzo, che ebbe invece larghissimo impiego. Tra le sue più notevoli applicazioni Peretti (1938) ricorda a Roma ottanta colonne interne nella Basilica Lateranense, il colonnato del Ministero dell'Educazione Nazionale e le vasche delle fontane di Palazzo di Giustizia; a Torino centinaia di colonne nei porticati di Corso Vinzaglio, Corso Vittorio Emanuele II, Via Pietro Micca, Via Sacchi e Via Roma, insieme con il Granito di Montorfano; a Milano pure centinaia di colonne, quantunque il granito bianco vi venisse usato a preferenza per i lastricati; facciate di chiese e palazzi in quasi tutte le città dell'Italia Settentrionale; una quindicina di grandi ponti stradali e ferroviari sul Po e altri su fiumi minori.

Dal punto di vista geo-petrografico, i graniti (Boriani *et al.*, 1988a; 1988b; 1992; Pinarelli *et al.*, 1988; 1993) appartengono ad un complesso di plutoni di età tardo-permiana, che intrusero a debole profondità il basamento sudalpino della Serie dei Laghi. Essi hanno grana da media a fine e carattere calcalcalino. I loro costituenti mineralogici essenziali sono, in ordine di abbondanza, quarzo, K-feldspato (ortoclasio) e plagioclasio (oligoclasio); comune accessorio è la biotite, localmente accompagnata da fluorite, epidoto, zircone, zeoliti, allanite, muscovite, Fe-olivina e magnetite.

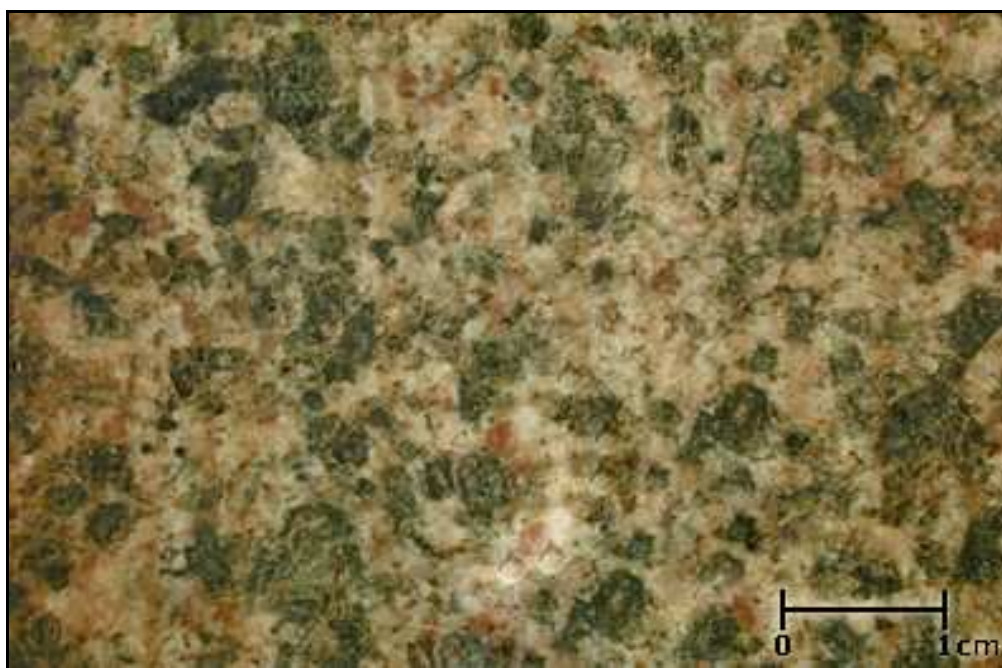
Il loro colore è rosa, bianco e verde, ma solo le prime due varietà sono oggi coltivate e sono commercialmente conosciute come Granito Rosa di Baveno e Granito Bianco di Montorfano, sebbene una varietà di bianco sia estratta anche a Baveno.

La loro composizione mineralogica e chimica è riportata nelle schede merceologico-tecniche (Allegato B), insieme con caratteristiche fisiche e meccaniche, cenni storici, tipologie ed esempi di utilizzo.

Il Granito Verde (Fig. 15) affiora solo in una piccola area sul Montorfano



in comune di Mergozzo. La sua composizione mineralogica, che differisce significativamente da quella delle altre due varietà di graniti, è rappresentata da albite, clorite (responsabile del colore verde), quarzo e sericite  $\pm$  Fe-carbonati ed è dovuta a un metasomatismo idrotermale successivo all'intrusione, che ha modificato l'originario colore bianco. La presenza nella roccia di Fe-carbonati è causa di scarsa resistenza della lucidatura e di macchiature giallastre che si producono per la loro alterazione (Cavallo *et al.*, 2004a). La coltivazione del Granito Verde iniziò nel Settecento, come dimostrano edifici di Milano (ad esempio Palazzo Mellerio), e proseguì fin verso la fine del Novecento.



**Fig. 15** – Aspetto macroscopico del Granito Verde di Mergozzo

### **5.1.2 Serizzi**

Il Serizzo è il materiale più diffuso e maggiormente coltivato nella Provincia ed è commercializzato come Serizzo Antigorio, Serizzo Formazza, Serizzo Sempione e Serizzo Monterosa. Dal punto di vista geologico i primi tre tipi appartengono alla Falda Antigorio e il restante alla Zona Monte Rosa.

Il Serizzo Antigorio è coltivato nell'omonima valle e nella bassa Val Divedro, il Serizzo Formazza nell'omonima valle e nella bassa Val Devero, il Serizzo Sempione in Val Divedro e il Serizzo Monterosa in Valle Anzasca, in un'unica cava nel comune di Ceppo Morelli.

Il protolite del Serizzo è un granito permiano metamorfosato in *facies* anfibolitica durante l'orogenesi alpina.

La composizione mineralogica del Serizzo è data da quarzo, K-feldspato, plagioclasio (An 25-30%), biotite e muscovite in quantità variabile; l'allanite è comune accessore.

La tipica roccia della Falda Antigorio è un ortogneiss di composizione granitico-granodioritica con grana media, foliazione generalmente marcata e struttura occhiadina. Localmente la roccia presenta lineazione mineralogica e iso-orientazione degli aggregati feldspatici.

Il Serizzo Antigorio mostra colore più scuro per il maggior contenuto in biotite e ha grana più fine rispetto al Serizzo Formazza. Il Serizzo Sempione, invece, mostra struttura più orientata e grana fine. Il Serizzo Monterosa è uno gneiss occhiadino con porfiroclasti pluricentrici di K-feldspato ed è la varietà di Serizzo a grana maggiore e di colore più chiaro.

Dal punto di vista chimico gli ortogneiss della Falda Antigorio mostrano una composizione omogenea, carattere peralluminoso e affinità calcalcalina.

La composizione mineralogica e chimica delle diverse varietà di Serizzo è riportata nella scheda merceologico-tecnica (Allegato B), insieme con caratteristiche fisiche e meccaniche, cenni storici, tipologie ed esempi di utilizzo.

### **5.1.3 Beole**

Con il nome di Beola si definisce una serie di gneiss, caratterizzati da una marcata foliazione e da una forte lineazione, che appartengono a diverse unità strutturali e affiorano nella media Val d'Ossola tra Vogogna e Montecrestese.

Dal punto di vista geografico e geologico si possono individuare quattro

aree di estrazione: Vogogna, Beura-Villadossola, Trontano-Domodossola e Montecrestese-Crevoladossola (Cavallo *et al.*, 2004b).

Nell'area di Vogogna la Beola appartiene geologicamente agli Scisti di Fobello e Rimella e i materiali hanno caratteristiche molto diverse tra loro pur provenendo da cave vicine. Si tratta infatti di ortogneiss milonitici e subordinati paragneiss e metabasiti, facilmente lavorabili a spacco, distinguibili in almeno 5 differenti tipologie commerciali (riportate nella tabella di figura C1 dell'allegato C). Una delle varietà più conosciute è il Verde Vogogna, impropriamente detta anche "Quarzite Verde", che è stata utilizzata, ad esempio, nel Politecnico di Torino per cornici e davanzali esterni di finestre e per zoccolature. Attualmente l'unica cava attiva in quest'area fornisce essenzialmente Beola Bianca.

Le Beole di Vogogna hanno grana da fine a finissima, colore verzolino (esclusa la Beola Bianca) per l'abbondanza di clorite ed epidoto e marcata foliazione milonitica; le Beole Grigia e Ghiandonata contengono anche piccoli cristalli di granato e relitti di pieghe isoclinali.

Nell'area di Beura-Villadossola la Beola è un ortogneiss che appartiene geologicamente alla Zona Monte Rosa e vi viene estratta prevalentemente la varietà Ghiandonata.

Le Beole della Zona Monte Rosa hanno grana fine (eccetto la Ghiandonata) e sono caratterizzate da una forte lineazione mineralogica che interessa essenzialmente la mica bianca e la tormalina; la biotite è rara e il K-feldspato porfiroclastico. Clorite ed epidoto sono generalmente presenti solo in piccole fratture.

Nell'area di Trontano-Domodossola la Beola è un ortogneiss che appartiene geologicamente alla Zona Moncucco-Orselina-Isorno e vi viene estratta la varietà Grigia.

Essa ha grana da media a fine e contiene biotite e muscovite in quantità analoghe; clorite ed epidoto sono comuni accessori. Anche in questa Beola è presente una lineazione mineralogica, ma meno pronunciata rispetto alle varietà della Zona Monte Rosa.

Nell'area di Montecrestese-Crevoladossola la Beola è un ortogneiss che appartiene geologicamente alla Falda Monte Leone e vi sono estratte le varietà Favalle e Isorno Scura.

Le Beole della Falda Monte Leone hanno grana medio-fine omogenea, mostrano una lieve lineazione mineralogica e contengono abitualmente clorite e biotite cloritizzata.

La composizione mineralogica e chimica delle diverse varietà di Beole è riportata nella scheda merceologico-tecnica (Allegato B), insieme con caratteristiche fisiche e meccaniche, cenni storici, tipologie ed esempi di utilizzo.

#### **5.1.4 Marmi**

I marmi ossolani sono certamente meno importanti delle rocce fin qui descritte per volumi estratti, ma sono stati intensamente coltivati fin dal tardo Medioevo e usati in famosi monumenti della Lombardia.

Essi provengono essenzialmente da due aree: Candoglia-Ornavasso e Crevoladossola. Lenti marmoree sono anche state coltivate tra Massiola e Sambughetto nella media Valle Strona dal 1881 al 1973 (Peretti, 1938; Cavallo *et al.*, 2004a)

I marmi di Candoglia e Ornavasso affiorano in lenti comprese nelle kinzigiti della Zona Ivrea-Verbano, rispettivamente sul versante orientale e occidentale della bassa Val d'Ossola. La loro giacitura è subverticale e la loro potenza modesta (8-30 m).

Le cave di Candoglia appartengono fin dal 1387 alla Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano e godono di un regime giuridico particolare (L. 19.02.1928, n. 514; Fig. 16); pertanto esse non rientrano nelle competenze del piano delle attività estrattive provinciale (PAEP).

Il marmo di Ornavasso (Cavallo *et al.*, 2006b) è un marmo calcitico di cui sono state estratte diverse varietà: rosa (Marmo Rosa Valtoce con abbondanti vene scure), grigia (Marmo Grigio Boden con colore scuro omogeneo, Bardiglio Grigio Chiaro e Bardiglio Scuro), bianca (Marmo Chiaro Butino) e venata (Mar-

mo Granitico o Granitello del Boden).

Il Marmo Rosa Valtoce è caratterizzato da una struttura cristallina sacca-  
roide, da una disseminazione molto irregolare di pirite e quarzo, da una folia-  
zione spaziata piuttosto regolare e da cristalli di calcite talvolta centimetrici.

Il Marmo Grigio Boden è simile al Rosa Valtoce, ma contiene una mag-  
gior quantità di minerali silicatici e di solfuri metallici e ha un *fabric* più massic-  
cio.

Il Marmo Chiaro Butino ha grana minore dei precedenti e scarso conte-  
nuto di quarzo e pirite.

Il Marmo Granitico o Granitello del Boden è caratterizzato dalla frequente  
presenza di vene grigio scure a grana media, di spessore centimetrico, che  
contengono in abbondanza pirite, clinopirosseno (diopside) e anfibolo (tremoli-  
te).

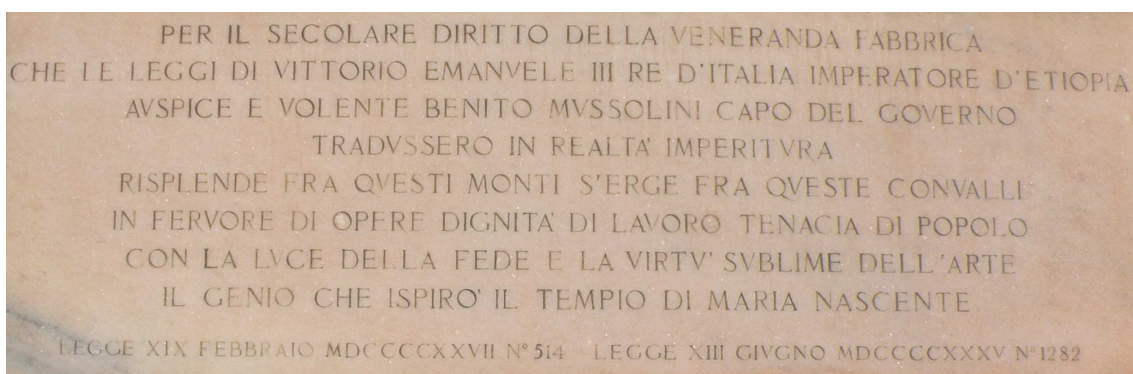
Oltre ai minerali citati, nel marmo di Ornavasso si rinvencono flogopite, ti-  
tanite, barite, feldspato di bario e sporadica tormalina; alla pirite, inoltre, si as-  
sociano talora pirrotina e calcopirite.

Le caratteristiche fisiche e meccaniche delle due varietà più diffuse (Ro-  
sa Valtoce e Grigio Boden) sono riportate in Tab. 2.

<b><i>R: Rosa Val Toce</i></b>	<b><i>G: Grigio Boden</i></b>	<b><i>R</i></b>	<b><i>G</i></b>
<b>Massa volumica <math>[kg/m^3]</math></b>		<b>2.710</b>	<b>2.721</b>
<b>Carico di rottura di rottura a compressione semplice <math>[MPa]</math></b>		<b>81</b>	<b>68</b>
<b>Assorbimento d'acqua <math>[%\ massa]</math></b>		<b>0.11</b>	<b>0.18</b>
<b>Carico di rottura a trazione indiretta mediante flessione <math>[MPa]</math></b>		<b>24.2</b>	<b>19.4</b>
<b>Resistenza all'urto: lavoro di rottura <math>[J]</math></b>		<b>5.5</b>	<b>5.9</b>
<b>Microdurezza Knoop <math>[MPa]</math></b>		<b>1.337</b>	<b>2.285</b>

**Tab. 2** – Caratteristiche fisiche e meccaniche dei marmi Rosa Valtoce e Grigio Boden (da Regione Piemonte, 2000)



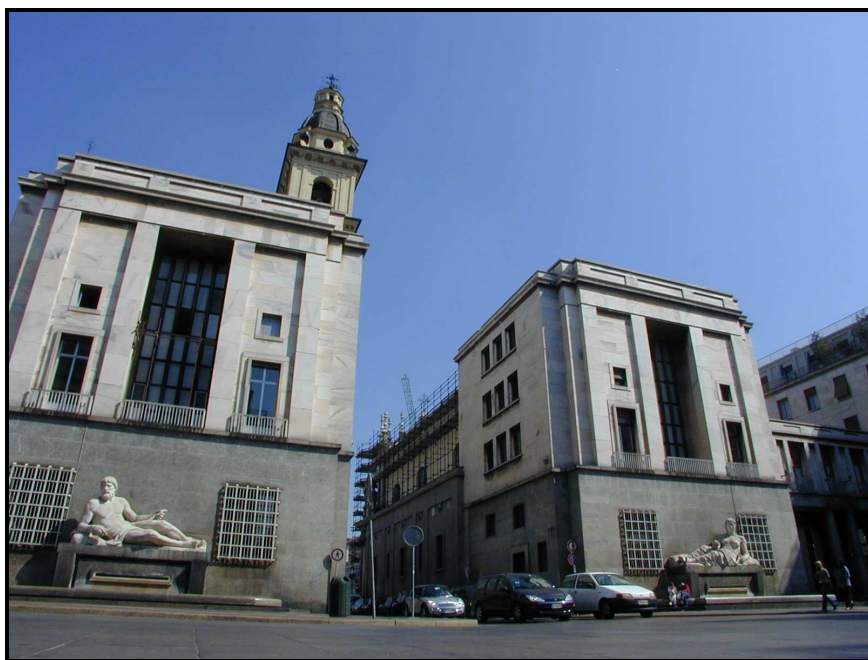


**Fig. 16** – Il monumento di Candoglia, realizzato con l'omonimo marmo, che ricorda la promulgazione delle leggi a favore della Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano. Si noti che nell'iscrizione la Legge N° 514 è erroneamente datata 1927, anno nel quale venne invece emanato il R. Decreto-Legge 19 ottobre 1927, N° 1924, relativo alla servitù spettante al Duomo di Milano sui fondi pubblici e privati del Monte di Candoglia, convertito in legge nell'anno successivo.

Il marmo di Ornavasso, il cui uso è documentato almeno dal 1400, è stato impiegato nel Duomo e nella Certosa di Pavia (XV secolo), nonché nello stesso Duomo di Milano (Moschini, 2006).

A Milano il marmo grigio ha fornito il rivestimento della facciata delle chiese del Monastero Maggiore e di Santa Maria dei Miracoli (XVI secolo) e il rosa è stato utilizzato per il rivestimento interno del Santuario di San Camillo de Lellis (1902), per il palazzo della Cassa Assicurazioni Sociali (1929-31) e per la facciata del grande magazzino “La Rinascente”.

A Torino sono rivestite in marmo rosa le absidi delle Chiese di San Carlo e Santa Cristina (Anni Trenta) in piazza C.L.N. (Fig. 17).



**Fig. 17** – Le absidi delle Chiese di San Carlo e Santa Cristina a Torino

Come esempi di uso locale si citano infine la chiesa parrocchiale di San Nicolao ad Ornavasso (Fig. 18), interamente realizzata in Rosa Valtoce nella seconda metà del 1500, e il portale in Granitello della chiesa di Madonna di Campagna di Pallanza a Verbania.



**Fig. 18** – La chiesa di San Nicolao ad Ornavasso

Il marmo della Valle Strona ricorre nello stesso contesto geologico di quello di Candoglia-Ornavasso, è anch'esso calcitico e ha grana medio-grossa. Il suo colore varia dal bianco al rosa e al grigio e venne commercializzato nelle varietà Bianco Avorio di Vallestrona, Grigio di Vallestrona e Bianco Rosato.

Fu usato come rivestimento esterno di diversi edifici in Italia (Palazzo di Giustizia di Milano, Ministero delle Corporazioni a Roma, Nuovo Palazzo delle Poste a Napoli) e fu anche esportato negli USA.

Il marmo di Crevoladossola appartiene geologicamente alla copertura metasedimentaria mesozoica, che separa tettonicamente le Falde Monte Leone e Antigorio. Esso ha composizione dolomitica, grana fine, debole foliazione definita dalla mica flogopite e colore variabile secondo il contenuto di flogopite, di solfuri disseminati e di tremolite.



In base ai caratteri cromatici e tessiturali viene commercializzato nelle varietà Palissandro Classico, Palissandro Oniciato, Palissandro Bluette e Palissandro Blu Nuvolato.

La composizione mineralogica e chimica delle diverse varietà è riportata nella scheda merceologico-tecnica (Allegato B), insieme con caratteristiche fisiche e meccaniche, cenni storici, tipologie ed esempi di utilizzo.

### **5.1.5 Pietra Ollare**

Sotto questa denominazione vengono raggruppate rocce di colore verde scuro, localmente tendente al nero, che sono accomunate dalla facile lavorabilità e dal chimismo ultramafico, ma che mostrano altresì eterogeneità compositiva e tessitura e ricorrono in differenti contesti geostrutturali.

I loro costituenti mineralogici sono essenzialmente olivina e talco in quantità variabili, ai quali si aggiungono di solito clorite, tremolite, serpentino e, talvolta, carbonati e magnetite. La loro tessitura è normalmente massiccia, ma in qualche caso anche foliata o brecciata.

Dal punto di vista geostrutturale esse sono legate sia ai complessi ofiolitici delle Zone di Antrona e Zermatt-Saas, sia alle ultramafiti comprese nella Falda Monte Leone (Montecrestese), nella Zona Orselina-Moncucco-Isorno (Cisore), nella Zona Sesia-Lanzo (Val Loana) e nella Serie dei Laghi (Oira).

La Pietra Ollare o *Laugera* è utilizzata fin dall'età del Bronzo e da essa si possono ottenere recipienti per liquidi ("olle", da cui deriva il nome), pentole, tubi, macine da mulino, stufe (Fig. 19) e, più recentemente, piastre per cottura e oggetti di artigianato.

Essa veniva estratta da massi erratici e da piccole cave sparse in Val Brevettola, Valle Antrona, Val Bognanco, Valle dell'Isorno, Val Vigizzo, Val Loana e Oira (Comune di Nonio). Attualmente è attiva solo una cava in Val Loana (lavorazione di un trovante).



**Fig. 19** – Stufa realizzata in Pietra Ollare

Numerose sono anche le testimonianze del suo impiego artistico e ornamentale: ad esempio la chiesa Collegiale e le cappelle della Via Crucis del Sacro Monte del Calvario di Domodossola, la Parrocchiale dell'Assunta e l'Oratorio Viganale di Montecrestese, il Palazzo Silva di Domodossola e la chiesa di Cisore (Cavallo *et al.*, 2006c).

### **5.1.6 Granulite**

Con questo termine, petrograficamente corretto, si è indicata una roccia nota commercialmente e nella letteratura geologica (ad esempio Peretti, 1938; Boriani, 2000; Cavallo *et al.*, 2004a) come Diorite di Anzola, Granito Nero di Anzola, Gabbro di Anzola, che ebbe una certa fortuna nella prima metà del 1900.

Dal punto di vista geologico appartiene alla Zona Ivrea-Verbano e costituisce probabilmente un'apofisi del Gabbro Principale del Complesso Mafico.

La roccia ha colore nero e contiene spesso vene grigio-biancastre di plagioclasio. I suoi costituenti essenziali sono orneblenda bruna, clinopirosseno, ortopirosseno, plagioclasio, opachi e talvolta granato; la sua tessitura è granoblastica e la struttura è massiccia.

Venne impiegata principalmente in lastre per rivestimenti e zoccolature di edifici e nell'architettura funeraria e fu esportata anche all'estero: ne è testimonianza il rivestimento dell'Allgemeine Bank ad Anversa.

A Torino la si trova, ad esempio, nella zoccolatura e nella gradinata della Chiesa della Santissima Annunziata (Fig. 20) e in alcune parti della pavimentazione in via Roma (Fig. 21).

A Verbania Pallanza fu usata per il basamento e parte della pavimentazione esterna del Mausoleo Cadorna, inaugurato nel 1932.





**Fig. 20** – Zoccolatura in Diorite della chiesa della S.S. Annunziata a Torino



**Fig. 21** – Fascia in Diorite di Anzola nella pavimentazione di Via Roma a Torino.

## **5.2 Gli inerti**

Appartengono a questa categoria i materiali che vengono impiegati nei conglomerati cementizi e bituminosi, nei rilevati, per riempimenti, ecc..

### **5.2.1 Sabbie e ghiaie**

L'unica cava attiva (Gabbiane, al confine tra i Comuni di Cambiasca e Verbania) coltiva una formazione alluvionale costituita da una successione di depositi di conoide connessi all'attività fluviale dei Torrenti Gabbiane e San Bernardino; il materiale estratto ha granulometria da grossolana (ciottoli e ghiaia) a minuta (ghiaia e sabbia accompagnate da frazione limosa) e gli elementi mostrano un discreto grado di arrotondamento.

Vecchie coltivazioni, talvolta spinte sotto falda, hanno inoltre interessato il materasso alluvionale del Fiume Toce nei Comuni di Masera, Pieve Vergonte, Mergozzo e Baveno.

### **5.2.2 Altri inerti**

In questa categoria si collocano materiali eterogenei per granulometria, costituzione litologica e processo di formazione del deposito, che rappresentano la maggior parte degli inerti estratti nella Provincia.

Nella quasi totalità le coltivazioni interessano vecchie discariche di cave di granito (Comuni di Baveno e Mergozzo) e serizzo (Comuni di Crodo e Varzo) ed eventualmente il detrito di falda alla loro base; in un caso (Diveria in Comune di Varzo) sono invece coltivati con di detrito.

Il materiale estratto, secondo la granulometria e previ eventuali trattamenti di classificazione, comminuzione e lavaggio, viene impiegato per sottofondi, difese spondali e nella confezione di conglomerati bituminosi e cementizi.

## **5.3 Le sostanze minerali di prima categoria (R.D. 29.07.1929, n. 1443)**

La loro coltivazione, con l'eccezione delle acque minerali e termali, esula dalle competenze del PAEP, ma se ne fa ugualmente cenno sia per completezza

za della trattazione, sia per le interferenze che potrebbero avere con le attività normate dal piano.

Considerata poi l'importanza che alcune miniere hanno avuto in passato, si è ritenuto opportuno evidenziarne il significato storico-documentario, anche al fine di un'eventuale fruizione turistico-culturale.

### **5.3.1 Concessioni minerarie**

Nel territorio della Provincia sono oggetto di concessione acque minerali e termali, feldspati, minerali auriferi e olivina. Ubicazione, limiti delle concessioni e simboli dei materiali estratti sono mostrati nella tavola 1.

#### **5.3.1.1 Acque minerali e termali**

Nella tabella di figura C2 dell'allegato C sono riportate le denominazioni delle concessioni, i comuni di appartenenza, le aree concesse, le date di scadenza, il tipo di acqua captata, la sua utilizzazione e la tipologia delle opere di captazione; in Fig. 22 è riprodotto il poster raffigurante le etichette delle acque attualmente imbottigliate, posto all'ingresso del Museo Nazionale delle Acque Minerali di Crodo.

Nel seguito si fornisce una breve descrizione di ogni concessione e si riportano i risultati delle analisi chimiche più recenti delle acque.

**Alpia** - La Fonte Alpia è costituita da un pozzo perforato in prossimità dello stabilimento di imbottigliamento di Malesco, in sponda sinistra del Torrente Melez-zo Orientale.

L'opera, munita di una colonna di rivestimento totalmente in acciaio inox con diametro di 250 mm, raggiunge il substrato roccioso di gneiss occhiadini.

La serie stratigrafica incontrata può essere così schematizzata:

da m	0	a m	4	alluvioni grossolane;
da m	4	a m	51	complesso lacustre essenzialmente argilloso e sabbioso-argilloso con sottili livelli ghiaiosi;
da m	51	a m	103,5	complesso fluviale, con ghiaia grossa a partire





**Fig. 22** – Il poster raffigurante le etichette delle acque attualmente imbottigliate, posto all'ingresso del Museo Nazionale delle Acque Minerali Carlo Brazzorotto di Crodo.

dalla profondità di m 78;  
da m 103,50 a m 105 gneiss occhiadini (roccia di fondo).

Vengono utilizzate esclusivamente le acque presenti nell'intervallo compreso tra 78 e 103 m di profondità, che sono protette dalle sovrastanti argille lacustri; l'isolamento della falda profonda viene garantito dalla completa cementazione del pozzo tra la profondità di 82,50 m e il piano campagna.

Alle prove di pompaggio il pozzo ha erogato con continuità circa 20 l/sec, con livello stabilizzato a 20 m dal piano campagna (Regione Piemonte, 1980a).

L'analisi chimica dell'acqua eseguita da A.R.P.A. Piemonte, Dipartimento Provinciale di Novara, in data 21/10/1998 ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	53,1 mg/l	Temperatura dell'acqua a	10,2 °C
Durezza totale	2,80 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	70,0 µS/cm
pH a 20 °C	8,10		

Sostanze presenti in 1 litro d'acqua

ione sodio	Na <sup>+</sup>	3,50 mg/l	ione fluoruro	FI <sup>-</sup>	0,26 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	1,20 mg/l	ione nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,40 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	5,70 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	4,70 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	3,40 mg/l	ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	33,70 mg/l
ione ferro	Fe <sup>++</sup>	< 0,20 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	16,70 mg/l
ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	1,10 mg/l			

Gas disciolti in 1 litro d'acqua

Anidride carbonica libera	0,50 mg/l
---------------------------	-----------

**Fonte Carlina** - L'area della concessione si estende sulla sponda destra del Lago Maggiore, a monte dell'abitato di Cannobio.

Il bacino di alimentazione della fonte è situato negli gneiss minuti della Zona Strona-Ceneri, localmente ricoperti da lembi di depositi morenici o da placche di detrito di falda.

La sorgente è di frattura ed emerge al fondo di un grottino in roccia costituente l'opera di presa.

La portata media è stimata in 3,9 l/s (Idrogeostudio, 1997).

L'analisi chimica dell'acqua eseguita da A.R.P.A. Piemonte, Dipartimento Subprovinciale di Grugliasco, in data 02/10/2000 ha dato i seguenti risultati:



Residuo a 180 °C	29,3 mg/l	Temperatura dell'acqua a	10 °C
Durezza totale	1,80 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	52,4 µS/cm
pH a 20 °C	7,00		

Sostanze presenti in 1 litro d'acqua

ione sodio	Na <sup>+</sup>	3,10 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	0,70 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	0,80 mg/l	ione nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,50 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	4,50 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	8,40 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	1,70 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	16,00 mg/l
ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16,20 mg/l			

Gas disciolti in 1 litro d'acqua

Anidride carbonica libera	2,70 mg/l
---------------------------	-----------

**Gaudenziana** - La sorgente in concessione sgorga alla quota di 913 m s.l.m. nel Comune di Bognanco, poco a S-W della località San Lorenzo nel valloncetto ad occidente di Case Cresta.

Il bacino di alimentazione è rappresentato dal costone roccioso che dal fondovalle del Torrente Bogna sale alla Costa del Dente. Fino a quota 1.500 m circa le litologie sono rappresentate da predominanti metabasiti della Zona di Antrona, con modeste intercalazioni di calcescisti e serpentiniti; sopra q. 1.500 affiorano gneiss occhiadini cui seguono, verso l'alto, gneiss minuti e micascisti (Regione Piemonte, 1980a), tutti appartenenti alla Zona Camughera.

L'opera di presa è costituita da un cunicolo in calcestruzzo in fondo al quale, da una lente di calcari e calcescisti intercalati alle metabasiti, sgorga da frattura la sorgente.

La portata, controllata il 20/11/1976 (Regione Piemonte, 1980a), è risultata di 11,2 l/s.

L'analisi chimica dell'acqua eseguita da A.R.P.A. Piemonte, Dipartimento Provinciale di Novara, in data 21/03/2002 ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	89,8 mg/l	Temperatura dell'acqua a	9,9 °C
Durezza totale	7,00 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	145 µS/cm
pH a 20 °C	8,00		

Sostanze presenti in 1 litro d'acqua

ione sodio	Na <sup>+</sup>	1,82 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	0,56 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	1,60 mg/l	ione nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,85 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	24,90 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	12,10 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	2,15 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	9,93 mg/l

Ione bicarbonato  $\text{HCO}_3^-$  72,40 mg/l

Gas disciolti in 1 litro d'acqua

Anidride carbonica libera 1,13 mg/l

**Longia** - La concessione si sviluppa nel Comune di Premia su entrambi i versanti della valle tra gli abitati di Piedilago e Cadarese, nelle cui vicinanze è nota una sorgente termale (Regione Piemonte, 1980b).

Nei pressi dell'abitato di Longia sono stati perforati dapprima un pozzo esplorativo e poi un pozzo funzionale, denominato "nuovo pozzo idraulico n. 2" (Bellotti, 2007), per lo sfruttamento dell'acqua termale.

Quest'ultimo ha diametro di perforazione di 17"3/8, diametro della camera (sino alla profondità di 160 m) di 13"3/8, diametro della colonna aspirante 9"5/8 e raggiunge la profondità di 350 m.

La serie stratigrafica attraversata può essere così schematizzata:

da m 0 a m 135	copertura clastica;
da m 135 a m 200	gneiss moderatamente fratturato;
da m 200 a m 260	gneiss molto fratturato;
da m 260 a m 275	micascisti;
da m 275 a m 320	marmi fratturati;
da m 320 a m 350	micascisti (roccia di fondo).

La falda confinata è intercettata a 240 m di profondità e risale naturalmente fino a -15 m; le prove di pompaggio hanno suggerito una portata di esercizio del pozzo di 30 l/s.

Dal punto di vista geostrutturale gli gneiss appartengono alla Falda di Antigorio e le litologie sottostanti agli Scisti di Baceno

L'analisi chimica dell'acqua eseguita da A.R.P.A. Piemonte, Laboratorio del Quadrante Nord-Est - Sede di Novara, in data 12/12/2006 ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	1.443 mg/l	Temperatura dell'acqua	41 °C
pH a 20 °C	7,49	Conducibilità elettrica a 20 °C	173 7 µS/cm

Sostanze presenti in 1 litro d'acqua							
lone sodio	Na <sup>+</sup>	98,70	mg/l	lone stronzio	Sr <sup>++</sup>	6,83	mg/l
lone potassio	K <sup>+</sup>	8,48	mg/l	lone cloruro	Cl <sup>-</sup>	5,86	mg/l
lone calcio	Ca <sup>++</sup>	271,00	mg/l	lone bromuro	Br <sup>-</sup>	0,38	mg/l
lone magnesio	Mg <sup>++</sup>	43,20	mg/l	lone fluoruro	Fl <sup>-</sup>	0,89	mg/l
lone bario	Ba <sup>++</sup>	0,039	mg/l	lone nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,25	mg/l
lone manganese	Mn <sup>++</sup>	0,003	mg/l	lone solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	964,90	mg/l
lone litio	Li <sup>+</sup>	0,038	mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	30,70	mg/l
lone boro	B <sup>+++</sup>	0,126	mg/l				

**Miniera dei Cani** - Dalle miniere aurifere dismesse dei Cani, situate tra le quote di circa 1.200 m e 1.700 m s.l.m. sul versante che sovrasta l'abitato di San Carlo nel Comune di Vanzone con San Carlo, hanno origine numerose sorgenti, alcune delle quali sono caratterizzate da forte acidità ed elevata mineralizzazione.

Oggetto della concessione sono due sorgenti denominate "fonte della galleria dei compressori", che sgorgano all'interno della ex-galleria compressori alla quota di 1.352 m. La portata di entrambe è valutata 0,2-0,3 l/s (Cattin, 2002).

L'analisi chimica, eseguita dal Laboratorio Provinciale di Igiene e Profi-lassi di Novara nel marzo 1993, ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	5.360 mg/l	Temperatura dell'acqua	8,0 °C		
pH a 20 °C	2,42	Conducibilità elettrica a 20 °C	415 0 µS/cm		
Sostanze presenti in 1 litro d'acqua					
ione idrogeno	H <sup>+</sup>	3,80 mg/l	ione zinco	Zn <sup>++</sup>	45,00 mg/l
ione sodio	Na <sup>+</sup>	12,00 mg/l	ione manganese	Mn <sup>++</sup>	17,00 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	0,28 mg/l	ione arsenico	HAsO <sub>4</sub> <sup>+</sup>	104,00 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	106,00 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	0,02 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	120,00 mg/l	ione nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,11 mg/l
ione ammonio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,16 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	3520,00 mg/l
ione ferro	Fe <sup>+++</sup>	700,00 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	85,00 mg/l
ione alluminio	Al <sup>+++</sup>	140,00 mg/l			

Le litologie affioranti nell'area della concessione sono rappresentate da gneiss anfibolici, gneiss occhiadini e micascisti della Zona Camughera e da anfiboliti della Zona di Antrona.

**Terme di Baveno** - La concessione, ubicata poco a Sud dell'abitato di Baveno, si estendeva inizialmente su un'area di 1,02 ettari e aveva durata perpetua; nel

2001 venne concesso, con durata decennale, un ampliamento di 2,35 ettari, portando così a 3,37 ettari la superficie totale della concessione.

Geologicamente l'area sulla quale insiste è caratterizzata dalla presenza di un'ampia e potente copertura morenica che maschera quasi ovunque le rocce del substrato; queste sono rappresentate da micascisti a biotite e muscovite, talora granatiferi e con intercalazioni di gneiss minuti, appartenenti agli Scisti dei Laghi.

Le sorgenti in concessione erano quattro, con una portata complessiva nel 1923 di 4 l/s (Epifani, 1998).

Nella seconda metà degli Anni Settanta del secolo scorso erano utilizzate per l'imbottigliamento solo due fonti, captate da pozzetti ubicati all'interno dello stabilimento, che costituivano la Sorgente Borromea: nel 1976 la sua portata era di 0,55 l/s (Regione Piemonte, 1980a).

Nel 2000 (Epifani, 2000) risultava attiva soltanto più una fonte (Sorgente Ebea), all'interno di un'edicola in muratura in pessimo stato di conservazione.

L'analisi chimica dell'acqua della Sorgente Borromea (Regione Piemonte, 1980a), eseguita nel Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi di Novara, Prot. n. 334, Reg. Analisi n. 602, in data 10/04/1978, aveva dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	188,2 mg/l	Temperatura dell'acqua	12 °C
Durezza totale	13,05 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	268 µS/cm
pH a 20 °C	7,45		
Sostanze presenti in 1 litro d'acqua			
ione sodio	Na <sup>+</sup> 5,50 mg/l	ione fluoruro	FI <sup>-</sup> 0,55 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup> 2,80 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup> 3,60 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup> 41,20 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> 66,20 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup> 6,60 mg/l	ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 85,40 mg/l
ione ferro	Fe <sup>++</sup> 0,13 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub> 14,80 mg/l
Gas disciolti in 1 litro d'acqua a 0 °C e 760 mmHg			
Anidride carbonica libera	2,80 ml/l	Ossigeno	2,80 ml/l
Azoto e gas rari	7,90 ml/l		

**Terme di Bognanco** - La concessione comprende due sorgenti denominate Ausonia e San Lorenzo, ubicate entrambe nel parco dello stabilimento termale.

La prima sgorga direttamente dalla roccia nei micascisti della Zona Camughera ed è costituita da due polle captate con piccole gallerie; la seconda è invece un pozzo trivellato ancora nei micascisti, profondo 32,6 m, con diametro di 47 cm e ubicato all'estremità occidentale del Parco delle Terme.

Le portate delle due sorgenti risultavano nel 1976 (Regione Piemonte, 1980a) di 0,48 l/s (Ausonia) e 2,10 l/s (S. Lorenzo).

L'analisi chimica dell'acqua della Fonte Ausonia, eseguita nel Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi di Novara – Reparto Chimico – U.S.L. n°51 in data 25/10/1982, ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	780 mg/l	Temperatura dell'acqua	10,5 °C
Durezza totale	62,80 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	1150 µS/cm
pH a 20 °C	5,78		

Sostanze presenti in 1 litro d'acqua

ione sodio	Na <sup>+</sup>	44,00 mg/l	ione litio	Li <sup>+</sup>	0,22 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	7,50 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	15,80 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	84,00 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	108,00 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	101,00 mg/l	ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	756,40 mg/l
ione ferro	Fe <sup>++</sup>	15,20 mg/l	ione fluoruro	Fl <sup>-</sup>	0,23 mg/l
ione stronzio	Sr <sup>++</sup>	0,51 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	38,00 mg/l
ione manganese	Mn <sup>++</sup>	1,00 mg/l			

Gas disciolti in 1 litro d'acqua

Anidride carbonica libera	633 mg/l	Ossigeno	assente
Azoto e gas rari	13 mg/l		

L'analisi chimica dell'acqua della Fonte San Lorenzo, eseguita nel Laboratorio di Sanità Pubblica, Sezione Chimica, dell'U.S.S.L. n°51 di Novara in data 15/05/1987, ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	2.522 mg/l	Temperatura dell'acqua	9,7 °C
Durezza totale	209,3 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	2800 µS/cm
pH a 20 °C	5,97		

Sostanze presenti in 1 litro d'acqua

ione sodio	Na <sup>+</sup>	150 mg/l	ione litio	Li <sup>+</sup>	0,6 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	14,2 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	50,6 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	250 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	353,9 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	350 mg/l	ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.419,9 mg/l
ione ferro	Fe <sup>++</sup>	13,8 mg/l	ione fluoruro	Fl <sup>-</sup>	0,6 mg/l
ione stronzio	Sr <sup>++</sup>	1,3 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	65,7 mg/l
ione manganese	Mn <sup>++</sup>	1,2 mg/l			

Gas disciolti in 1 litro d'acqua			
Anidride carbonica libera	2.300 mg/l	Ossigeno	assente
Azoto e gas rari	19 mg/l		

**Terme di Crodo** - La concessione si sviluppa a Sud dell'abitato di Crodo, prevalentemente sul fianco occidentale della Valle Antigorio, e comprende tre sorgenti e un pozzo.

Nell'area della concessione affiorano esclusivamente terreni quaternari, rappresentati nel fondovalle da alluvioni a granulometria variabile e sui versanti da depositi morenici, detriti di falda e di frana e depositi misti detritico-morenici; sono anche presenti due conoidi alluvionali

Le sorgenti sono denominate Fonte di Valle d'Oro, Lisiel e Cesa: le prime due sgorgano entro il Parco delle Terme e la terza presso la località Emo, sul fianco sinistro del rio omonimo. Una quarta fonte (Monte Cistella), anch'essa sgorgante all'interno del Parco delle Terme, non è sfruttata per l'imbottigliamento.

La sorgente Valle d'Oro sgorga in un padiglione a forma di grotta artificiale, tra enormi massi di gneiss di Antigorio (Studio di Geologia e Geofisica, 1996). La sua portata (13,2-13,9 l/s) è assai uniforme e la temperatura dell'acqua (11,5 °C) costante.

L'analisi chimica dell'acqua, eseguita nel Laboratorio di Sanità Pubblica, Sezione Chimica, dell'USL n° 13 di Novara in data 10/11/1995, ha dato i seguenti risultati:

pH a 20 °C		7,43	Conducibilità elettrica a 20 °C		1980 µS/cm		
Durezza totale		150,0 G.F.					
Sostanze presenti in 1 litro d'acqua							
ione sodio	Na <sup>+</sup>	2,0	mg/l	ione alluminio	Al <sup>+++</sup>	0,07	mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	5,6	mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	0,7	mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	524	mg/l	ione fluoruro	Fl <sup>-</sup>	0,12	mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	49	mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	1.320	mg/l
ione stronzio	Sr <sup>++</sup>	10,5	mg/l	ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	69,6	mg/l
ione ferro	Fe <sup>++</sup>	0,40	mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	7,1	mg/l
ione bario	Ba <sup>++</sup>	0,01	mg/l				

La sorgente Lisiel sgorga al piede dell'ampia conoide alluvionale del Rio

Alfenza, in prossimità dell'alveo del Toce, ed è costituita da una serie di polle emergenti in un edificio di cemento armato.

Nell'agosto 1987 il capannone a protezione dell'opera di presa venne totalmente distrutto in occasione di una piena eccezionale del fiume Toce; dopo questo evento la captazione e le strutture protettive furono ricostruite in modo tale da aumentare le difese contro eventuali ulteriori episodi di alluvionamento.

Le portate della sorgente, rilevate sistematicamente dal 1992 al marzo 1996, oscillano tra minimi di 33 l/s e massimi di 39 l/s e non risentono in modo apprezzabile, e comunque con rilevante ritardo, delle variazioni di regime pluviometrico (Studio di Geologia e Geofisica, 1996). Le temperature delle acque sorgive si mantengono costantemente nell'intervallo 9,6-9,9 °C.

L'analisi chimica dell'acqua, eseguita nel Laboratorio di Sanità Pubblica, Sezione Chimica, dell'USL n° 13 di Novara in data 10/11/1995, ha dato i seguenti risultati:

pH a 20 °C		7,65	Conducibilità elettrica a 20 °C		347 µS/cm
Durezza totale		209,3 G.F.			
Sostanze presenti in 1 litro d'acqua					
ione sodio	Na <sup>+</sup>	5,4 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	1,9 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	3,1 mg/l	ione nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,25 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	60,0 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	102,0 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	7,3 mg/l	ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	103,1 mg/l
ione stronzio	Sr <sup>++</sup>	0,6 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	7,7 mg/l

Le captazioni Cesa consistono in due bottini di presa: le acque sgorgano infatti attraverso due polle sorgive distinte al piede di blocchi gneissici di enormi dimensioni, derivanti da antichi accumuli di materiali di frana; questi sovrastano depositi morenici, a diffusa matrice limosa, i quali sostengono l'acquifero (Studio di Geologia e Geofisica, 2001a). La media annua delle due captazioni è valutabile in circa 1,8 l/s, con massimi di oltre 5 l/s e minimi inferiori a 0,5 l/s; i valori di temperatura sono compresi tra 10,4 e 10,9 °C.

L'analisi chimica dell'acqua, eseguita nel Laboratorio di Sanità Pubblica, Sezione Chimica, dell'U.S.S.L. n° 51 di Novara in data 30/09/1993, ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	139,0 mg/l	Temperatura dell'acqua	10,9 °C
Durezza totale	10,6 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	216 µS/cm
pH a 20 °C	7,58		

Sostanze presenti in 1 litro d'acqua

ione sodio	Na <sup>+</sup>	2,5 mg/l	ione bario	Ba <sup>++</sup>	0,036 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	4,7 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	1,5 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	36,7 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	12,3 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	4,0 mg/l	ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	122,0 mg/l
ione ferro	Fe <sup>++</sup>	0,003 mg/l	ione fluoruro	Fl <sup>-</sup>	0,06 mg/l
ione stronzio	Sr <sup>++</sup>	0,110 mg/l	ione nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,6 mg/l
ione alluminio	Al <sup>+++</sup>	0,005 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	10,7 mg/l

Gas disciolti in 1 litro d'acqua

Anidride carbonica libera	4,7 mg/l
---------------------------	----------

Il "Pozzo 1" è ubicato nei pressi delle captazioni Cesa ed è stato autorizzato per lo sfruttamento minerario nel 2002; la portata di esercizio è di 70 m<sup>3</sup>/d.

La serie stratigrafica incontrata nell'escavazione può essere così schematizzata:

da m 0	a m 10	blocchi gneissici immersi in matrice sabbioso-limosa;
da m 10	a m 12	ghiaia addensata con poca sabbia;
da m 12	a m 23	blocchi gneissici immersi in matrice sabbioso-limosa;
da m 23	a m 26,5	sabbia addensata con ghiaia e livelli limoso-argillosi;
da m 26,5	a m 29	ghiaia e sabbia media e grossolana;
da m 29	a m 31	ghiaia addensata;
da m 31	a m 32,7	ciottoli misti a limo;
da m 32,7	a m 33,5	sabbia e blocchi gneissici.

Il primo livello acquifero è attraversato tra le profondità di 26,5 m e 29 m e il secondo, nel cui ambito si arresta la perforazione, dalla profondità di 32,70 m (Studio di Geologia e Geofisica, 2001b).

L'analisi chimica dell'acqua eseguita da A.R.P.A. Piemonte, Dipartimento Provinciale di Novara, in data 12/02/2001, ha dato i seguenti risultati:

Durezza totale	11,4 G.F.	Temperatura dell'acqua	10,2 °C
pH a 20 °C	7,41	Conducibilità elettrica a 20 °C	220 µS/cm
Sostanze presenti in 1 litro d'acqua			
ione sodio	Na <sup>+</sup>	3,00 mg/l	ione bicarbonato HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 120,00 mg/l



ione potassio	K <sup>+</sup>	4,30 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	6,30 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	38,80 mg/l	ione nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,60 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	4,30 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	11,00 mg/l
ione stronzio	Sr <sup>++</sup>	0,13 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	12,40 mg/l

L'emergenza Monte Cistella è captata con un'opera di presa consistente in due vaschette di raccolta, collegate con tubazioni a un "fontanino", il quale consente al pubblico del Parco delle Terme il prelievo diretto e la degustazione sul posto (Volorio, 2000). La sua portata è di 0,18 l/s e la temperatura dell'acqua di 11,7 °C (Regione Piemonte, 1980a).

**Vigizzo** - La concessione si sviluppa sul versante meridionale della Val Vigizzo, approssimativamente tra le quote di 800 m e 1.050 m s.l.m., nel Comune di Malesco al confine con il Comune di Villette. Essa ha per oggetto una sorgente in località Pezzidi, sgorgante dalla viva roccia alla quota di 855 m s.l.m., il cui bacino di alimentazione è rappresentato da migmatiti gneissiche, paragneiss e micascisti della Zona Sesia-Lanzo, estesamente ricoperti da depositi morenici e detriti di falda.

La portata della sorgente, controllata il 02/09/1976, è risultata di 4,48 l/s (Regione Piemonte, 1980a).

L'analisi chimica eseguita da A.R.P.A. Piemonte, Dipartimento Provinciale di Novara, in data 13/07/1998 ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	31,2 mg/l	Temperatura dell'acqua a	7,3 °C
Durezza totale	1,00 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	31 µS/cm
pH a 20 °C	7,30		

#### Sostanze presenti in 1 litro d'acqua

ione sodio	Na <sup>+</sup>	2,00 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	0,50 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	0,85 mg/l	ione nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,17 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	2,90 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	2,50 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	0,68 mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	13,40 mg/l
ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12,60 mg/l			

#### Gas disciolti in 1 litro d'acqua

Anidride carbonica libera	1,05 mg/l
---------------------------	-----------

### 5.3.1.2 Feldspati

Le miniere coltivano vecchie discariche di cave di granito e sono ubicate nel Comune di Baveno ("Seula") e al confine tra i Comuni di Verbania e Mer-

gozzo ("Toce") e di Baveno e Gravellona Toce ("Monte Camoscio").

#### **5.3.1.3 Minerali auriferi**

La concessione "Pestarena" si sviluppa nel fondovalle e parte del versante destro della Valle Anzasca, tra Pestarena e Campioli nei Comuni di Macugnaga e Ceppo Morelli.

La miniera, nella quale non avvengono attualmente lavori di coltivazione, interessa un fascio di filoni subverticali, con andamento generale NW-SE, incassati nei micascisti e gneiss minuti della Zona Monte Rosa; la potenza dei filoni, mineralizzati a quarzo e solfuri auriferi, varia da un decimetro a qualche metro. Nell'ultimo periodo di attività della miniera il tenore medio di oro nel *tout-venant* si aggirava intorno ai 5 g/t.

Ulteriori informazioni di carattere geo-giacimentologico e storico sulle mineralizzazioni aurifere ossolane sono fornite al punto 5.3.3.7.

#### **5.3.1.4 Olivina**

La miniera "Finero", ubicata nel Comune di Malesco sul versante meridionale del Monte Netto, coltiva a giorno una peridotite a flogopite del Complesso ultramafico di Finero (non distinto all'interno del Complesso Mafico della Zona Ivrea-Verbano in tavola 6)

### **5.3.2 *Permessi di ricerca***

Nel territorio della Provincia sono oggetto di permesso di ricerca acque minerali e metalli.

#### **5.3.2.1 Acque minerali**

Un permesso di ricerca denominato "Uresso-Graglia-Crestalunga", con scadenza nel 2010, si estende per 116,32 ettari nel Comune di Baceno, a Ovest della borgata Uresso; esso riguarda quattro sorgenti denominate Uresso, Graglia a valle, Graglia a monte e Crestalunga, una delle quali (Uresso) fu in passato captata per imbottigliamento.

Nell'area considerata i litotipi affioranti sono rappresentati dagli Scisti di Baceno, cioè micascisti biotitico-muscovitici a staurolite e cianite, ai quali si associano calcari cristallini e paragneiss granatiferi a calcite. Le sorgenti sgorgano in una piccola incisione valliva entro i calcari.

I dati delle misurazioni effettuate sulle sorgenti (Regione Piemonte, 1980a; Cattin, 2006) sono i seguenti:

Sorgente	Data della misura	Portata [l/s]	Temperatura acqua [°C]	Temperatura aria [°C]
Crestalunga	15/10/1992	10,30	10	13
Graglia a valle	09/09/1993	10	10,5	19
Graglia a monte	09/09/1993	5,5	10	19
Uresso	27/12/1976	5,3	9,8	3,5
Uresso	09/09/1993	12	9	18

L'unica analisi chimica dell'acqua di cui si dispone è relativa alla sorgente Uresso (Regione Piemonte, 1980a). Eseguita dal Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi di Novara, Reparto Chimico, in data 12/06/1976, ha dato i seguenti risultati:

Residuo a 180 °C	133,4 mg/l	Temperatura dell'acqua	10,0 °C
Durezza totale	97,0 G.F.	Conducibilità elettrica a 20 °C	1.390 µS/cm
pH a 20 °C	7,60		

#### Sostanze presenti in 1 litro d'acqua

ione sodio	Na <sup>+</sup>	2,0 mg/l	ione cloruro	Cl <sup>-</sup>	1,1 mg/l
ione potassio	K <sup>+</sup>	4,6 mg/l	ione fluoruro	Fl <sup>-</sup>	0,12 mg/l
ione calcio	Ca <sup>++</sup>	348,0 mg/l	ione solfato	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	887,0 mg/l
ione magnesio	Mg <sup>++</sup>	25,3 mg/l	ione bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	76,2 mg/l
ione ferro	Fe <sup>+++</sup>	0,03mg/l	Silice	SiO <sub>2</sub>	7,9 mg/l
ione alluminio	Al <sup>+++</sup>	0,1 mg/l			

#### Gas disciolti in 1 litro d'acqua a 0 °C e 760 mmHg

Anidride carbonica libera	2,9 ml/l	Ossigeno	2,7 ml/l	Azoto e gas rari	9,8 ml/l
---------------------------	----------	----------	----------	------------------	----------

### 5.3.2.2 Metalli

Un permesso di ricerca, denominato "Varallo", dell'estensione complessiva di circa 42.900 ettari nelle Province di Vercelli, Biella e Verbano Cusio Os-

sola, interessa in quest'ultima i Comuni di Valstrona, Massiola, Nonio e Quarna Sotto.

I metalli cercati sono nichel, cobalto, rame, cromo, argento, oro, platino, palladio, iridio, osmio, rodio e rutenio.

### **5.3.3 Miniere dismesse**

#### **5.3.3.1 Amianto**

L'amianto fu coltivato a Punta della Rossa (Comune di Baceno) e ad Antronapiana (Comune di Antrona Schieranco). I giacimenti ricorrono in metaultramafiti (non distinte nella tavola 6), rispettivamente appartenenti alla Falda Monte Leone e alla Zona di Antrona.

#### **5.3.3.2 Feldspato**

Il feldspato venne coltivato nei Comuni di Montescheno e Craveggia in pegmatiti (Pagliani e Martinenghi, 1941; Roggiani, 1970) comprese nei parascisti della Zona Orselina-Moncucco-Isorno. Nonostante siano presenti nei corpi pegmatitici anche altri minerali di interesse economico (berillo, granato, mica muscovite, tormalina), è noto soltanto il recupero della muscovite a Montescheno.

#### **5.3.3.3 Ferro**

Il ferro venne estratto dalla miniera di Ogaggia in Comune di Montescheno. Il giacimento (Stella 1906; 1921) è costituito da corpi lenticolari di ematite, associati ad un orizzonte marmoreo discontinuo (non distinto nella tavola 6) che separa le Zone Camughera e Moncucco-Orselina-Isorno.

#### **5.3.3.4 Ferro-Rame-Zinco (Molibdeno)**

Concentrate soprattutto nella bassa Val d'Ossola e geologicamente appartenenti alla Zona Ivrea-Verbano, le mineralizzazioni sono distribuite lungo una fascia estesa per una ventina di chilometri in senso NE-SW, dalla Val d'Ossola stessa alla Valle Strona di Omegna e alla Val Bagnola (Bertolani,

1964; Omenetto e Brigo, 1974; Brigo, 1976).

In gran parte di esse si effettuarono lavori di coltivazione nella seconda metà dell'Ottocento e di ricerca intorno alla seconda guerra mondiale.

Esse sono localizzate entro anfiboliti alternate con metapeliti, in corpi concordanti, con mineralizzazione a tessitura massiccia, disseminata o a “*stockwork*”, caratterizzata dalla commistione della frazione silicatica e di quella metallica.

Quest'ultima è costituita da pirrotina (non nichelifera, mai associata a pentlandite), calcopirite, pirite, blenda, ilmenite con smistamenti di ematite, magnetite e con accessorie molibdenite, mackinawite, cubanite, grafite e galena. Essa deve essere interpretata come un aggregato di ricristallizzazione in quanto mostra tipiche strutture granoblastiche della pirrotina e calcopirite e porfiroblastiche della pirite (Mastrangelo *et al.*, 1983).

Si rimarca infine che sul F. 30 Varallo della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, edito nel 1927 ma verosimilmente rilevato tra la fine dell'Ottocento e i primi anni del Novecento, le miniere sono indicate come nichelifere o a Cu-Ni.

#### 5.3.3.5 Manganese

Una concentrazione di minerali di Mn, oggetto in passato di ricerche minerarie, è situata a Ravinella di Sotto in alta Valle Strona di Omegna (Bertolani, 1976), in corrispondenza di un orizzonte di fels a scapolite e diopside. Questo è compreso in un'alternanza di granuliti acide (stronaliti) e basiche della Zona Ivrea-Verbanese, attraversate da filoni pegmatitici.

La paragenesi mangesifera è rappresentata da rodonite, granato spessartinico, bustamite, piroxmagite e johannsenite con associati tremolite-attinolitite, quarzo, microclino, plagioclasio, titanite, apatite, calcite, pirrotina, calcopirite, ilmenite e oro nativo in tracce; tra i minerali secondari del Mn sono presenti braunite, manganite e pirolusite.

#### 5.3.3.6 Nichel

Il nichel è stato estratto fino intorno alla metà del Novecento in numerose piccole miniere ubicate in Val Sesia e nelle sue convalli laterali in Provincia di Vercelli e in Valle Strona nella Provincia Verbano Cusio Ossola.

Tra il 1870 e il 1878 esse ebbero florida attività soprattutto a causa dell'utilizzo del nichel da parte della Germania nella coniazione di monete divisionarie: per questa nazione lavoravano infatti in quegli anni due stabilimenti metallurgici, uno a Varallo e l'altro a Scopello, con produzioni annue di 30-40 t di metallo. Nel 1875, anno di massima attività, lavoravano nelle miniere 254 operai, con una produzione globale di circa 2500 t di *tout-venant* all'1,25-1,5% di nichel (Natale e Zucchetti, 1976).

La scoperta nel 1878 dei grandi giacimenti lateritici della Nuova Caledonia e il potenziamento, una decina di anni dopo, di quelli canadesi (Sudbury, Ontario) determinarono una rapida crisi e la chiusura di tutte le miniere della zona.

Alcuni tentativi di ripresa verso la fine dell'Ottocento e subito dopo la prima guerra mondiale non ebbero risultati positivi. Nel 1935, in periodo di autarchia, la FIAT e l'anno successivo la Soc. An. Nichelio e Metalli Nobili del gruppo AMMI, subentrata ad essa nei permessi, ripresero in considerazione alcune miniere (Campello Monti, Balmuccia, Isola di Vocca, Valmaggia e Sella Bassa), che in poco meno di un decennio produssero circa 50.000 t di minerale con un tenore in nichel mai superiore all'1%.

Furono anche costruiti impianti di arricchimento a Varallo e a Campello Monti: in quest'ultimo si ottennero dei concentrati di flottazione con tenori in nichel del 5-6%, partendo da un *tout-venant* allo 0,5% circa.

Nel 1943 iniziarono gravi difficoltà per il collocamento dei concentrati e tra il 1945 e il 1948 fu definitivamente sospesa ogni attività estrattiva in tutta la zona.

Le mineralizzazioni, che dal punto di vista giacimentologico si definisco-

no a Fe-Ni-Cu (Pt), appartengono alla Zona Ivrea-Verbano e ricorrono sia nelle porzioni inferiori della Serie Stratificata del Complesso Mafico, specie in pirosseniti e noriti (Campello Monti, M. Capio, Gula, Meula, Guaifola, Balmuccia, Isola di Vocca, Sella Bassa), sia nel Gabbro Principale (Gavala e Alpe la Valle), sia ancora in filoni gabbro-pirossenitici inclusi nel Complesso Mafico o talora anche nelle kinzigiti (Valmaggia, Fej di Doccio ed alcune altre nei dintorni di Campello Monti e M. Capio).

I corpi mineralizzati hanno morfologia lenticolare, talora irregolare, o anche di veri e propri banchi, con tessiture massicce o a minerali disseminati o distribuiti in venulette, in fiamme o mandorle, intimamente associati con le fasi silicatiche delle rocce nelle quali ricorrono (Mastrangelo *et al.*, 1983).

La paragenesi metallica è quella caratteristica delle mineralizzazioni a pirrotina-pentlandite-calcopirite tipo Sudbury. Ai tre solfuri principali sono associati svariati accessori, quali mackinawite, ilmenite, magnetite e blenda  $\pm$  cromite  $\pm$  valleriite  $\pm$  grafite  $\pm$  sperrylite. Sono inoltre presenti bravoite e violarite, marcasite e pirite, quali prodotti di alterazione rispettivamente di pentlandite e pirrotina.

#### 5.3.3.7 Oro

Le coltivazioni aurifere erano localizzate, procedendo da nord verso sud e da est verso ovest, nei comuni di Crodo, Antrona Schieranco, Vogogna, Pieve Vergonte, Calasca Castiglione, Bannio Anzino, Vanzone con San Carlo, Ceppo Morelli, Macugnaga e Valstrona.

Dal punto di vista geologico le mineralizzazioni sono ospitate in più unità strutturali (Falda di Antigorio e Scisti di Baceno, Zona Camughera, Zona di Antrona, Zona Monte Rosa, Zona Sesia-Lanzo e Scisti di Fobello e Rimella) e in differenti litologie (gneiss minuti e occhiadini, micascisti e scisti filladici, metabasiti), ma nel complesso le loro caratteristiche generali sono sostanzialmente simili (Mastrangelo *et al.*, 1983).

Si tratta di filoni o filoni-strato a prevalente quarzo, nel quale compaiono

vene di carbonati (siderite, ankerite e calcite), nidi di cloriti e frequenti frammenti di rocce incassanti, spesso fortemente arricchite in quarzo e impregnate di minerali metallici.

Tra questi prevale la pirite, in individui da microscopici a centimetrici, con subordinate pirrotina, calcopirite, arsenopirite, galena e blenda, in plaghe allotriomorfe interstiziali immerse nella matrice quarzosa o in minute inclusioni nella pirite; raramente compaiono scheelite in cristalli e altri metallici (solfuri e solfosali di Ag, Cu, As, Sb e Bi).

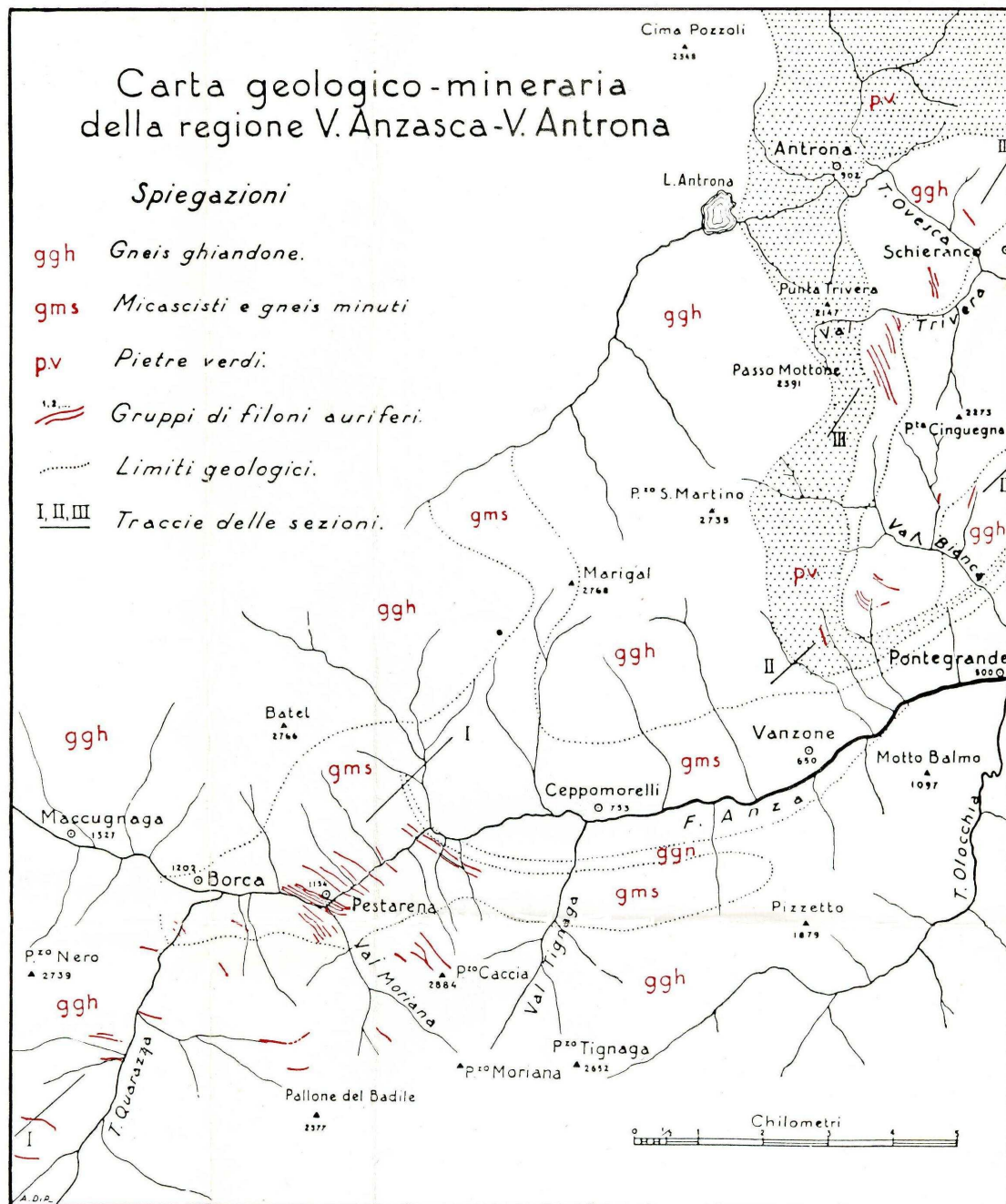
L'oro si presenta in due diverse generazioni. Una generazione primaria, in minuti individui e punteggiature solitamente invisibili a occhio, è distribuita in forme interstiziali fra i cristalli di pirite o lungo loro fratture o ancora in plaghette nel quarzo e, raramente, nell'arsenopirite. L'altra generazione è molto probabilmente secondaria e dovuta a fenomeni di ricircolazione supergenica, susseguente a ossidazione dei solfuri ai quali l'oro è associato. Essa ricorre in forme dendritiche o in lamelle o masserelle irregolari, talora ben visibili a occhio, entro cavità del quarzo, specie nelle limitate zone di alterazione dei giacimenti, ricche in limonite dal caratteristico colore ocraceo.

In conclusione si tratta di mineralizzazioni polimetalliche a Fe, Cu, Pb, Zn, Ag, As, Sb, Bi, W e Au in ganghe prevalentemente quarzose.

I giacimenti che hanno avuto maggiore importanza mineraria si trovano nelle Valli Antrona e Anzasca (Fig. 23): in particolare, l'alta Valle Anzasca costituisce il maggiore distretto aurifero delle Alpi Occidentali Italiane e nel seguito vengono descritti i principali gruppi di filoni (Leonardelli, 1986).

I filoni di Pestarena-Stabioli sono i più profondi, essendo stati coltivati da quote intorno a 1.000 m s.m.l. sino a quote di poco superiori a 700 m s.l.m., e sono i caratteristici filoni-strato negli gneiss e nei micascisti. Essi non mostrano caratteri di tipici filoni di riempimento, né di mineralizzazioni pre-metamorfiche "legate agli strati", bensì appaiono spazialmente e strutturalmente legati allo sviluppo di *shear zones*. Si può anche rilevare come gli affioramenti filoniani più importanti del gruppo Pestarena (Pestarena Miniera, Speranza, Calpini, Fonta-





**Fig. 23** – Carta geologico-mineraria del distretto aurifero delle Valli Anzasca e Antrona (da Stella, 1943).

na, Stabioli) siano abbastanza regolarmente spaziate, essendo separati da setti di roccia “sterile” (prevalentemente paraderivati pregranitici) dello spessore di 400-500 m.

La localizzazione delle mineralizzazioni “economiche” lungo i “piani” principali di scorrimento differenziale (*shearing*), separanti lame tettoniche più o meno regolarmente spaziate e lungamente attivi, renderebbe comprensibile sia la distribuzione dei filoni auriferi su intervalli litostratigrafici (2.000 m solo tra Pestarena Miniera e Stabioli) e verticali (già 1.000 m di dislivello tra Pestarena e la contigua Miniera Lavanchetto) assai cospicui, sia il passaggio indisturbato di alcuni filoni (gruppo del Lago delle Fate: Kint-Sasso Nero-Botner) dai paraderivati agli ortogneiss, in entrambi i casi con modeste variazioni paragenetiche.

A Pestarena l'oro è legato soprattutto alla pirite (talora con un certo contenuto in As e leggermente anisotropa) con subordinata arsenopirite, quest'ultima presente in quantità più sensibili alle quote filoniane più elevate. I tenori in oro, soprattutto nella pirite compatta in quarzo, raggiungono valori di 100-300 g/t. L'oro nativo mostra un rapporto Au/Ag compreso tra 1 e 2. La scheelite è assai scarsa, in rare e locali disseminazioni puntiformi.

I filoni di Lavanchetto-Fornale-Caccia sono incassati negli gneiss occhiatini e differiscono da quelli di Pestarena-Stabioli per l'abbondanza di arsenopirite, prevalente sulla pirite soprattutto alle quote più alte, e sensibili quantità di calcopirite e galena. Analisi RIMIN su campioni ricchi hanno dato tenori in Au fino a 20 ppm, Ag 115 ppm, Bi 200 ppm, As 2.000 ppm e tungsteno sempre assente. L'oro nativo in queste mineralizzazioni è abbastanza frequente, anche in forma di electrum (Au/Ag tra 0,5 e 1).

I filoni di Val Quarazza e Quarazzola comprendono i filoni del Lago delle Fate, dove le strutture mineralizzate (filone Orsec) tagliano il contatto paragneiss-ortogneiss. Tra i solfuri, la pirite prevale su FeAsS. Negli gneiss occhiatini dell'alta Val Quarazza-Quarazzola i filoni presentano invece arsenopirite prevalente su pirite, in tessiture disseminate o a *stockworks*, con galena alle quote più alte. Nella descrizione di Stella (1943), il filone Quarazzola può esse-

re considerato la struttura-tipo per quanto concerne le concentrazioni aurifere negli gneiss occhiadini: esse corrispondono a “fasce di laminazione”, la cui giacitura (direzione NW e pendenza a NE, in media intorno a 60°) coincide con quella dei filoni-strato di Pestarena ed è nettamente trasversale al verso principale (“pioda”) dello gneiss. Queste fasce di laminazione presentano un letto ben definito, rappresentato da liscione e salbanda milonitica; questa è costituita da un impasto di minerale e ganga, oppure da un impasto argilloso sterile (ma altrove ricco in oro, come nei filoni-strato dove dai minatori veniva denominato “scavatura”) e la concentrazione aurifera vera e propria (potente 30-80 cm a Quarazzola) è ad essa addossata. Sempre a Quarazzola la “fascia di laminazione” a lato della mineralizzazione principale è potente una decina di m e presenta uno *stockwork* di venette quarzose con pirite disseminata.

In definitiva nel distretto di Pestarena-Macugnaga il *trend* dei campi filoniani (pressoché costante attorno a NW-SE), la giacitura dei filoni-strato e dei filoni discordanti, nonché la distribuzione degli arricchimenti, sono legati agli effetti di intense e perduranti deformazioni tettoniche secondo un *pattern* geometrico principalmente condizionato dai movimenti relativi dei grandi sistemi trascorrenti di età da alpina sino a tardo-alpina (linea del Tonale-Centovalli a nord e il fascio Cremosina-Canavese a sud): l'effetto più evidente è la collocazione dei grossi campi filoniani a trend NW in settori delimitati da allineamenti E-W, vicarianti delle trascorrenti alpine sopra citate (linee di Rio Scarpia-Colle della Bottiglia-Corno di Giovanchera a sud e di Rio Caspisana-Pallone del Badile-Pizzo della Moriana a nord), e lungo i quali si osservano localmente mineralizzazioni con ingrossamenti lentiformi all'incrocio con i filoni dei sistemi NW-SE. La convergenza spaziale e genetica tra le grosse *shear zones* dirette NW e i principali sistemi filoniani mineralizzati è altresì provata dal passaggio indisturbato dei filoni dai paragneiss agli ortogneiss, come si osserva a Pestarena-Lavanchetto e al Lago delle Fate, nonché dal mantenimento della direzione dei filoni lungo quella principale di laminazione, con accentuazione della geometria “stratoconcordante” nelle serie scistose.

In definitiva, i “filoni di quarzo aurifero” del distretto di Pestarena-Macugnaga si possono considerare un caso particolare di *shear zone aurifera* (SZA), nella quale i volumi mineralizzati sono in realtà delle lenti, allungate in direzione o in immersione nel piano del filone (“pesci” e “spade” dei minatori ossolani). La loro paragenesi è semplice: pirite, arsenopirite, calcopirite, tracce di blenda e galena, raramente antimonite e solfosali; la ganga è costituita per il 95% da quarzo con poca sericite, clorite, tormalina e biotite.

Le SZA costituiscono delle strutture mineralizzate di ordine chilometrico e potenza decametrica, inserite in grandi “corridoi” tettonici estesi per decine fino a centinaia di km e larghi parecchi km. In questi corridoi, le intense fratturazioni legate ai fenomeni di *shearing* possono influenzare tutte le formazioni attraversate (paraderivati, gneiss occhiadini e metaofioliti) e la loro fratturazione crea le condizioni favorevoli alla circolazione delle soluzioni mineralizzanti e quindi alla deposizione del minerale utile.

Inoltre a Pestarena, come nella maggioranza delle SZA, l'oro viene fissato nei solfuri, in genere non in forma di oro nativo, e la sua presenza entro i solfuri non è sistematica, ma di tipo pepitico e perciò aleatoria.

Dal punto di vista storico le miniere d'oro della Valle Anzasca potrebbero già essere state note ai Romani, ma le prime notizie sicure risalgono al Medioevo: la zona era allora dominata dai familiari del capitano di ventura Facino Cane, al servizio dei Visconti, che sfruttavano le miniere dette “dei Cani” nell'odierno Comune di Vanzone con San Carlo. All'inizio del 1400 la famiglia dei Cani fu cacciata da una rivolta e le miniere vennero temporaneamente abbandonate; i lavori poi ripresero e, ancora nel corso del 1400, le attività passarono alla famiglia Borromeo che le proseguì ampliandole fino alle soglie dell'Ottocento.

Ai Borromeo subentrarono dapprima imprenditori locali e poi la “The Pestarena Gold Mining Company Ltd” con sede a Londra, che nel 1902 cedette a sua volta l'attività alla ditta “Pietro Maria Ceretti” di Villadossola. Quest'ultima eseguì importanti lavori di scavo, tra i quali una galleria di ribasso di 2,2 km di

lunghezza che dalla base del roccione di Morghen si spingeva sino al di sotto di Pestarena, a una profondità di 120 m, attraversando una serie di filoni ancora vergini; i lavori, interrotti più volte, furono conclusi nel 1925 (Dal Piaz, 1992). Nel 1939 tre componenti della famiglia Ceretti vennero arrestati perchè occultavano e vendevano in Svizzera parte della produzione (Pipino, 1992): la miniera fu confiscata e, da allora, gestita da società parastatali le quali incrementarono significativamente l'attività, arrivando nel 1943 ad occupare 842 salariati. La produzione raggiunse il suo valore massimo nel 1948 con 573,250 kg di oro ricavato, per poi decrescere finché nel 1961 le miniere vennero definitivamente chiuse e tutti gli impianti interni ed esterni smantellati. Si calcola comunque che tra il 1938 e il 1961 vennero estratti dalla miniera di Pestarena circa 5.840 kg d'oro (Leonardelli, 1986).

Ulteriori informazioni sulla miniera si possono trovare in Bruck (1986).

Tra il 1980 e il 1984 nuove ricerche nel distretto vennero eseguite dalla RIMIN, ma non emersero nuovi elementi che giustificassero la ripresa dell'attività estrattiva.

A testimonianza del significato storico e culturale dell'estrazione dell'oro in Valle Anzasca, si ricorda infine che nella frazione Borca di Macugnaga la miniera della Guia, attiva dal 1710 al 1945, è stata parzialmente trasformata in museo (Fig. 24).



**Fig. 24** – La miniera museo della Guia a Macugnaga

#### 5.3.3.8 Piombo-Zinco

Le mineralizzazioni appartengono alla Serie dei Laghi e ricorrono in corpi filoniani, il cui esempio più significativo è rappresentato dal giacimento denominato “Agogna e Motto Piombino” nel Comune di Gignese.

Questo filone, ospitato in micascisti a due miche, passanti a quarziti, è lungo circa 3 km, con direzione N-S, immersione a W, inclinazione sui 50° e raggiunge la potenza massima di alcuni metri; è mineralizzato a blenda e galena argentifera, con subordinate calcopirite, arsenopirite, pirite, marcasite e bornite, in ganghe quarzoso-carbonatiche, con tessiture spesso a coccarda o brecciolari (Mastrangelo *et al.*, 1983).

### 5.4 Le cave di pietra ornamentale

Le cave di pietra ornamentale si ritrovano ubicate per la maggior parte lungo la direttrice nord-sud che segue, grosso modo, l'asta del fiume Toce.

In numero molto minore si trovano poi lungo la valle del torrente Devero e Diveria. Qualche cava singola è ubicata in altre valli.

Dal punto di vista dei litotipi, essi sono così disposti:

- gli gneiss massicci (serizzi) a nord, le cui cave sono concentrate per lo più nella Valle Antigorio, Formazza, Devero e Divedro;
- gli gneiss tabulari (beole) nella parte centrale del territorio provinciale (da Crevoladossola a Vogogna), con notevoli concentrazioni di cave a Trontano e Beura;
- i marmi ancora nella parte mediana (dolomia a Crevoladossola) e a sud (marmo grigio Boden e rosa Valtoce a Ornavasso);
- i graniti (rosa, bianco, verde) a sud, nel Verbano (Mergozzo, Verbania, Baleno).

Si discosta dal panorama tracciato una cava di gneiss (serizzo Monte Rosa) ubicata, unica, in valle Anzasca.

Sulla tavola 1 sono riportate le cave in attività e quelle inattive nonché le cave storiche; sulla tavola 6 sono inoltre distinte le varietà merceologiche dei

materiali estratti.

Pur essendo in numero notevole (110 in totale), il territorio effettivamente occupato da questa attività (zona di escavazione vera e propria, discarica e piazzali di servizio) è di 2.467.370 m<sup>2</sup>. Paragonandolo alla estensione totale del territorio provinciale, che è di 2.262 km<sup>2</sup> (2.262 x 10<sup>6</sup> mq), esso rappresenta solo l'1,1 per mille o, se si vuole, lo 0,11%!

Anche togliendo tutta la superficie di territorio sopra i 1.600 m di quota, che si può definire montana a tutti gli effetti e in cui diventa problematico, per vari aspetti, aprire una cava, restano 1.250 km<sup>2</sup>, a confronto dei quali l'area autorizzata per le cave rappresenta ancora solamente l'1,9 per mille (0,19%).

Nei confronti dell'occupazione del suolo comunale, nella tabella di figura C3 (cfr. allegato C) sono riportate le superfici occupate dalla attività estrattiva (conteggiando le sole cave in attività) ed il loro rapporto con la superficie del territorio del Comune.

### **5.5 Le cave di inerti**

La conformazione morfologica del territorio provinciale, montuoso al 95% e con fondovali piuttosto stretti, non è favorevole al sorgere di attività estrattive di inerti in senso stretto (cioè escavazioni attuate su vaste aree di pianura, anche sotto falda).

Per la produzione di inerti si sopperisce con l'escavazione di vecchie discariche di pietra ornamentale e/o di materiale morenico o detrito di falda, che, se necessario, può essere successivamente ridotto di pezzatura più piccola in impianti di frantumazione ubicati direttamente in cava o in altri cantieri. In totale se ne contano pochissime (solamente 5), ubicate nei Comuni di Baveno, Beura, Mergozzo, Varzo, Verbania (cfr. tavola 1).

### **5.6 Le cave di altri materiali**

Sul territorio provinciale attualmente non esistono cave di altri materiali classificati di seconda categoria dal R.D.1443/27.

## **5.7 Le caratteristiche delle cave**

Come accennato, nella Provincia del VCO le cave sono praticamente tutte di pietra ornamentale. Questa circostanza già fa intuire che le differenze tra cava e cava non possono essere sostanziali. Ed in effetti le differenze più evidenti si riscontrano per lo più nella loro ubicazione che non per altre peculiarità (le diverse tecniche di estrazione, che pure sono caratteristiche dei litotipi estratti, non si discostano in effetti così tanto l'una dall'altra).

Ormai in quasi tutte le cave la tecnica di coltivazione abbina l'estrazione con l'esplosivo e con il filo diamantato. Le doti di quest'ultimo vengono sempre più esaltate, soprattutto laddove si impone silenziosità e scarsa emissione di polveri, anche in considerazione degli enormi progressi che i costruttori hanno fatto nel fabbricare perline adatte ai materiali silicei (si ricorda che questa tecnologia è derivata dalla cave di marmo della Toscana, materiale molto più tenero dello gneiss e del granito).

Sostanzialmente le cave si possono suddividere in: cave a fossa, a mezza costa, di culmine, pedemontane (o basali).

### **5.7.1 Cave a fossa**

Si definisce cava a fossa quell'unità estrattiva dove il materiale viene scavato dall'alto verso il basso, abbassando conseguentemente il tetto del giacimento.

Si presentano come trincee contornate su tre lati da pareti e si ritrovano usualmente nella coltivazione della beola (cave del Croppo di Trontano, alcune cave del bacino di Beura, cava Favalle a Crevaldossola).

Presentano il vantaggio di poter lavorare agevolmente su piani orizzontali e verticali (metodo di coltivazione per fette orizzontali discendenti) nonché facilitare gli interventi di recupero ambientale; per contro, si possono avere spazi di manovra limitati e occorre una attenta e periodica perlustrazione delle pareti circostanti.



### **5.7.2 Cave a mezza costa**

La maggioranza delle cave è a mezza costa, cioè inserita ad una certa quota nel versante.

E' il caso ricorrente delle cave di serizzo, nelle quali si sfrutta la pendenza naturale della pioda per far scivolare sul piazzale le bancate staccate dall'ammasso roccioso (metodo di coltivazione per gradoni discendenti o montanti).

Spesso presentano il vantaggio di avere due lati liberi, una pendenza della pioda che aiuta lo stacco delle bancate, un ampio piazzale di servizio. Di contro, le operazioni di perforazione e taglio possono essere malagevoli e spesso, per rispettare le geometrie di coltivazione, si creano fronti in aggetto che devono successivamente essere profilati. Le operazioni di recupero ambientale al di fuori dei piazzali possono essere difficoltose.

Anche la maggioranza delle cave di granito sono a mezza costa (cave del Montorfano). A differenza delle cave di serizzo, però, la coltivazione avviene su piani orizzontali e verticali, non avendo il granito piani di pioda e trincante. La coltivazione è quindi, normalmente, facilitata ed i vantaggi sono evidenti.

### **5.7.3 Cave di culmine**

Si definiscono cave di culmine quelle poste alla sommità di rilievi. Se ne riscontrano pochissime (cave di granito rosa del Monte Camoscio, un paio di cave di serizzo a Formazza).

Sono sicuramente quelle nelle condizioni migliori di coltivazione, avendo ampi spazi di manovra, i lati liberi, assenza o quasi di pareti incombenti (metodo di coltivazione per fette orizzontali discendenti).

Alla facilità di coltivazione si contrappone la grande visibilità, con i relativi problemi di recupero ambientale.

### **5.7.4 Cave pedemontane o basali**

La definizione di cava pedemontana (o basale) si adatta a quelle che si

trovano ubicate in corrispondenza del piede del versante, alla intersezione con la piana alluvionale.

Si rilevano sia nella estrazione del serizzo (bacini di Crodo e Premia), sia, più massicciamente, nell'escavazione della beola (bacini di Beura e Villadossola).

Pur presentando i vantaggi e gli svantaggi caratteristici delle cave illustrate ai paragrafi precedenti, a seconda della inclinazione della pioda, della stratificazione, ecc. (metodo di coltivazione per fette orizzontali discendenti, per gradoni discendenti o montanti), presentano l'innegabile vantaggio di essere più facilmente accessibili, agevolando quindi anche i lavori di recupero ambientale. Solitamente, inoltre, sono anche poco visibili.

## **5.8 I volumi estratti – Tipologie di produzioni**

Per la valutazione dei volumi estratti si hanno a disposizione i dati della Regione Piemonte, Settore Pianificazione e Verifica della Attività Estrattiva, relativi all'arco di tempo 1982 – 2005.

La Regione ha suddiviso la produzione totale nelle varie produzioni di: blocchi da scogliera, blocchi da telaio, blocchi da fresa, lastre a spacco, pezzame ad altri usi (altro). Tale suddivisione è stata mantenuta e i valori, riportati sul grafico di figura C4, indicano che la produzione totale delle cave provinciali dal 1982 al 2005 è aumentata del 812,4%, passando da 33.960 m<sup>3</sup> (circa 90.000 t) a 275.890 m<sup>3</sup> (circa 731.000 t). Pur considerando qualche incertezza e inesattezza nei dati, il trend crescente è molto evidente.

In termini complessivi, la produzione totale del VCO nei confronti del totale regionale è passata dal 20,1% del 1982 (33.960 m<sup>3</sup> su 168.879 mc) al 48,7% del 2005 (275.890 m<sup>3</sup> su 565.563 mc), con una crescita costante seppure a fronte di oscillazioni notevoli, come è ben rappresentato sul grafico di figura C5.

In termini, invece, di varietà di produzione, sempre nei confronti del totale regionale, vale quanto segue.

### **5.8.1 Blocchi da scogliera**

Si osserva una crescita costante e sensibile dal 1982 al 2005, con un raddoppio della produzione, dal 16,4% (7.860 m<sup>3</sup> su 47.656 m<sup>3</sup>) al 32,1% (92.244 m<sup>3</sup> su 286.666 m<sup>3</sup>), come rappresentato nel grafico di figura C6.

### **5.8.2 Blocchi da telaio**

Si osserva una fluttuazione con crescite e decrescite, anche sensibili, che danno luogo a una linea di tendenza in leggera salita, come rappresentato sul grafico di figura C7. Da evidenziare che in questa tipologia la Provincia detiene sempre una quota assai elevata: 80,9% nel 1982 (14.461 m<sup>3</sup> su 17.875 m<sup>3</sup>); 75,0% nel 2005 (41.691 m<sup>3</sup> su 55.560 m<sup>3</sup>).

### **5.8.3 Blocchi da fresa**

Si assiste ad una crescita sensibile, seppure a fronte di fluttuazioni, che porta il valore dal 27,8% del 1982 (7.039 m<sup>3</sup> su 25.240 m<sup>3</sup>) al 77,6% del 2005 (57.292 m<sup>3</sup> su 73.776 m<sup>3</sup>). Anche in questa tipologia, se si eccettua il 1982, la Provincia detiene sempre una quota assai elevata, come rappresentato dal grafico di figura C8.

### **5.8.4 Lastre a spacco**

Questa produzione è assai limitata, con tendenza a decrescere, come rappresentato sul grafico di figura C9. Si passa, infatti, dal 26,4% del 1982 (4.600 m<sup>3</sup> su 17.404 m<sup>3</sup>) al 9,56% del 2005 (1.575 m<sup>3</sup> su 16.480 m<sup>3</sup>).

### **5.8.5 Pezzame ad altri usi (altro)**

Produzione quasi nulla dal 1982 al 1995, negli ultimi anni ha fluttuazioni molto varie, da 5.940 m<sup>3</sup> del 2003 a 83.088 m<sup>3</sup> del 2005, come si può vedere sul grafico di figura C10. La tendenza indicherebbe comunque una crescita.

## **5.9 I volumi estratti – Litotipi**

Se si analizza la produzione dei litotipi della provincia (serizzo, beola,

granito, marmo), sempre suddivisa nella varie tipologie (blocchi da scogliera, blocchi da telaio, blocchi da fresa, lastre a spacco, pezzame ad altri usi), si osserva quanto segue.

### **5.9.1 Beola**

La produzione totale è passata da 13.162 m<sup>3</sup> del 1982 a 19.581 m<sup>3</sup> del 2005, con un aumento quindi del 48,8%. La massima produzione si è avuta nel 1997 (29.840 m<sup>3</sup>), seguita da un brusco calo e una successiva ripresa (cfr. grafico di figura C11).

### **5.9.2 Serizzo**

L'incremento dal 1982 (13.762 m<sup>3</sup>) al 2005 (137.724 m<sup>3</sup>) è stato assai notevole: circa 9 volte. A tale ragguardevole aumento ha sicuramente contribuito la produzione di blocchi da scogliera, quasi assente o poco rilevante dal 1982 al 1995 e cospicua, invece, a partire dal 1996, come è ben rilevabile sul grafico di figura C12. Si deve evidenziare in ogni caso l'importante "zoccolo duro" costituito dalle produzioni più pregiate, blocchi da telaio e da fresa.

### **5.9.3 Granito**

Le cave di granito sono sempre state poche, pochissime negli ultimi anni. Ciò determina un andamento della produzione estremamente altalenante, costituito da bruschi crolli (quando una cava si ferma per ragioni tecniche o amministrative) e repentine impennate (quando una cava riprende la coltivazione), non livellato dall'elevato numero di attività estrattive che si riscontrano, per esempio, nel serizzo (cfr. grafico di figura C13). In buona sostanza, è sufficiente che una cava sia ferma per il rinnovo della autorizzazione a determinare il dimezzamento o l'azzeramento di una specifica produzione (è il caso, ad esempio, del granito rosa Baveno, dove negli ultimi anni vi è una sola cava autorizzata). Inoltre sono annoverate tra le cave di granito anche quelle che recentemente hanno coltivato le discariche di passate coltivazioni, estraendo in grande quantità le ti-

pologie meno pregiate (blocchi da scogliera e altro) piuttosto che blocchi da lavorazione (cfr. figura C13, anni 1998, 2001, 2002, 2004, 2005). Per questo lito-tipo è quindi difficile affermare con ragionevole precisione se ci sia stato un aumento o una diminuzione di produzione

#### **5.9.4 Marmo**

A differenza del granito, pur essendoci un numero esiguo di cave (con continuità ha lavorato solamente una cava), il marmo ha visto un complessivo aumento della produzione dal 1982 al 2005.

Come si osserva sul grafico di figura C14, la produzione: è aumentata linearmente dal 1982 al 1988; si è mantenuta quasi costante fino al 1995; ha avuto un sensibile calo nel 1996 con un assestamento fino al 2000; ha avuto un deciso incremento a partire dal 2001. In termini assoluti si è passati da 4.176 m<sup>3</sup> del 1982 a 40.009 m<sup>3</sup> del 2005; in termini percentuali l'incremento è stato del 858%, più di 8 volte. Come nel caso del serizzo, il notevole aumento del quinquennio 2001-2005 è senz'altro dovuto alla produzione di blocchi da scogliera, assente fino al 2000 (cfr. figura C14). E la stessa analogia si deve evidenziare per quanto riguarda le produzioni più pregiate, blocchi da telaio e da fresa, che costituiscono in ogni caso lo "zoccolo duro".

#### **5.10 I volumi estratti – Acque minerali e termali**

Si hanno a disposizione i dati sull'imbottigliamento forniti dalle tre società operanti sul territorio (Davide Campari – Milano spa, Acque Terme Vigezzo srl, Bognanco Acque minerali srl) relativi agli ultimi 10 anni (1999-2008), rappresentati nel grafico di figura C15. Come si può osservare, la produzione totale (acqua minerale più bibite) è diminuita del 9,7%, passando da 120.948.216 litri del 1999 a 109.202.860 litri del 2008. Il calo più evidente si presenta nel prodotto "acqua minerale", in costante calo: da 71.030.623 litri del 1999 a 47.814.709 litri del 2008, meno 32,7%. Tale calo è controbilanciato da una crescita del prodotto "bibite" (con tale termine si intendono tutte le altre bevande prodotte al di fuori

dell'acqua minerale naturale o gassata), che ha un valore aggiunto assai maggiore e che è passata da 49.917.593 litri del 1999 a 61.388.151 litri del 2008, con un incremento del 23% circa. Nel 2008, per la prima volta, la produzione di bibite ha superato la produzione di acqua minerale (61.388.151 litri contro 47.814.709 litri).

Per quanto attiene alle acque termali, lo sfruttamento della concessione “Longia” è iniziato nel 2008 con l'apertura delle Terme di Premia (avvenuta nell'Agosto 2008) e pertanto non si ha ancora a disposizione nessun dato.

## **6. VALORE DELLA ATTIVITA' ESTRATTIVA**

La ricchezza mineraria del territorio è costituita dalle pietre ornamentali, presenti con una varietà estetica veramente notevole, e dalle acque minerali e termali.

La atavica cultura della pietra e la tecnologia sviluppata proprio in questo territorio, che mette in grado gli operatori di estrarre la roccia nelle condizioni più difficili, unita alle varietà di pietre e alla capacità di lavorazione fa sì che le nostre pietre siano conosciute e richieste in tutto il mondo.

Anche le acque minerali si sono ritagliate un posto di tutto rispetto nel panorama nazionale e talora internazionale, mentre per le acque termali si osserva una recente attenzione connessa con il rilancio turistico di alcune vallate.

### **6.1 Il significato culturale delle pietre ornamentali**

Su tutto il territorio provinciale si riscontra come qualsiasi pietra disponibile sia stata utilizzata per costruire, come si può ben vedere, per esempio, dalle belle immagini riportate nelle pubblicazioni "*Pietra-legno-colore*" e "*L'architettura minore e la gestione del paesaggio del Verbano-Cusio-Ossola*" di G.M. Conti e G. Oneto edita dalla Provincia del VCO .

Spesso l'arte del costruire ha acquisito nel corso dei secoli particolarità e peculiarità proprio in funzione delle pietre a disposizione. Così, accanto ad esempi di acciottolati, costituiti da pietre rotondeggianti reperite nei greti dei torrenti (le antiche pavimentazioni di Domodossola e di altri centri importanti), si trovano pavimentazioni costituite da pietre di forma lastroide messe di costa (molte mulattiere che portano ad alpeggi una volta rilevanti) reperite sezionando i massi che si incontravano lungo il tracciato; o, ancora, pavimenti in *opus incertum* fatti di pietre tal quali reperite in vicinanza.

Una maggior cura era riservata alle costruzioni in elevazione, anche se non mancano esempi di manufatti, anche importanti, costruiti con pietre di fiume (per esempio, alcune parti delle mura di Domodossola). In tali casi le pietre era-

no squadrate e provenivano da cave o da massi di grosse dimensioni (i “trovan-ti”) appositamente lavorati.

Un discorso a parte meritano le coperture dei tetti. Tutti i tetti antichi, sia nelle città, sia nei centri più o meno importanti, sia nelle vallate, erano costituite da lastre di pietra (le cosiddette “piode”). I più fortunati potevano utilizzare la beola, materiale scistoso che si può suddividere in lastre di piccolo spessore presente nella bassa Ossola fino a Crevoladossola, gli altri si dovevano arrabattare utilizzando il serizzo, che solo in particolari zone ha proprietà simili (cave di Trasquera).

Di pietra erano, e sono, tutta una serie di opere minori: i marciapiedi, i cordoli stradali, i muretti e le loro copertine, le recinzioni (costituite da schegge infisse verticalmente una accanto all'altra), i sostegni della vite, le pietre miliari, i paracarri, le panchine, le fontane, gli abbeveratoi, i tubi di scarico dei servizi (ormai rarissimi da vedere), le cappelle dei caratteristici funghi su cui poggiano i granai Walser, le macine, le stufe (caratteristica la “fornetta” formazzina), i “la-veggi” (pentolame fatto di “laugera”, una roccia serpentinoso verde), ecc..

Ma anche in tempi più moderni, inizio del 1900, la pietra locale è stata massicciamente utilizzata per grandi opere quali le dighe, sia come inerte per il calcestruzzo, sia per i riempimenti, sia per i rivestimenti, tuttora visibili.

Ha assunto la dignità quasi di opera d'arte nell'impiego come ornamento delle imponenti costruzioni connesse ai grandi impianti idroelettrici progettate dall'arch. Portaluppi: le centrali di Cadarese, Verampio e Crevoladossola sono solo alcuni degli esempi più notevoli e conosciuti.

Ma le pietre del VCO non si fermano solo nella Provincia. A prescindere dal marmo di Condoggia utilizzato dal 1387 da Gian Galeazzo Visconti, duca di Milano, per la costruzione del Duomo, nello stesso secolo (ma pare che fosse utilizzato già in epoca romana) con il marmo di Crevola (una dolomia cristallina) è stato costruito il Duomo di Pavia.

In Milano si rileva un utilizzo notevole delle pietre del VCO sia di quelle meno pregiate (serizzo e beola) sia di quelle più pregiate (marmi e graniti). Il se-



serizzo si ritrova a Porta Nuova, Porta Ticinese, nella costruzione di casa Borromeo, nella parte muraria strutturale del Duomo, nelle torri del castello Sforzesco. Di granito rosa di Baveno sono le colonne del cortile di Brera, quelle del Senato, quelle nel cortile del Seminario di corso Venezia, quelle dell'Ospedale Maggiore (ora sede dell'Università Statale). Il rosa di Baveno è visibile nella parte esterna del Palazzo Serbelloni e nella chiesa di S. Carlo, dove si ritrovano 36 colonne di questo materiale, e come elemento strutturale di facciata al Teatro alla Scala. Si è fatto, invece, uso del granito bianco Montorfano nella chiesa di S. Angelo e nei chiostri del convento di S. Vittore, oggi Museo della Scienza e della Tecnica.

A Roma sono di granito rosa di Baveno alcune colonne esterne della Basilica Lateranense, mentre le 84 colonne esterne della Basilica di S. Paolo Fuori le Mura sono di bianco Montorfano. Anche le 136 colonne del quadriportico antistante la basilica sono di questo materiale.

A Torino i porticati stradali più belli sono contrassegnati dalle pietre del VCO: corso Vinzaglio, via Pietro Micca, via Roma (dove troviamo colonne di serizzo, granito rosa e bianco), corso Vittorio Emanuele II°, via Sacchi.

A Pompei le colonne interne del Santuario della Madonna sono in granito bianco Montorfano.

Ai giorni nostri non mancano esempi eclatanti di impiego delle pietre nostrane. Il serizzo ha trovato largo impiego nelle metropolitane di Milano, Bruxelles e Singapore e negli aeroporti di Malpensa e Francoforte. Per il pavimento dell'aeroporto di Amsterdam è stata impiegata la beola bianca. Il celebre monumento a Cristoforo Colombo a New York e il Palazzo Reale di Bangkok sono in granito rosa di Baveno mentre le facciate di alcuni grattacieli di Manhattan sono in serizzo. Con 27 tonnellate di marmo di Crevola (del tipo commercialmente denominato "Palissandro") è stata realizzata una importante scultura per l'UNICEF intitolata "L'Uovo della Pace".

Anche se con l'andar del tempo la pietra ha assunto sempre più un ruolo ornamentale piuttosto che di materia prima da costruzione, il suo continuo im-

piego ha dato luogo ad un patrimonio che va ben al di là del semplice patrimonio immobiliare: è diventato un patrimonio culturale di vastità tale da pretendere di essere conservato nel migliore dei modi. E il modo migliore di conservarlo è senza dubbio, innanzitutto, poter disporre delle stesse materie prime con le quali è stato realizzato.

## **6.2 Il significato economico delle pietre ornamentali**

L'estrazione della materia prima e la sua successiva lavorazione hanno creato un tessuto socio-economico sul quale oggi è in larga misura basato il benessere della Provincia. E ciò è un valore determinante se si pensa che in quelle vallate dove risiedono le cave, e dove per conseguenza sono sorti i laboratori, non esiste praticamente altra ricchezza.

Il peso del comparto estrattivo si può valutare appieno considerando i suoi due aspetti principali: l'occupazione e il fatturato.

### **6.2.1 *Occupati nella estrazione***

I dati regionali messi a disposizione forniscono la media annua del numero di imprenditori, coadiuvanti, dirigenti, impiegati e quella di operai e apprendisti relative al periodo 1982-2005. Con tali dati, distinguendo tra *“impiegati”* (comprendenti imprenditori, coadiuvanti, dirigenti, impiegati) e *“addetti”* (comprendenti operai e apprendisti) si sono costruiti i seguenti grafici:

- andamento della occupazione in tutto il comparto estrattivo, figura C16;
- andamento della occupazione nella estrazione della beola, figura C17;
- andamento della occupazione nella estrazione del serizzo, figura C18;
- andamento della occupazione nella estrazione del granito, figura C19;
- andamento della occupazione nella estrazione del marmo, figura C20.

L'andamento della occupazione complessiva (figura C16) dimostra una serie di fluttuazioni anche importanti dal 1982 al 1998 (167,92 nel 1989 e 352,50 l'anno successivo, più del doppio); una discesa graduale dal 1999 al 2003, anno che segna il minimo storico con il valore 124,08; una ripresa nel

2004-2005, anno in cui si registra il valore 163,00. Questo valore è molto vicino a quello iniziale del 1982 (167,75, con una diminuzione percentualmente solamente del 2,8%) per cui si potrebbe pensare a una sostanziale costanza di occupati. In realtà, prendendo in considerazione anche i valori intermedi (che sono anche molto più alti) si ottiene una linea di tendenza che indica una diminuzione. Il fatto che dal 2003 al 2005 ci sia stata una inversione di tendenza fa ben sperare, anche se è probabile che si ripetano le ondulazioni del passato. Una possibile interpretazione si può trovare nel fatto che negli anni '80 il mercato della pietra ornamentale ha raggiunto il massimo della vivacità (e non a caso il massimo storico è del 1990) mentre negli anni '90 è iniziata la flessione, prima più graduale (1991-1998) poi più accentuata dagli inizi degli anni 2000 (minimo nel 2003). Tutto ciò in linea con le recessioni, più o meno gravi, che si sono succedute e con altre concause, quali per esempio l'entrata in vigore della moneta unica europea che ha tolto aliquote di esportazione dovute alla debolezza della nostra vecchia moneta in confronto di altre (soprattutto il marco tedesco).

Gli stessi ragionamenti valgono sostanzialmente per ogni litotipo (beola, serizzo, granito, marmo), come si può osservare sulle figure C17, C18, C19, C20, con discese più marcate per beola e granito (figura C17 e C19) e meno marcate per serizzo e marmo (figura C18 e C20).

Attualmente sono una settantina le aziende di estrazione e una cinquantina le aziende che si occupano della lavorazione dei materiali estratti, nelle quali si può presumibilmente supporre che siano impiegati almeno altrettanti addetti, raggiungendo complessivamente le 350-400 unità. Se a ciò si aggiunge la occupazione indotta (addetti alle officine, alla fornitura di macchine specialistiche e movimento materiali, alla fornitura di esplosivo e materiale di consumo, addetti ai trasporti, ecc.) si arriva con facilità a parlare di 800-1.000 addetti nel settore lapideo. Tali dati contribuiscono egregiamente a far sì che l'Italia mantenga la *leadership* mondiale di Paese produttore e trasformatore della pietra e giustificano, da un lato, il dovere di mantenere e incentivare questa attività e dall'altro di gestire la ricchezza in modo ottimale attraverso la pianificazione.

Sull'indotto è doveroso evidenziare che imprenditori locali hanno avuto un ruolo di primo piano nella costruzione di macchine utensili, sia da utilizzare direttamente in cava, sia da utilizzare nei laboratori di lavorazione. Diversi sono i brevetti detenuti e le macchine sono state esportate in tutto il mondo.

### **6.2.2 Fatturato del comparto estrattivo**

Nella Provincia del VCO dal 1982 al 2005, rispetto alla produzione totale di pietre ornamentali di tutto il Piemonte, è stato prodotto, in media, il 72,77% dei blocchi da telaio ed il 63,03% dei blocchi per fresa, che sono le produzioni di maggior pregio economico (cfr. figure C7 e C8).

Quanto possa contare questa attività in termini economici è facilmente desumibile moltiplicando le quantità annue delle varie produzioni per il prezzo medio attuale di vendita.

Non è facile valutare il prezzo medio, dato che:

- per ogni tipologia (blocco da telaio, da fresa, ecc.) c'è un range di variabilità dovuta alle varie "scelte" (blocchi di 1<sup>a</sup> o 2<sup>a</sup> scelta, blocchi informi, ecc.) e alla loro percentuale sul totale estratto;
- per ogni litotipo ci possono essere varietà commerciali diverse (beola bianca, grigia, ghiandonata; serizzo Antigorio, Formazza, Monte Rosa, Sempione; granito bianco e rosa; marmo classico, bluette, nuvolato, oniciato) con prezzi differenti.

In base all'esperienza e ai prezzi di mercato correnti si sono compilate le tabelle di figure C21-C25, dalle quali si ricavano i prezzi medi di vendita, ad oggi, delle varie produzioni, riepilogati nella tabella di figura C26. Ne consegue che la ricchezza prodotta nel lasso di tempo 1982-2005, attualizzata al 2008, è quella riportata sui grafici di figure C27, C28, C29, C30 (andamento del fatturato per ogni litotipo) e riassunta nel grafico di figura C31 (andamento del fatturato di tutto il VCO). In 24 anni il fatturato totale è passato da circa 6,9 milioni di € (1982) a circa 24 milioni di € (2005), più che triplicato. Come è evidente, sono importi di tutto rispetto (e manca tutto il valore aggiunto con la lavorazione), so-

prattutto se rapportati alla superficie del territorio provinciale e alle popolazioni dei Comuni con vocazione estrattiva.

Un indice ancor più significativo si ha se il fatturato viene messo a confronto con il numero di addetti alla attività di escavazione vera e propria. Si ottengono i valori riportati sul grafico di figura C32 , sul quale si osserva che:

- per la beola, il rapporto fatturato/addetto cresce costantemente dal 1982 (14.357,58 €/ad) al 1997 (36.958,05 €/ad, più 157,4%); ha una flessione nel 1998 (24.353,41 €/ad, meno 34,1%) per poi risalire decisamente fino al 2002 (67.671,16 €/ad, più 177,9%); decresce nuovamente nel 2003 (41.211,02 €/ad, meno 39,1%) ed infine si porta nel 2005 al valore di 59.346,6 €/ad (più 44,0%); tra valore iniziale e finale l'incremento è del 313,4%;
- per il serizzo, il rapporto fatturato/addetto cresce decisamente, sebbene con qualche fluttuazione, fino al 2000 (38.038,35 €/ad nel 1982, 114.913,87 €/ad nel 2000, più 202,1%); decresce sensibilmente nel 2001 (68.156,57 €/ad, meno 40,7%); cresce poco fino al 2004 (74.470,13 €/ad, più 9,3%) e si attesta nel 2005 al considerevole valore di 121.624,07 €/ad (più 63,3%); tra valore iniziale e finale l'incremento è del 219,7%;
- per il granito, l'andamento del rapporto fatturato/addetto è molto incostante, con impennate nel 1990 (227.619,71 €/ad), nel 1998 (142.847,94 €/ad) e nel 2001 (462.977,62 €/ad); il rapporto decresce nel 2002 e 2003 (121.406,58 €/ad, meno 73,8%), risale nel 2004 e 2005, portandosi al valore di 386.239,32 €/ad (più 218,1%); se si considera il valore iniziale del 1982 (65.298,40 €/ad) e quello finale del 2005, l'incremento è del 491,5%;
- per il marmo, il rapporto fatturato/addetto cresce decisamente tra il 1982 e il 1985 (aumento del 283,3%) e cala nel 1986 (meno 49,6%); ha un andamento di tipo a campana tra il 1986 (113.708,79 €/ad) e il 1998 (82.478,67 €/ad) con un massimo nel 1991 (218.718,33 €/ad); ha bruschi aumenti e bruschi cali tra il 1999 e il 2005, con impennate nel 2002 (323.133,42 €/ad) e nel 2004 (501.347,19 €/ad); nel 2005 il valore del rapporto è 182.728,06 €/ad che, se rapportato al valore iniziale del 1982 di 59.802,99 €/ad, fa segnare un incre-

mento del 205,6%.

Se si considera il fatturato totale dovuto alla escavazione di tutti e quattro i litotipi (beola, serizzo, granito, marmo) ed il numero totale di addetti impiegati nella escavazione si osserva che dal 1982 al 2005 il rapporto fatturato/addetto si è incrementato, in maniera abbastanza costante, del 260,2%, passando da 40.879,77 a 147.237,73 €/ad.

### **6.3 Le acque minerali**

Seppure non paragonabili alla pietra dal punto di vista storico-sociale, anche le acque minerali rivestono una particolare e rilevante importanza sul benessere della Provincia, soprattutto nei Comuni nei quali sono ubicati gli stabilimenti di imbottigliamento (Crodo, Malesco, Bognanco).

#### **6.3.1 *Occupati negli stabilimenti di imbottigliamento***

I dati messi a disposizione dalle società operanti sul territorio provinciale coprono un arco di tempo di 11 anni, dal 1998 al 2008, e forniscono la media annua del numero di impiegati e operai. Con tali dati si è costruito il grafico di figura C33 dal quale si evince:

- un costante calo della occupazione totale (impiegati più operai): 133 unità nel 1998, 118,1 nel 2008 (meno 11,2%);
- un altrettanto costante calo del numero medio di operai: 102 unità nel 1998, 84,9 nel 2008 (meno 16,8%);
- un lieve aumento del numero medio di impiegati: 31 unità nel 1998, 33,2 nel 2008 (più 7%)

Anche gli stabilimenti di imbottigliamento creano un indotto non irrilevante, soprattutto nel campo dei trasporti. Con riferimento al 2008 (dati forniti dalle ditte di imbottigliamento), si rileva un movimento mensile di autotreni come indicato nella tabella seguente.

<b>ANNO 2008 - MESE</b>	<b>NUMERO DI AUTOTRENI AL MESE</b>	<b>MEDIA GIORNALIERA</b>
Gennaio	891	44
Febbraio	1.121	56
Marzo	1.337	67
Aprile	1.335	66
Maggio	937	47
Giugno	1.126	56
Luglio	1.162	59
Agosto	609	31
Settembre	940	47
Ottobre	945	47
Novembre	710	35
Dicembre	666	33

I numeri sono sufficientemente eloquenti, soprattutto se si considera, come dichiarato dalle società interpellate, che i dati possono valere per gli ultimi 10 anni.

### **6.3.2 Fatturato del comparto idrotermale**

Con i dati messi a disposizione dalle società operanti sul territorio provinciale si è costruito il grafico di figura C34, relativo agli ultimi 7 anni (2002 – 2008).

Come si può osservare, c'è stata una crescita lieve ma costante dal 2002 al 2007 (più 10,8%) ed un ulteriore gradino tra il 2007 e il 2008 (più 14,1%); in totale, dal 2002 al 2008 la crescita è stata del 26,4%, passando da € 44.642.964 ad € 56.439.028.

Se si considera il fatturato complessivo ed il numero totale di addetti si osserva che dal 2002 al 2008 il rapporto fatturato/addetto è cresciuto del

30,3%, passando da 366.828 a 477.892 €/ad (cfr. figura C35).

#### **6.4 L'occupazione complessiva**

I dati relativi al settore lapideo vanno dal 1982 al 2005 mentre quelli attinenti il settore idrotermale coprono l'arco di tempo che va dal 1998 al 2008. Il periodo di sovrapposizione è quindi compreso tra il 1998 e il 2005, costituito da 8 anni. Si ritiene di poter allungare tale periodo, portandolo ad 11 anni, comprendendo anche l'ultimo triennio 2006-2008 del lapideo, per il quale i valori vengono desunti utilizzando l'equazione della linea di tendenza dell'andamento della occupazione (cfr. grafico di figura C16). Così operando, si può costruire il diagramma di figura C36, dal quale si rileva che il numero di occupati nel settore lapideo e in quello idrotermale sono tra loro confrontabili, dimostrando ancora una volta la grande importanza di queste risorse.

Purtroppo si deve registrare che in ambedue i comparti – in maniera più fluttuante e marcata per il lapideo, più costantemente per l'idrotermale – l'occupazione dal 1998 è in calo (meno 38,8% per la pietra, meno 11,3% per l'acqua). In termini complessivi si è passati dalle 394,42 unità del 1998 alle 278,12 del 2008 (meno 29,5%).

#### **6.5 Il fatturato complessivo**

I dati relativi al settore lapideo vanno dal 1982 al 2005 mentre quelli attinenti il settore idrotermale coprono un arco di tempo molto più breve, che va dal 2002 al 2008. Il periodo di sovrapposizione è quindi limitato al solo quadriennio 2002-2005. Si ritiene di poter allungare tale periodo, portandolo a 7 anni, comprendendo anche l'ultimo triennio 2006-2008 del lapideo, per il quale i valori vengono desunti utilizzando l'equazione della linea di tendenza dell'andamento fatturato (cfr. grafico di figura C31). Così operando, si può costruire il diagramma di figura C37, dal quale si nota immediatamente come il fatturato prodotto dall'acqua sia più del doppio di quello prodotto dalla pietra (nel 2003 oltre 4 volte tanto, € 47.607.313 contro € 11.588.248). Ciò è spiegabile con il fatto che



l'acqua e le bibite vengono commercializzate come prodotto finito mentre per la pietra ci si limita alla vendita della materia prima (blocchi e altri prodotti destinati a successive lavorazioni). Se si aggiungesse il valore aggiunto ottenuto con la sua lavorazione, valutabile prudenzialmente in circa tre volte, si otterrebbero valori che supererebbero sensibilmente quelli dell'idrotermale (a titolo di esempio, nel 2005 si avrebbero circa 72 milioni di € per il lapideo e 47,5 milioni di € per l'idrotermale). Motivo in più per cercare di incentivare la percentuale di lavorazione in loco (cfr. paragrafo 12.8).

In ogni caso nel periodo di tempo considerato si è avuto un aumento del fatturato complessivo che è passato da € 62.670.452 del 2002 ad € 76.553.373 del 2008 (più 22,2%).

Il grafico del fatturato per addetto di figura C38 ripropone la sperequazione già constatata per i rispettivi fatturati.

Attraverso le pubblicazioni di Unioncamere-Istituto Tagliacarne è stato possibile risalire al PIL della Provincia Verbano Cusio Ossola e della Regione Piemonte nel periodo 2002-2007. Con tali valori si può confrontare il peso dei settori considerati, ottenendo quanto riportato nelle tabelle 3 e 4.

(milioni di €)

ANNO	FATTURATO LAPIDEO	FATTURATO IDROTER.	FATTURATO TOTALE	PIL VCO	% FATT. LAPIDEO SU PIL VCO	% FATT. IDROTER. SU PIL VCO	% FATT. TOT. SU PIL VCO
2002	18,03	44,64	62,67	3.158,12	0,57%	1,41%	1,98%
2003	11,69	47,61	59,30	3.230,63	0,36%	1,47%	1,84%
2004	20,44	46,54	66,98	3.294,03	0,62%	1,41%	2,03%
2005	24,00	47,52	71,52	3.471,11	0,69%	1,37%	2,06%
2006	19,65	48,39	68,04	3.600,46	0,55%	1,34%	1,89%
2007	19,88	49,45	69,33	3.724,74	0,53%	1,33%	1,86%

**Tab. 3 - Confronto tra fatturato lapideo e idrotermale e PIL provinciale**

Come si può osservare, il settore della estrazione lapidea rappresenta circa mezzo punto percentuale del PIL provinciale mentre quello idrotermale quasi un punto e mezzo. La somma dei due settori costituisce all'incirca il 2% del PIL della Provincia.

(milioni di €)

ANNO	FATTURATO LAPIDEO	FATTURATO IDROTER.	FATTURATO TOTALE	PIL REGIONE PIEMONTE	% FATT. LAPIDEO SU PIL REGIONE	% FATT. IDROTER. SU PIL REGIONE	% FATT. TOT. SU PIL REGIONE
2002	18,03	44,64	62,67	105.206,10	0,017%	0,042%	0,059%
2003	11,69	47,61	59,30	108.715,10	0,011%	0,044%	0,055%
2004	20,44	46,54	66,98	113.317,50	0,018%	0,041%	0,059%
2005	24,00	47,52	71,52	116.170,00	0,021%	0,041%	0,062%
2006	19,65	48,39	68,04	119.912,50	0,016%	0,040%	0,056%
2007	19,88	49,45	69,33	124.158,10	0,016%	0,040%	0,056%

**Tab. 4** - Confronto tra fatturato lapideo e idrotermale e PIL regionale

Nel confronto con il PIL della Regione, invece, il peso dei due settori è veramente assai esiguo: tutti e due insieme arrivano a stento allo 0,06%.

## **7. FABBISOGNI PER IL FUTURO**

E' difficile fare previsioni sul consumo futuro delle specifiche due georisorse del territorio provinciale, pietra ornamentale ed acqua minerale e termale; ambedue, infatti, non rivestono il carattere di materia prima in senso stretto.

La prima non è più indispensabile materiale da costruzione a basso prezzo, come secoli addietro, ma serve ad arricchire, valorizzare e nobilitare ciò che l'uomo costruisce; non a caso le rocce in questione sono caratterizzate dall'aggettivo "*ornamentale*". Il loro utilizzo - e la relativa escavazione - è quindi regolato dal mercato. Se il mercato è ricco (periodi di crescita) è più facile che sia più alta la richiesta di manufatti di pietra; se il mercato è povero (periodi di recessione) è ragionevole supporre che se ne utilizzino di meno (sostituiti da surrogati di minor pregio ma anche di minor costo).

Anche la seconda, l'acqua minerale, non è strettamente indispensabile (fortunatamente non lo è ancora diventata) in quanto nella stragrande maggioranza dei casi può essere sostituita dall'acqua potabile erogata dai pubblici acquedotti. E neppure le bibite, confezionate con le acque minerali, sono indispensabili: per dissetarsi è sufficiente l'acqua del rubinetto. Alla stessa stregua le acque termali che, sebbene curative, possono essere sostituite da farmaci o terapie alternative e comunque sono diffuse su altre parti del territorio italiano. Analogamente al caso delle pietre ornamentali, anche l'acqua è legata al benessere socio-economico generale.

Ma, pur non sapendo che cosa accadrà nei prossimi dieci anni, soprattutto in periodi come questo caratterizzati da repentine impennate delle Borse e da altrettanto repentini capitolomboli, si ritiene di poter ipotizzare le necessità future.

### **7.1 Il fabbisogno di pietre ornamentali**

L'analisi dei dati degli ultimi 24 anni (1982-2005) - effettuata in precedenza per la valutazione delle varie produzioni - consente di fare qualche assennata previsione.

- 1) Poiché si constata che tutte le produzioni sono cresciute, alcune di più altre di meno, è evidente che tale maggiore produzione è stata assorbita dal mercato, non avendo senso che si produca, con i costi relativi, per non vendere.
- 2) E' ragionevole ipotizzare che nel futuro saranno impiegati in misura maggiore dell'attuale anche i sottoprodotti della attività estrattiva (per scogliere e ripari, per rilevati, per sottofondi e vespai, per cls., per usi ferroviari, ecc.) , sia perché previsti dalla normativa (L.R.30/99), sia per necessità (impossibilità di escavazioni di inerti nei corsi d'acqua), sia per una maggiore sensibilità ambientale (istituire circoli virtuosi che riciclino i rifiuti). Ma allora, in funzione della richiesta, ma non solo, tali produzioni si eleveranno da sottoprodotto a prodotto diversificato della cava andando a costituire un vero e proprio specifico mercato.
- 3) Bisogna tener conto che non si può escludere la scoperta di materiali nuovi (ovviamente non dal punto di vista petrografico ma estetico-commerciale) da cavarsi in zone oggi non soggette ad attività estrattiva.

A fronte di queste considerazioni si può ragionevolmente ritenere che, nel caso peggiore, il mercato assorbirà le produzioni degli ultimi anni. Ergo, sarà necessario poter contare almeno sulla produttività delle cave esistenti; le quali, peraltro, consentono di regolare entro limiti già relativamente ampi la quantità di prodotto: facilmente nel caso di contrazione del mercato, basta scavare di meno; con ampliamenti delle coltivazioni nel caso di maggiori richieste.

In conclusione, per il prossimo futuro c'è da aspettarsi che il mercato assorba quantità uguali o maggiori di quelle assorbite nel 2005.

## **7.2 Il fabbisogno di inerti**

Il fabbisogno di inerti per il prossimo futuro è relativamente facile da stimare, in quanto basato sulle previsioni di realizzazione di infrastrutture, edifici e opere pubbliche, comparto residenziale, ecc.. Dal calcolo dei volumi di aggregati occorrenti per rilevati ferroviari e stradali, per i conglomerati bituminosi, per i conglomerati cementizi per le grandi opere pubbliche e per gli edifici residen-

ziali, si risale alla quantità di pietrisco, ghiaia, sabbia e cemento occorrente, essendo queste materie indispensabili per la realizzazione di quanto elencato.

A fronte di quanto sopra affermato, invece, non si procede ad alcun calcolo perché, come già chiaramente emerso nei capitoli precedenti, nel territorio provinciale non ci sono le condizioni morfologiche per impostare una estrazione di inerti che possa soddisfare con continuità le esigenze edilizie generali. In questa sede, nella quale si analizzano le possibilità di escavazione, diventa pertanto irrilevante sapere i volumi necessari per i prossimi 10 anni, che dovranno provenire forzatamente dall'esterno oppure dalle cave di pietra ornamentale, sotto forma di sottoprodotto. Ma nel primo caso non incidono sul territorio provinciale; nel secondo caso sono già considerati nella trattazione dei lapidei ornamentali.

### **7.3 Il fabbisogno di acque minerali e termali**

L'analisi dei dati degli ultimi anni - effettuata in precedenza per la valutazione delle varie produzioni - consente di ipotizzare che in futuro il mercato assorba le stesse quantità considerate nel 2008. In tal caso le sorgenti oggi sfruttate sono senz'altro sufficienti a garantire la produzione.

Nel caso in cui la richiesta dovesse aumentare, anche dell'ordine del 20% rispetto ad oggi, gli stabilimenti di imbottigliamento vi potrebbero far fronte agevolmente. Per richieste maggiori, fino al 50%, sarebbero necessarie alcune valutazioni basate su quali produzioni (acqua o bibite) incide la maggior richiesta.

Per quanto riguarda l'acqua termale di Premia non sono previsti incrementi di utilizzo.

In definitiva, il comparto idrotermale può quindi fare affidamento sulla risorsa con tranquillità.

## **8. POSSIBILITA' DI ESCAVAZIONE NELLA PROVINCIA**

In ossequio alle prescrizioni del piano territoriale provinciale (PTP) la attività estrattiva non è consentita:

- a) nel Parco Nazionale della Val Grande;
- b) nel Parco Naturale Regionale Veglia-Devero;
- c) nella Riserva Naturale del Fondo Toce;
- d) nelle Riserve Naturali Speciali del Sacro Monte Calvario di Domodossola e della Trinità di Ghiffa.

La attività estrattiva, inoltre, risulta incompatibile in tutte quelle aree che il piano di assetto idrogeologico (PAI) individua come:

- e) aree a rischio idrogeologico molto elevato (RME);
- f) aree di frana attiva e quiescente (Fa);
- g) aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata (Ee);
- h) aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Ca).

In tali aree - a differenza che in quelle contemplate nei punti da a) a d) e in ottemperanza a quanto stabilito dalle NTA del PAI - la coltivazione diventa possibile qualora il sito in questione rientri in un progetto integrato ed organico finalizzato alla loro messa in sicurezza; progetto che deve prevedere non solo la esecuzione di interventi strutturali atti a mitigare il rischio ma anche la valutazione del rischio residuo ad opere realizzate.

In eventuali parchi di prossima costituzione, laddove l'attività estrattiva sia prevista dalle legge istitutiva del parco stesso, si potranno aprire cave seguendo la normativa attuale (art.13 della L.R.69/78). Essendo però in un contesto di alto pregio ambientale saranno tutte individuate come cave da sottoporre obbligatoriamente a valutazione di impatto ambientale ai sensi dell'art.12 della L.R.40/98; tali cave vengono definite, per brevità, "cave S.O.V." (cfr. paragrafo 10).

In altre zone protette (siti di importanza comunitaria, SIC, e zone a prote-

zione speciale, ZPS), nel rispetto delle direttive del 17.10.2007 dettate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, si impongono le limitazioni contenute nel paragrafo 9.

Nel resto della Provincia è, teoricamente, possibile richiedere la autorizzazione a coltivare qualsiasi giacimento di materiale appartenente alla seconda categoria di cui all'art.2 del R.D.1443/27 seguendo la normativa di settore (L.R. 40/98, L.R.69/78, L.R.45/89, D.Lgs.42/04, D.Lgs.117/08), così come illustrato nel paragrafo 10.

E' però necessario, in coerenza con il *"DOCUMENTO DI PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE (DPAE) – SECONDO STRALCIO"* redatto dalla Regione Piemonte – Direzione Industria, Settore Pianificazione e Verifica Attività Estrattiva – approvato dalla Giunta Regionale con deliberazione n.27-1247 del 06.11.2000, definire e individuare i *"poli estrattivi"* nonché stabilire le procedure per esercitare ivi le coltivazioni, così come viene descritto nel paragrafo 11.

Nella figura C39 è riportato uno schema illustrante le possibilità di escavazione nella Provincia del Verbano Cusio Ossola.

## **9. ESCAVAZIONE IN SIC E ZPS E NELLE ZONE DI INTERFERENZA**

Nei SIC e nelle ZPS le direttive del 17.10.2007 dettate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, all'art.5, voce n), vietano *"...la apertura di nuove cave e ampliamento di quelle esistenti, ad eccezione di quelle previste negli strumenti di pianificazione generali e di settore vigenti alla data di emanazione del presente atto o che verranno approvati entro il periodo di transizione ..."*, periodo che il decreto stesso fissa in 18 mesi dalla sua data di emanazione e prorogato di altri 18 mesi con legge n.13 del 27.02.2009.

La Provincia per quelle cave che sono ubicate nelle zone protette e attualmente in attività, in funzione delle potenzialità dei giacimenti in coltivazione, prevede che possano continuare per lassi di tempo variabili tra 5 e 40 anni estraendo i volumi indicati nella tabella di figura C40.

Poiché si tratta comunque di zone che la Comunità Europea chiede di salvaguardare, si devono adottare tutte le cautele del caso. L'escavazione è quindi permessa solo a seguito di valutazione di impatto ambientale e di incidenza. Per queste peculiarità le cave in ZPS e SIC costituiscono sempre *"cave S.O.V."* a mente del paragrafo 10.

Nel caso in cui dovessero cambiare le norme che disciplinano la attività estrattiva in queste particolari aree di pregio naturalistico o dovessero modificarsi i limiti di SIC e ZPS, si procederà ad una rivalutazione delle cave ivi ubicate in funzione delle nuove regole.

La valutazione di incidenza del PAEP (cfr. documento citato) ha individuato le aree, limitrofe ai siti considerati nella Rete Natura 2000, nelle quali lo svolgimento della attività estrattiva può recare disturbo e le mitigazioni da porre in atto per renderla sostenibile in tale contesto ambientale. Queste aree sono definite *"zone di interferenza"* (cfr. anche NTA. art.3); le cave ivi ubicate sono anch'esse sempre considerate *"cave S.O.V."* e possono essere coltivate solo a seguito di valutazione di impatto ambientale e di incidenza.



## **10. DEFINIZIONE E INDIVIDUAZIONE DELLE CAVE S.O.V.**

Al fine di mettere in atto una stringente tutela delle caratteristiche ambientali della Provincia si definiscono i criteri per individuare le cave da sottoporre obbligatoriamente a valutazione di impatto ambientale di cui all'art.12 della L.R.40/98.

Quando una cava o più cave insiste/insistono su una zona di particolare pregio paesaggistico, o naturalistico, o di notevole fruizione turistica può essere coltivata solamente a fronte dell'espletamento della fase di VIA e del relativo giudizio positivo.

Ne consegue che sono cave sottoponibili obbligatoriamente a VIA – che per brevità si definiscono “cave S.O.V.” – tutte quelle che sono ubicate (cfr. schema di figura C39):

- a) in parchi, qualora sia consentita la coltivazione;
- b) in SIC e ZPS (con le limitazioni del caso);
- c) nelle zone di interferenza con SIC e ZPS;
- d) in prossimità di insediamenti di forte richiamo turistico (terme, centri congressi, aree adibite permanentemente a spettacoli pubblici, ecc.);
- e) in prossimità di zone riconosciute ad alta valenza paesaggistica.

Con le premesse di cui sopra si possono attualmente individuare, tra le cave attive e inattive, le seguenti 23 “cave S.O.V.”, che vengono riportate sulle tavole D1-D23 dell'allegato D.

- 1) Cava di serizzo Rio Fiume [*sussistenza della condizione d)*], posta in prossimità del rio Fiume in Comune di Premia, individuata sulla tavola D1.
- 2) Cava di serizzo Fruetta [*sussistenza della condizione d)*], posta in prossimità del rio Fruetta in Comune di Premia, individuata sulla tavola D2.
- 3) Cava di serizzo al Passo [*sussistenza della condizione b)*], posta di fronte alla località Passo, in Comune di Premia, individuata sulla tavola D3.
- 4) Cava di serizzo Crotto di Fogarso [*sussistenza della condizione b)*], posta tra le località Passo e Rivasco, in Comune di Premia, individuata sulla tavo-

la D4.

- 5) Cava di serizzo Rivasco 2 [*sussistenza della condizione b*)], posta in località Rivasco, in Comune di Premia, individuata sulla tavola D5.
- 6) Cava di serizzo Presa Pioda [*sussistenza della condizione b*)], posta di fronte alla località Rivasco, in Comune di Premia, individuata sulla tavola D6.
- 7) Cava di serizzo Bort [*sussistenza della condizione b*)], posta sopra la località Foppiano, in Comune di Formazza, individuata sulla tavola D7.
- 8) Cava di serizzo Ponte Romano [*sussistenza della condizione b*)], posta in prossimità del ponte sul Toce (derivata dalla unione di tre precedenti coltivazioni contigue ma distinte), in Comune di Formazza, individuata sulla tavola D8.
- 9) Cava di serizzo Garou [*sussistenza della condizione b*)], posta nel vallone del rio Cramec, in Comune di Formazza, individuate sulla tavola D9.
- 10) Cava di serizzo Sciuena [*sussistenza della condizione b*)], posta nel vallone del rio Cramec, in Comune di Formazza, individuate sulla tavola D10.
- 11) Cava di serizzo Cramec [*sussistenza della condizione b*)], posta nel vallone del rio Cramec, in Comune di Formazza, individuate sulla tavola D11.
- 12) Cava di serizzo Cneila [*sussistenza della condizione b*)], posta sopra il fiume Toce, in Comune di Formazza, individuata sulla tavola D12.
- 13) Cava di serizzo Kighel [*sussistenza della condizione b*)], posta in vicinanza della località Antillone, in Comune di Formazza, individuata sulla tavola D13.
- 14) Cava di serizzo Bruggi [*sussistenza della condizione b*)], posta in località Bruggi, in Comune di Formazza, individuata sulla tavola D14.
- 15) Cava di serizzo Boschetto [*sussistenza delle condizioni d*), *e*)], posta in località Boschetto, in Comune di Formazza, individuata sulla tavola D15.
- 16) Cava di granito rosa Scala dei Ratti [*sussistenza della condizione d*), *e*)], posta in prossimità della località Feriolo, in Comune di Baveno, individuata sulla tavola D16.

- 17) Cava di granito rosa Seula [*sussistenza della condizione d), e)*], posta sul versante orientale del Monte Camoscio, in Comune di Baveno, individuata sulla tavola D17.
- 18) Cava di materiale sciolto (discarica di passata coltivazione di granito rosa) Ex Locatelli [*sussistenza della condizione d), e)*], posta sul versante orientale del Monte Camoscio, in Comune di Baveno, individuata sulla tavola D18.
- 19) Cava di granito rosa Camoscio [*sussistenza della condizione d), e)*], posta in adiacenza della sommità del Monte Camoscio, in Comune di Baveno, individuata sulla tavola D19.
- 20) Cava di granito bianco Montorfano [*sussistenza della condizione d), e)*], posta in prossimità della stazione di Verbania Fondotoce, in Comune di Mergozzo, individuata sulla tavola D20.
- 21) Cava di granito bianco Tane [*sussistenza della condizione d), e)*], posta sul versante meridionale del Montorfano, in Comune di Mergozzo, individuata sulla tavola D21.
- 22) Cava di serizzo Passo Cugegno [*sussistenza della condizione c)*], posta sulla sponda orografica sinistra del fiume Toce, alla base del versante montuoso, in prossimità della località Passo, in Comune di Premia, individuata sulla tavola D22.
- 23) Cava di beola Maddalena [*sussistenza della condizione c)*], posta alla base del versante montuoso prospiciente la stazione ferroviaria di Beura Cardezza, nel Comune omonimo, individuata sulla tavola D23.

## **11. ESCAVAZIONE ESTERNA A PARCHI, SIC, ZPS E ZONE DI INTERFERENZA**

Come già accennato al paragrafo 8, l'escavazione è possibile sulla scorta di istanze effettuate secondo la normativa vigente, costituita dalla L.R.40/98, L.R.69/78, L.R.45/89, D.Lgs.42/04, D.Lgs.117/08.

Il giudizio di compatibilità ambientale di cui alla L.R.40/98 è ovviamente prioritario per proseguire l'iter procedurale e prevede (cfr. schema di figura C39):

- a) casi di esclusione (allegato C della L.R.40/98);
- b) casi sottoposti a fase di verifica (allegato B2 della L.R.40/98);
- c) casi sottoposti a fase di valutazione di impatto ambientale (VIA) (allegato A2 della L.R.40/98).

Quando si realizzano le circostanze per cui è applicabile la voce a), la pratica prosegue ai sensi delle altre leggi citate.

Quando la cava è sottoposta a fase di verifica, caso b), l'autorità competente valuta, assieme alle altre condizioni dettate dalla norma, se sussistano i presupposti per dichiararla "cava S.O.V." (cfr. paragrafo 10) e in caso affermativo lo dichiara nell'atto conclusivo della procedura, affinché il proponente possa tenerne conto anche nel futuro; la pratica viene avviata alla fase di VIA. In caso diverso, si rinvia la pratica alle altre leggi di settore. In tale sede viene anche valutata la eventuale sussistenza di "polo estrattivo", e, in caso affermativo, se ne fa seguire l'iter così come definito dal successivo paragrafo 12.

Nei casi in cui la pratica inizia con la fase di VIA (allegato A2 della L.R.40/98), l'autorità competente, nella prima seduta della conferenza di servizi, valuta se sussistano i presupposti per dichiarare la coltivazione "cava S.O.V." e in caso affermativo lo dichiara affinché il proponente possa tenerne conto anche nel futuro. L'iter avanza con la procedura integrata disciplinata dalla L.R.40/98. Contestualmente viene valutata la sussistenza di "polo estrattivo" e, in caso affermativo, se ne fa seguire l'iter così come definito dal successivo paragrafo 12.

## **12. POLI ESTRATTIVI**

Il *"DOCUMENTO DI PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE (DPAE) – SECONDO STRALCIO"* redatto dalla Regione Piemonte – Direzione Industria, Settore Pianificazione e Verifica Attività Estrattiva – approvato dalla Giunta Regionale con deliberazione n.27-1247 del 06.11.2000, definisce (volume 3, art.3) *"polo estrattivo"*:

*"... un insieme di due o più cave che presentano relazioni di interdipendenza dovute a:*

- a) presenza o necessità di servizi e/o infrastrutture comuni (piazzali, strade, discariche, impianti di rifornimento idrico, opere di regimazione delle acque di ruscellamento);*
- b) reciproci condizionamenti relativi all'attività di coltivazione e recupero (stabilità dei versanti, volate, operazioni di stacco e movimentazione, fasi di avanzamento, sistemazioni, necessità di valorizzazione risorse). ..."*

Il PAEP, al fine di esercitare il razionale sfruttamento dei giacimenti nel pieno rispetto delle condizioni di sicurezza ma, al contempo, per non creare situazioni di appesantimento burocratico e amministrativo - che si rifletterebbero comunque anche in maggiori costi per l'imprenditore - aggiunge alcuni criteri di accorpamento per le relazioni di interdipendenza.

Inoltre, individua le modalità per la evoluzione dei poli, che possono nascere, modificarsi, cessare.

### **12.1 Definizione ed individuazione dei poli estrattivi**

Si definisce dunque *"polo estrattivo"* un insieme di due o più cave che presentano relazioni di interdipendenza dovute a:

- a) reciproci condizionamenti in ordine alla attività di coltivazione e/o recupero ambientale (fronti confinanti o situati in maniera tale che le condizioni dell'uno possono influire sulle condizioni dell'altro, recupero su aree in comune, ecc.);

- b) vie di accesso comuni;
- c) infrastrutture comuni (discariche, derrick, edifici per usi comuni, ecc.);
- d) servizi in comune (impianti di rifornimento idrico, stazioni di compressione dell'aria, sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, ecc.).

La presenza della sola condizione di cui al punto a) è senz'altro sufficiente a definire il polo estrattivo.

In assenza della suddetta condizione, il polo è definito dalla presenza simultanea delle condizioni b) - c) oppure b) – d) oppure c) – d).

La presenza della sola condizione b) o c) o d) non dà luogo a polo estrattivo. Infatti, non si trova giustificazione ad un polo costituito da due cave che hanno la strada in comune ma una è posta all'inizio del tracciato e l'altra alla fine: quale interferenza possono avere? Così come è ingiustificato il polo costituito da due cave che utilizzino lo stesso edificio come ufficio o mensa o deposito attrezzatura o stazione di compressione dell'aria: qual è la ragione per fare un progetto di coltivazione comune?

Viceversa, con almeno due delle condizioni indicate, si ritiene che un minimo di interferenza si abbia, della quale si debba tenere conto nelle operazioni di coltivazione.

Con le premesse di cui sopra si possono attualmente individuare i poli estrattivi descritti nel seguito, riportati sulla tavola 1 e sulle tavole E1-E8 dell'allegato E.

#### **12.1.1 Beura Cardezza**

Il polo estrattivo è tale per la sussistenza delle condizioni a) e b) e attualmente è costituito dalle 2 cave di beola poste sopra la stazione di Beura Cardezza, nel Comune omonimo, individuate sulla tavola E1 e denominate:

- 1) Cava Decimo;
- 2) Cava Volpe.

### **12.1.2 Croppo di Trontano 1**

Il polo estrattivo è tale per la sussistenza delle condizioni a) e b) e attualmente è costituito dalle 2 cave di beola attigue poste in località Scarepi, in Comune di Trontano, individuate sulla tavola E2 e denominate:

- 1) Cava Scarepi;
- 2) Cava Servez Alto.

### **12.1.3 Croppo di Trontano 2**

Il polo estrattivo è tale per la sussistenza delle condizioni a) e b) e attualmente è costituito dalle 2 cave di beola poste in cascata tra le località Servez e Croppo, in Comune di Trontano, individuate sulla tavola E3 e denominate:

- 1) Cava Servez Basso;
- 2) Cava Piodale.

### **12.1.4 Domodossola**

Il polo estrattivo è tale per la sussistenza della condizione a) e attualmente è costituito dalle 2 cave di beola contigue poste in località S. Defendente, in Comune di Domodossola, individuate sulla tavola E4 e denominate:

- 1) Cava Trontana;
- 2) Cava Ronco della Vigna.

### **12.1.5 Pontemaglio**

Il polo estrattivo è tale per la sussistenza della condizione a) e attualmente è costituito dalle 2 cave di serizzo poste una sopra l'altra in località Pontemaglio, nei Comuni di Crevaladossola e Montecrestese, individuate sulla tavola E5 e denominate:

- 1) Cava Agua;
- 2) Cava Vega Sopra.

#### **12.1.6 Rencio**

Il polo estrattivo è tale per la sussistenza della condizione a) e attualmente è costituito dalle 2 cave di serizzo poste una sopra l'altra in località Rencio, in Comune di Crevoladossola, individuate sulla tavola E6 e denominate:

- 1) Cava Rencio Basso;
- 2) Cava Rencio Alto.

#### **12.1.7 San Rocco**

Il polo estrattivo è tale per la sussistenza delle condizioni a) e attualmente è costituito dalle 2 cave di serizzo contigue poste in località S. Rocco, in Comune di Premia, individuate sulla tavola E7 e denominate:

- 1) Cava San Rocco;
- 2) Cava Pietra Veduta.

#### **12.1.8 Rivasco**

Il polo estrattivo è tale per la sussistenza della condizione a) e attualmente è costituito dalle 2 cave di serizzo contigue poste in località Rivasco, in Comune di Premia, individuate sulla tavola E8 e denominate:

- 1) Cava Rivasco Sud;
- 2) Cava Rivasco Nord.

### **12.2 La coltivazione nei poli estrattivi**

La coltivazione delle cave nei poli estrattivi è consentita solamente a fronte della presenza di un *“progetto attuativo del polo estrattivo”* approvato attraverso la valutazione di impatto ambientale.

Nel caso di più cave inserite nello stesso polo estrattivo ogni cava, una volta approvato il progetto attuativo, può realizzare il programma di coltivazione autorizzato senza ulteriore valutazione di compatibilità ambientale per tutta la durata di validità del progetto, fatte salve le altre leggi di settore. Qualsiasi variante al progetto di coltivazione, anche di una singola cava, costituisce variante



al progetto attuativo e deve essere sottoposta alla fase di verifica di cui all'art.10 della L.R.40/98.

### **12.3 I progetti attuativi dei poli estrattivi**

I progetti attuativi sono redatti dai proprietari o dai coltivatori delle cave inserite nel polo estrattivo e devono essere depositati in Provincia entro 24 mesi dalla adozione del PAEP.

Nel caso in cui il termine sopra detto non sia rispettato, il Comune (o i Comuni) competente per territorio, purchè non proprietario del terreno interessato dalla cava, può provvedere alla redazione del progetto, addebitandone le spese ai coltivatori, e lo deposita entro 12 mesi in Provincia.

Trascorso inutilmente anche questo termine, la coltivazione delle cave del polo può continuare, senza apportare alcuna variante, fino alla scadenza naturale delle autorizzazioni. In seguito, senza il progetto attuativo approvato, la coltivazione non può essere svolta.

I progetti attuativi possono essere redatti e presentati da tutti i proprietari o coltivatori del polo ovvero solamente da una parte.

Nel caso in cui non tutti i soggetti interessati partecipino alla redazione del progetto, coloro che non aderiscono, se autorizzati, possono continuare la coltivazione, senza nessuna variante, e procedere successivamente al recupero ambientale così come è stato autorizzato. Coloro che presentano il piano, per contro, lo armonizzano con il progetto di coltivazione e con il recupero ambientale già autorizzati.

Qualora il progetto attuativo del polo estrattivo sia stato autorizzato e un nuovo soggetto, o quello che a suo tempo non ha partecipato alla stesura del progetto, si proponga per coltivare una cava nel polo, deve uniformare il proprio progetto di coltivazione e di recupero al progetto attuativo già approvato. In ogni caso tale operazione si configura come variante del progetto attuativo del polo estrattivo e pertanto deve essere sottoposta alla fase di verifica di cui all'art.10 della L.R.40/98.

L'onere di presentare la variante del progetto attuativo spetta sempre al soggetto che la provoca.

Ogni progetto attuativo deve contenere tutti gli elementi di carattere ambientale coerenti con quanto stabilito dalla L.R.40/98 affinché possa essere sottoposto a valutazione di impatto ambientale.

Deve inoltre illustrare in maniera convincente:

- come vengono estratti i volumi previsti;
- come vengono gestiti i rifiuti ai sensi del D.Lgs.117/08;
- come vengono effettuati i recuperi ambientali;
- come avviene la regimazione delle acque;
- quali infrastrutture si devono costruire;
- il traffico derivante dalla attività estrattiva;
- gli impatti acustici;
- ogni altro elemento utile per l'espressione del giudizio di compatibilità ambientale.

In armonia con la L.R.69/78 e con la validità del PAEP, i progetti attuativi possono essere autorizzati per una durata massima di 10 (dieci) anni. Alla scadenza, in ogni caso, devono essere sottoposti nuovamente a VIA.

### **13. ALTRE AZIONI DEL PAEP**

A quanto sin qui disciplinato, in coerenza con le scelte che hanno determinato la struttura del presente piano (cfr. paragrafo 2) e di quanto previsto dall'art.2.2.3 del PTP *“LE ATTIVITA' ESTRATTIVE E IL PIANO PER LE ATTIVITA' ESTRATTIVE PROVINCIALI (PAEP)”*, si aggiunge nei paragrafi seguenti la trattazione dei sotto elencati argomenti:

- propensione al dissesto delle aree di escavazione (PTP);
- valutazione delle potenze dei materiali di copertura (PAEP e PTP);
- costituzione di fasce di rispetto tra cave e zone residenziali (PAEP e PTP);
- istituzione di standard per le infrastrutture (PAEP e PTP);
- creazione di un osservatorio sulle produzioni e sugli sfridi di cava (PAEP);
- individuazione di modalità per il recupero delle discariche (PAEP e PTP);
- riuso alternativo dei siti (PAEP) attraverso l'individuazione:
  - dei siti da recuperare (PAEP);
  - dei siti idonei allo stoccaggio definitivo degli sfridi di lavorazione dei laboratori (PAEP e PTP);
  - dei siti riutilizzabili ai fini estrattivi (PAEP);
  - dei siti riutilizzabili per altri scopi (PAEP).

#### **13.1 La valutazione della propensione al dissesto**

Al fine di ottimizzare l'attività estrattiva sia dal punto di vista ambientale che da quello della coltivazione più razionale – e anche sotto l'aspetto economico, facendo conoscere all'imprenditore le condizioni generali di bontà dell'ammasso roccioso che si prefigge di coltivare e quindi di meglio valutare il rischio di impresa – si richiede la valutazione, a scala di bacino estrattivo, delle condizioni di stabilità e fratturazione della roccia. Per ottenere ciò la Provincia mette a disposizione il modello che è stato messo a punto per il polo Passo (così come è stato definito dal DPAE), riportato nell'appendice I, e i cui risultati si possono applicare ad aree omogenee con quella studiata.

Con il metodo utilizzato è possibile individuare in aree relativamente ampie, e non sul singolo affioramento, le zone potenzialmente instabili partendo unicamente da osservazioni di tipo morfostrutturale effettuate alla scala di versante. Questo approccio metodologico trova una importante applicazione in zone non facilmente accessibili nelle quali risulterebbe difficoltoso, e costoso, effettuare rilievi geomeccanici in numero statisticamente significativo.

Il metodo proposto, in buona sostanza, si configura quale strumento di supporto nelle fasi preliminari di pianificazione della attività estrattiva per la scelta dei settori di versante sui quali ampliare o impostare l'attività di escavazione.

### **13.2 La valutazione delle potenze delle coperture**

Si è riscontrato che la mancanza di indicazioni sulla potenza dei materiali di copertura dei giacimenti è causa di inconvenienti piuttosto seri sia dal punto di vista ambientale (necessità, una volta aperto lo scavo, di proseguirlo fino ad ottenere condizioni di stabilità accettabili ma creando squarci assai impattanti sul versante), sia dal punto di vista della coltivazione vera e propria (poco razionale, più pericolosa e sicuramente deludente per la quantità di roccia disponibile molto inferiore alle aspettative), sia dal punto di vista economico (cattivo investimento per le motivazioni di cui sopra). E' dunque necessario che a livello progettuale siano disponibili informazioni tali da prevenire situazioni indesiderate e di progettare, eventualmente, le giuste opere di contenimento e mitigazione. Allo scopo la Provincia si è sforzata di redigere una carta delle coperture (tavola 9) che, pur non avendo la pretesa di dare informazioni di dettaglio che solo le indagini *in situ* possono fornire, dà indicazioni in base alle quali prevedere le azioni da intraprendere.

Si ritiene che laddove la carta delle coperture indichi spessori superiori ai 4 m sia opportuno, già in fase progettuale, procedere a indagini di dettaglio (geosismiche od elettriche) al fine di conoscere con ragionevole precisione la profondità del substrato roccioso. Tali indagini, inoltre, saranno utili per raffinare il

modello e aggiornare la carta rendendola sempre più precisa.

### **13.3 La fascia di rispetto cava-abitazioni**

Gli standard di qualità della vita odierna non permettono più che convivano in stretta vicinanza cave e zone residenziali. Sono, infatti, sempre più frequenti i casi in cui la Provincia è chiamata a valutare gli effetti della attività estrattiva nei confronti delle aree abitative circostanti.

Si definiscono pertanto le distanze minime da tenere tra cava e centri abitati, i cui valori sono stati fissati tenendo in conto due fattori principali: il rumore e le vibrazioni. In ordine al rumore si osserva che il maggior abbattimento avviene nell'immediato intorno della sorgente, come bene si rileva sul grafico di figura C41, dove nei primi 50 m si ha un abbattimento del 40%. Ciò assumendo che il livello di rumore, misurato in dB(A), in funzione della distanza dalla fonte sia regolato dalla legge, valida per strutture puntuali:

$$L_{Aeq} = L_{Aeq,rif} - 10 \log (r/r_{rif})^2.$$

Dove:

$L_{Aeq}$  = livello sonoro da calcolare alla distanza  $r$ ;

$r$  = distanza della fonte di rumore dal recettore;

$L_{Aeq,rif}$  = livello sonoro misurato di riferimento;

$r_{rif}$  = distanza della misura di riferimento

e che il valore di riferimento sia, alla distanza di 1 m, di 85 dB, valore usualmente considerato per l'attività di escavazione.

Per quanto riguarda le vibrazioni, invece, si osserva che la loro intensità dipende direttamente dalla quantità di esplosivo utilizzato e dalla composizione del terreno. E' quindi relativamente più facile intervenire con azioni correttive sull'esplosivo che non nel caso del rumore: si può limitare e, in ultimo grado, impedire l'uso dell'esplosivo, potendo ottenere gli stessi effetti con altri metodi e materiali (taglio a filo diamantato, uso di malte espansive) ma non inibire l'utilizzo di pale, escavatori, generatori elettrici, ecc., tutte sorgenti di rumore. Ha pertanto un peso minore nella determinazione della distanza minima.

Naturalmente, nell'ambito della valutazione delle condizioni di sicurezza e della salvaguardia della salute o del rispetto della norma, possono essere prescritte, caso per caso, distanze maggiori.

Le distanze sono misurate partendo dal perimetro dell'area di cava, così come definito dall'art.16 delle NTA.

### **13.3.1 Distanza da case isolate**

Nel caso di edifici di abitazione isolati, al di fuori di un centro abitato, la distanza minima da mantenere tra area di cava e case è quella prevista dall'art.104 del D.P.R.128/59 (20 m).

### **13.3.2 Distanza dai centri abitati**

Nel caso di vicinanza di centro abitato (così come definito nell'art.3 delle NTA), le distanze minime da mantenere tra area di cava e l'edificio più vicino sono le seguenti:

- a) 50 m se la coltivazione, al monte o delle porzioni abbattute, avviene con:
  - a1) perforazione ad aria compressa o idraulica;
  - a2) taglio con esplosivo o con tecnica mista esplosivo-filo diamantato.
- b) 35 m se:
  - b1) la coltivazione al monte avviene effettuando almeno la metà dei tagli principali con filo diamantato ed utilizzando l'esplosivo per gli altri tagli;
  - b2) il taglio delle porzioni abbattute avviene con malta espansiva o sistema di analoga efficacia;
  - b3) la perforazione è ad aria compressa o idraulica.
- c) 20 m, pari a quella di legge, se:
  - c1) la coltivazione al monte avviene esclusivamente con filo diamantato, senza l'utilizzo di esplosivo se non in casi eccezionali ed esclusivamente per consentire operazioni di bonifica dei fronti da valutarsi caso per caso;
  - c2) il taglio delle porzioni abbattute avviene con filo diamantato o malta e-

- spansiva o sistema di analoga efficacia;
- c3) la perforazione, ad aria compressa o idraulica, è limitata alla predisposizione dei fori nei quali introdurre il filo diamantato e la malta espansiva.

### **13.4 Le infrastrutture a servizio delle cave**

Nelle cave la infrastruttura ricorrente è costituita dal muro, che è adibito al sostegno di strade, piazzali e discariche e che può avere carattere temporaneo o definitivo. Altre infrastrutture, molto meno frequenti, sono i muri paramasssi o altri manufatti particolari.

#### **13.4.1 *Muri di sostegno***

Sono costruiti utilizzando preferibilmente blocchi di scarto di cava. E' consentito predisporre la fondazione in calcestruzzo, armato o meno, a seconda della necessità.

Con tale tipologia, per altezze superiori agli 8 (otto) m e fino ad un massimo di 14 (quattordici), deve essere interposto almeno un ripiano di pedata minima di 3 (tre) m tra una alzata e la successiva (cfr. figura C42).

In casi di effettiva necessità è consentito costruire muri di sostegno in C.A., il cui paramento esterno deve essere opportunamente rivestito in pietra; preferibilmente in blocchi squadrate, in alternativa a pezzatura minore.

#### **13.4.2 *Muri paramasssi***

Devono essere costruiti utilizzando principalmente materiali di cava, compatibilmente con lo scopo cui sono destinati. Nel caso in cui dovesse essere necessario impiegare materiali diversi, le parti a vista devono essere rivestite con materiali di mascheramento atti ad inserire armoniosamente la struttura nell'ambiente circostante.

#### **13.4.3 *Edifici***

Nella quasi totalità dei casi gli edifici che si trovano in cava hanno carattere provvisorio in quanto - essendo adibiti a ricovero attrezzi, alloggiamento

compressori, mense, ecc. - cessano la loro funzione alla fine della coltivazione. In tali casi possono essere utilizzati manufatti prefabbricati in lamiera o in pannelli di cemento o di altri materiali.

Quando dovesse essere necessario costruire opere definitive, queste devono essere architettonicamente compatibili con il sito in cui è inserita la cava.

### **13.5 L'osservatorio della attività estrattiva**

La costituzione di un organismo che riesca a seguire lo sviluppo della attività estrattiva - intesa come complesso di prodotti da utilizzarsi per vari usi e degli inevitabili scarti, ancorché riutilizzabili – appare doverosa almeno per due motivi: il primo di ordine statistico, il secondo di ordine pratico.

Nella elaborazione dei dati regionali si è chiaramente riscontrato che alcune informazioni sono state date in maniera superficiale e a volte discontinua, generando anomalie (è il caso del granito) che non si sa se ascrivere ad effettive circostanze contingenti o a dati poco attendibili. L'osservatorio ha quindi il compito di raccogliere i dati essenziali sulle produzioni, sui materiali di consumo, sugli sfridi, sulla manodopera, sugli infortuni, ecc., in modo da costituire una banca dati sempre disponibile, sia per la Provincia, sia per gli addetti ai lavori, per valutare il *“polso della situazione”* del comparto estrattivo. Allo scopo, si dovrà giungere ad avere, attraverso elaborazioni della banca-dati regionale, i dati salienti riportati nello schema dell'appendice II, sulla scorta dei quali gli uffici provinciali procederanno alla loro validazione (evidenziandone le anomalie e correggendole) e alla redazione del report annuale.

Il secondo obiettivo, di ordine pratico, è quello di conoscere *“in tempo reale”* le quantità di materiale disponibile in Provincia. Se la cosa ha poca influenza sui prodotti commerciali di pregio (blocchi da telaio e da fresa) che hanno canali di vendita continui, può costituire un notevole vantaggio quando, invece, si presenti la necessità (già occorsa due volte, in occasione della tratta di Alta Capacità TO-MI e dell'adeguamento della autostrada A4 TO-MI) di fornire mate-



riali di basso pregio (blocchi da scogliera e materiale per rilevati), in ottemperanza per esempio alla L.R.30/99, ma non solo. Conoscere le quantità annue disponibili di questi materiali potrebbe consentire una migliore loro distribuzione e mitigare quella discontinuità o sporadicità di impiego che oggi li contraddistingue.

### **13.6 Il recupero delle discariche**

Nella gran parte dei casi, la discarica di una cava di pietra ornamentale – che alla luce del D.Lgs.117/08 sono definite “*strutture di deposito*” - rappresenta l'elemento più impattante dal punto di vista ambientale e anche il più difficile da recuperare. La difficoltà sta innanzitutto nella morfologia del luogo, che spesso è costituito da una scarpata su un versante con un dislivello notevole tra ciglio e piede, situazione che si riscontra nelle discariche autorizzate molto tempo fa. Ma anche in quelle autorizzate più di recente – seppure progettate per essere costituite con modalità diverse da quelle vecchie, spesso sorte scaricando dal ciglio del piazzale di cava sul versante sottostante - i dislivelli sono comunque alti e la possibilità di raggiungere tutti i punti da recuperare non sempre garantita.

D'altra parte bisogna anche tener conto che le discariche sono inserite in ambienti dove i detriti di falda sono già presenti naturalmente e sono perciò un elemento saliente del paesaggio.

Tenendo presenti le considerazioni esposte, fatta eccezione per qualche caso da considerare a parte, il recupero più consono di una discarica consiste nella sua rinaturalizzazione attraverso la stesa di materiale sciolto su almeno il 70% della superficie e la successiva semina di miscugli di erbe ed arbusti ricorrendo, se del caso, a tecniche di idrosemina. Nei punti più accessibili si possono prevedere tasche di terra nelle quali porre a dimora essenze arboree.

E' comunque di fondamentale importanza che le discariche siano pensate già in fase progettuale in modo tale da poter essere agevolmente costituite e facilmente recuperate, immaginando, per quanto possibile, la loro saturazione

per settori con conseguente immediato recupero ambientale.

### **13.7 Il riuso alternativo dei siti**

Premesso che non si pongono limiti alle proposte che i coltivatori possono presentare - ognuna verrà valutata - nel seguito si indicano alcune tipologie di riuso, di cui talune ancora connesse direttamente con la coltivazione della pietra ornamentale ed altre con la filiera lapidea.

#### **13.7.1 *Siti da recuperare***

Il territorio provinciale è disseminato di cave che hanno chiuso la loro vita attiva da molti anni. Nella maggior parte dei casi la natura (nei casi più antichi) o la esecuzione del progetto di recupero ambientale (in quelli più recenti) hanno trasformato i luoghi in ambienti che molto si avvicinano a quelli originari, tanto che solo un occhio esperto può distinguervi la passata attività estrattiva.

In quei casi in cui l'attività è stata dismessa prima dell'entrata in vigore della normativa attuale o sono stati lasciati scadere gli strumenti economici messi a disposizione dalla L.R.69/78 per intervenire in vece del coltivatore (fidejussione a beneficio del Comune interessato), il loro recupero è stato ed è affidato al lento e disordinato procedere dei fenomeni naturali, con il risultato che si sono formati dei siti che si possono definire a tutti gli effetti degradati.

Da un punto di vista generale tutti questi siti sono ovviamente meritevoli di essere recuperati, ma alcuni - in quanto ubicati in zone ormai inserite in contesti urbani o di pregio e, ad oggi, senza prospettive di utilizzo per altri scopi ovvero in condizioni di sicurezza precaria - lo sono in modo particolare. Il PAEP individua questi siti in:

- a) ex cava di beola grigia denominata Calvario in Comune di Domodossola, a ridosso del tessuto urbano e a confine con il Parco del Calvario ed inattiva dall'inizio degli anni 80 del secolo scorso;
- b) ex cava di granito verde denominata Squarcitti in Comune di Mergozzo, ubicata sul Montorfano, in ZPS ed inattiva dal 1995;

- c) ex coltivazione di masso trovante in località Passo del Comune di Premia, in fregio alla strada che porta alla frazione Salecchio, abbandonata all'inizio degli anni 80;
- d) ex cava di serizzo denominata Antrecchio in Comune di Baceno, in prossimità della strada che conduce all'Alpe Devero (parco regionale) ed inattiva dal 1985;
- e) ex cava di serizzo in località Alpiano in Comune di Crodo, visibile soprattutto per il derrick ancora installato, ed inattiva dal 1984.

Poiché, come già accennato, non ci sono più le possibilità di intervenire direttamente per la mancanza di riferimenti normativi (validi fintanto che esiste un operatore autorizzato alla coltivazione) e di risorse economiche (date dalla fidejussione del suddetto operatore), si invitano i Comuni interessati affinché tengano conto di queste necessità nei loro strumenti urbanistici e favoriscano il loro recupero attraverso la rimozione delle strutture ancora in loco e i ripristini ambientali, utilizzando sia materie prime sia quei rifiuti inerti ammessi dalle leggi per questi scopi.

### ***13.7.2 Siti per lo stoccaggio degli sfridi dei laboratori***

In un'ottica di razionalizzazione del settore lapideo - inteso in senso ampio come produzione della materia prima e sua lavorazione - il PAEP si sforza di individuare alcune cave dismesse che possano essere utilmente riusate per lo stoccaggio definitivo degli sfridi dei laboratori, in particolare per quanto riguarda i fanghi di segagione. Tali fanghi provengono in massima parte dalla riduzione dei blocchi in lastre, ottenuta attraverso il “*telaio*”, macchinario che evolvendosi sempre più tecnologicamente è in grado di segare anche più blocchi affiancati in tempi relativamente brevi: i telai di ultima generazione, della larghezza utile di 4 m (2 o più blocchi affiancati), ultimano il taglio, per altezze di 1,5-1,8 m, nel giro di 48-56 ore. In questa operazione per ogni blocco segato circa il 25-30% del volume viene trasformato in polvere finissima che, miscelata all'acqua, alla calce e alla graniglia metallica, costituisce appunto il fango (per

esempio, per un blocco di 10 mc, 2,5-3 mc vanno quindi persi). A questi si aggiungono i fanghi prodotti dalle frese, dalle lucidatrici e dalle altre macchine utensili, che però rappresentano una percentuale molto inferiore del totale. Il tutto produce una quantità complessiva di fango di circa 30.000 mc/anno che oggi viene smaltita in gran parte attraverso ditte specializzate che la depositano in discariche autorizzate ed in piccolissima parte in riutilizzi consentiti dalle leggi (recuperi ambientali).

Alcune cave dismesse si presterebbero molto bene ad accogliere, almeno in parte, detto volume di fanghi, a condizione che siano autorizzate in base alle leggi specifiche di settore (D.Lgs.36/03).

Altre cave, al momento in attività ma giunte quasi all'esaurimento del giacimento, potrebbero, alla chiusura, offrire la possibilità di trasformarsi in discariche per i fanghi.

In prima battuta, e fatta salva la condizione di effettuare indagini di dettaglio al momento della proposta per ottenere l'autorizzazione, tra i siti dismessi si possono individuare come idonei alla necessità in questione, anche per la grande facilità di accesso, le cave di Beura Cardezza poste alla base del versante e una cava in Comune di Crodo, come indicato nelle figure C43 e C44. In questi siti si potrebbe stoccare un volume complessivo di circa 300.000 mc, ripartito in circa 200.000 mc a Beura e circa 100.000 mc a Crodo. Altri siti sono difficilmente identificabili, sia per la conformazione morfologica non adatta, sia per l'ubicazione fuori mano, sia per la difficoltà di accesso.

In ogni caso è auspicabile che, laddove ci siano i requisiti, al termine della coltivazione il recupero ambientale sia effettuato mediante la costituzione di una discarica per fanghi, proposta e studiata già in fase di progetto di coltivazione della cava.

### **13.7.3 Siti riutilizzabili a fini estrattivi**

Tutto il territorio provinciale è costellato di siti che in epoche più o meno recenti sono stati oggetto di coltivazione, come si può facilmente osservare sul-

la tavola 1. Dire le motivazioni per le quali queste cave sono state abbandonate è molto difficile, fatta eccezione per quei casi dove palesemente il giacimento si è esaurito o la qualità è peggiorata a tal punto da renderne l'escavazione antieconomica. A volte è scemato l'interesse del mercato per il materiale cavato; a volte si sono presentati ostacoli tecnici insuperabili per l'epoca in cui venivano coltivate; a volte è venuta meno la disponibilità dei terreni su cui proseguire l'escavazione; a volte sono stati problemi societari o contenziosi annosi a bloccare i lavori; e tante altre eventualità. E' del tutto evidente, quindi, che quando questi problemi fossero superati, potrebbe ridestarsi l'interesse a riaprire quelle cave.

A causa dell'evoluzione della normativa e della aumentata sensibilità ambientale è più facile ipotizzare quali delle vecchie coltivazioni oggi hanno poche chance di poter essere riattivate. Tra queste si possono annoverare sicuramente quelle ricadenti in SIC e ZPS e quelle che si trovano comunque in zone di pregio ambientale, soprattutto se i luoghi si sono già completamente recuperati. Poche possibilità restano anche a quelle che sono ormai a ridosso del tessuto urbano. Condizioni migliori si riscontrano in quelle aree dove tuttora si hanno concentrazioni di cave aperte e le vecchie sono ancora riconoscibili.

In definitiva, non si ritiene di poter identificare puntualmente quelle cave che possono essere riattivate, pur auspicando che ciò avvenga nell'ottica di praticare una coltivazione intensiva piuttosto che estensiva, ma indicare, invece, le zone o i bacini nei quali sussiste la ragionevole concreta possibilità di riapertura. In questo senso, si possono indicare:

- a) per il granito rosa, le aree del Monte Camoscio verso il rio Cavallaccio in Comune di Baveno (cava Braghini) e a circa metà del tracciato stradale (cava Poma);
- b) per la beola, il bacino di Beura Cardezza nel Comune omonimo;
- c) per il serizzo, il bacino di Crodo sul versante orografico destro della valle, nel Comune omonimo;
- d) ancora per il serizzo, l'area a confine tra i Comuni di Crevoladossola e Varzo

- sul versante orografico destro della valle Divedro;
- e) sempre per il serizzo, il bacino in Comune di Trasquera (cava Agro Dentro e Saa della Cloria);
  - f) per il marmo, la cava denominata Baulina in Comune di Crevoladossola.

#### **13.7.4 Siti riutilizzabili per altri scopi**

In via puramente teorica, alla fine della coltivazione molteplici possono essere gli utilizzi del sito, basta scatenare la fantasia. In concreto, al di là della rinaturalizzazione, che molto bene si adatta alla maggior parte delle cave, trovandosi queste normalmente in siti poco fruibili dal pubblico, sono molto pochi gli usi alternativi possibili: a causa della scomoda ubicazione, della morfologia accidentata, dell'estetica dei luoghi, delle condizioni di sicurezza e altro ancora.

Un buon esempio di riutilizzo alternativo di una cava è dato dal Comune di Mergozzo che in una cava dismessa di granito bianco ha intenzione di allestire un museo a cielo aperto sulla escavazione lapidea.

Si ritiene che l'iniziativa sia da imitare apprestando almeno un museo di archeologia industriale sulla coltivazione per ogni litotipo estratto nella Provincia. Poiché un tale luogo deve essere facilmente fruibile dal grande pubblico, si propongono i seguenti siti:

- a) per il granito, oltre al sito individuato dal Comune di Mergozzo, la cava di granito bianco sita nello stesso Comune in prossimità della stazione di Verbania Fondotoce e una delle cave di granito rosa ubicate in Comune di Baveno;
- b) per la beola, una cava del bacino di Beura o Trontano;
- c) per il serizzo, una cava pedemontana a Crodo o a Premia o a Formazza;
- d) per il marmo, la cava in Comune di Crevoladossola; da ricordare che per il marmo rosa Valtoce (che è lo stesso filone del marmo di Condoggia utilizzato per il Duomo di Milano) è già stata resa visitabile la vecchia coltivazione in galleria in Comune di Ornavasso ed utilizzata per avvenimenti pubblici.

Le suddette cave peraltro costituirebbero anche un bell'esempio dal pun-

to di vista giacimentologico-geologico. Sotto questo aspetto si deve aggiungere senz'altro la cava di inerti in Comune di Cambiasca e Verbania, nella quale è ben visibile la successione degli strati geologici e che costituisce un *unicum* nella Provincia.

Oltre a quanto detto sono inoltre da valutare con favore le proposte che di volta in volta verranno presentate alla Provincia dai singoli cavatori che prevedano riusi di carattere museale, purchè ne sia evidente la rilevanza, o utilizzi del sito a scopi pubblici di servizio o ricreativi.

### **13.8 Lo sviluppo della filiera**

I materiali estratti nella Provincia in parte vengono lavorati *in loco* e in parte sono trasportati fuori Regione per essere trasformati in semilavorati e in prodotti finiti. Questo diverso destino è legato intimamente al tipo di pietra. Si riscontra, infatti, che il granito, rosa o bianco, viene lavorato per la quasi totalità in laboratori ubicati sul territorio provinciale (Verbania, Mergozzo, Baveno), così come avviene pure per il marmo (Crevoladossola, Domodossola). Anche per la beola la percentuale di materia prima lavorata nelle zone di produzione è molto alta, mentre ciò non avviene per il serizzo. Anche se non ci sono statistiche precise sul fenomeno, si può ragionevolmente ipotizzare che circa il 50% del serizzo prodotto dalle cave emigri solitamente verso le grandi segherie del veronese, dove una consolidata rete commerciale è in grado di vendere i prodotti finiti sul mercato dell'Europa del nord, principalmente in Germania.

Ne consegue che per i primi materiali considerati - graniti, marmi, beole - la filiera che si è costituita sul territorio è completa, andando dalla estrazione al prodotto finito.

Per il serizzo, invece, anche per la lavorazione effettuata in Provincia, occorre distinguere tra produzioni di semilavorati e prodotti finiti.

La filiera che arriva ai semilavorati è caratterizzata da segherie di notevoli dimensioni in grado di fare pochi prodotti ma in quantità notevoli. Si ritrovano quindi stabilimenti con molti telai in grado di produrre un cospicuo numero di la-

stre in spessori diversi che possono successivamente essere sottoposte ad ulteriori lavorazioni, in numero limitato, quali levigatura o lucidatura. Con le opportune macchine (robot caricatori e lucidatrici a nastro) questi laboratori sono in grado di sfornare molti metri quadrati di lastre lucidate al giorno; esso viene immesso nel circuito commerciale dove altre imprese del settore, sia della Provincia che esterne (anche extra Regione), le trasformano in prodotti finiti. Alcune aziende aggiungono poche altre lavorazioni di taglio ottenendo piastrelle di dimensioni standard per pavimentazione, ottenendo una monoproduzione industriale di buona qualità e in grande quantità. Questa rifornisce le imprese edili e i rivenditori specializzati (anche in questo caso sia locali, regionali o nazionali) senza bisogno di ulteriori lavorazioni se non la posa in opera.

La filiera che arriva ai prodotti finiti è più diversificata. Essa è caratterizzata solitamente da imprese che non dispongono di telai in gran numero (2-4 macchine) ma dotate di molte altre macchine utensili in grado di produrre lastre con qualsiasi finitura (lucidatura, fiammatura, bocciardatura), piastrelle per pavimenti di diverse forme e dimensioni e spessore (attraverso il tagliablocchi, in grado di utilizzare blocchi informi piuttosto che i più pregiati blocchi da telaio, connesso con la lucidatrice delle *"filagne"*), soglie, davanzali, gradini, rivestimenti, zoccoli e qualsiasi altro pezzo. Alcuni laboratori sono in grado di giungere fino alla produzione di pezzi unici o di piccola serie eseguiti su disegno, a macchina e a mano.

Le forme di filiera sopradescritte (cfr. schemi illustrativi di figure C45 e C46) si sono consolidate e hanno trovato un equilibrio economico che permette loro di adattarsi ai mutamenti del mercato e continuare a lavorare in maniera più o meno continua e regolare (anche se è difficile mantenere le grosse produzioni industriali in momenti di recessione; in tali frangenti sono forse più avvantaggiate le piccole imprese, più eclettiche). Un loro ulteriore sviluppo potrebbe essere conseguente solo a qualche mutazione delle circostanze attuali: una maggior richiesta di quantità di prodotti; o la scoperta di nuovi mercati; o la richiesta di nuovi prodotti (peraltro difficile nel mondo lapideo); o la richiesta di prodotti fatti



di nuovi materiali.

Discorso diverso si può fare per quella parte di materia prima che lascia la nostra Provincia: si potrebbe pensare che sia facile mantenerla in zona e lavorarla. Ma così non è in quanto per la lavorazione occorrono innanzitutto investimenti molto notevoli. Nel caso di segheria: un certo numero di telai (per incominciare ce ne vogliono almeno 2, per essere certi di poter produrre anche se uno si guasta; ma si pensi che un telaio costa circa mezzo milione di €) e relativi robot caricatori; se si vuole dare una qualche finitura superficiale alle lastre ci vogliono altre macchine operatrici (lucidatrice a nastro e/o fiammatrice e/o bocciardatrice). Negli altri casi: tagliablocchi (disco a grande diametro o multilama), frese, lucidatrici, bocciardatrici, fiammatrici, bisellatrici, lucidacoste, trapani, macchine a filo diamantato, banchi aspiranti, ecc.. In secondo luogo occorre creare la rete commerciale per vendere i prodotti, in sostituzione di quella che il compratore del blocco grezzo ha già! E questa è la parte più difficile.

Benchè, dunque, sia auspicabile che la filiera lapidea si sviluppi, soprattutto per il serizzo, nella Provincia, non è così semplice creare le condizioni affinché ciò avvenga. L'incentivo che il PAEP può dare non può essere che un aiuto indiretto, non potendo evidentemente fornire aiuti concreti sugli investimenti o dando agevolazioni finanziarie o fiscali, ecc.. Può però incidere dando regole certe di escavazione e salvaguardando i giacimenti, consentendo solo quelle coltivazioni che sono razionali e impedendo ogni spreco. Non è poca cosa, perché la ricchezza della filiera sta, come per tutte le filiere, nella prima fase, cioè nella produzione della materia prima. Che è qui, nei giacimenti che hanno una ubicazione obbligata, limitata e circoscritta e non rilocalizzabile.

#### **14. PERIODO DI VALIDITA' DEL PIANO**

In considerazione del fatto che il PAEP viene steso oggi per la prima volta, è ragionevole pensare che debba avere una durata non troppo corta, tale da impedire la sua completa applicazione con tutti gli inevitabili aggiustamenti del caso e la valutazione dei suoi effetti, né troppo lunga, tale da vedersi in qualche misura ingessato da vincoli che si possono anche rivelare non idonei per conseguire gli scopi prefissati. Si propone una durata del piano pari quindi a 10 anni.

## **15. APPENDICE I – Metodo di Romana**

E' stata predisposta, in via sperimentale, una metodologia che consente di effettuare, in corrispondenza di versanti interessati da attività estrattiva, una analisi di stabilità speditiva dei fronti rocciosi.

In particolare, il metodo proposto, testato in corrispondenza del Polo Estrattivo Passo (così come definito dal DPAE, area test), consente di individuare su aree relativamente ampie, e non sul singolo affioramento, le zone potenzialmente instabili ossia più facilmente soggette a scivolamento planare e ribaltamento, a partire unicamente da osservazioni di tipo morfostrutturale effettuate alla scala di versante.

Questo approccio metodologico trova una importante applicazione in zone non facilmente accessibili, per le quali risulterebbe difficoltoso, dal punto di vista logistico, effettuare rilievi geomeccanici in numero statisticamente significativo.

Per quanto sopra, il metodo proposto si configura quale strumento di supporto nelle fasi preliminari di pianificazione dell'attività estrattiva per la scelta dei settori di versante sui quali ampliare un sito esistente o sui quali impostare una nuova attività.

Le elaborazioni sono state effettuate in ambiente Esri<sup>TM</sup> Arcgis, utilizzando le estensioni Spatial Analyst e 3D Analyst, e hanno consentito di derivare per l'area test la distribuzione spaziale dell'indice BRMR di Bieniawski (1989) e dell'indice SMR di Romana (1985, 1997).

### **15.1 Distribuzione spaziale dell'indice BRMR**

Il primo passo è stato quello di individuare, in corrispondenza dell'area test, zone caratterizzate da una situazione geologica, geomeccanica e strutturale arealmente omogenea; integrando i risultati di analisi fotointerpretativi e di osservazioni in sito effettuate alla scala di versante, sono state individuate le seguenti 5 aree omogenee:

1. HA<sub>Q</sub>: area di cava caratterizzata da buone condizioni morfostrutturali e dell'ammasso roccioso;
2. HA<sub>1</sub>: aree caratterizzate da fratture chiuse e senza rilevanti evidenze geomorfologiche;
3. HA<sub>2</sub>: aree caratterizzate da un grado di fatturazione ma con spaziatura delle discontinuità ancora elevato;
4. HA<sub>3</sub>: aree caratterizzate dall'occorrenza di molti set di discontinuità sfavorevoli alla stabilità. Sono possibili venute d'acqua;
5. HA<sub>4</sub>: l'area è caratterizzata da tipici elementi deformativi e/o indicatori di movimenti di versante caratterizzati da differenti stili di deformazione e stato di attività. A tale area è stato applicato un buffer di correzione per le shear zone, le faglie e le zone ad elevata densità e persistenza delle discontinuità.

Successivamente è stata ricavata, sulla base di dati strutturali e geomeccanici esistenti (Progetto RISC – rilievi geologico-strutturali effettuati in corrispondenza di 68 cave), la qualità degli ammassi rocciosi osservabili in corrispondenza dei siti di cava del Polo Passo derivando:

- l'indice BRMR (Bieniawski, 1989), BRMR<sub>Q</sub>, che tiene conto dei seguenti parametri: resistenza a compressione monoassiale, RQD, spaziatura delle discontinuità, condizioni dei giunti, condizioni idrauliche dei giunti;
- l'indice GSI (Hoek et al., 2002), GSI<sub>Q</sub>.

E' stata quindi effettuata una integrazione, in ambiente GIS, dei dati geomeccanici, raccolti in cava (è stato considerato il valore medio risultante dall'elaborazione dei dati di rilievo strutturale, scegliendo il valore più basso in caso di significative dispersioni di dati), e dei dati geo-morfostrutturali acquisiti e mappati alla scala del versante, al fine di stimare l'indice BRMR in settori rappresentativi di ciascuna area omogenea (BRMR<sub>HA</sub>).

Gli indici BRMR derivati per le cave e le aree omogenee (BRMR<sub>HA</sub>) sono stati successivamente messi a confronto, derivando la seguente correlazione empirica:

$$BRMR_{HA} = BRMR_Q - fr$$

dove  $BRMR_Q$  è l'indice osservato in cava e  $f_r$  è un fattore di riduzione dipendente dal tipo di area omogenea (cfr. tab. 1).

Aree omogenee	Valore
$HA_1$	4
$HA_1$	13
$HA_1$	20
$HA_1$	25

**Tabella 1. Stima del fattore di riduzione  $f_r$ .**

Questa relazione empirica può essere utilizzata per una valutazione preliminare e preliminare della qualità degli ammassi rocciosi, a scala di versante, in aree estrattive del Serizzo Antigorio e Formazza, con caratteristiche geologico-geomorfologiche simili a quelle del Polo Passo. Il livello di attendibilità della relazione empirica è attualmente ancora in fase di testing.

## **15.2 Distribuzione spaziale dell'indice SMR**

Le zone potenzialmente instabili sono state individuate sulla base del metodo proposto da Romana (1985, 1997):

$$SMR = BRMR + (F1 \cdot F2 \cdot F3) + F4$$

dove:

$F1$  = fattore di correzione che tiene conto della differenza tra la direzione delle discontinuità ( $\alpha_j, \beta_j$ ) e quella del pendio ( $\alpha_s, \beta_s$ );

$F2$  = fattore di correzione che considera l'inclinazione delle discontinuità;

$F3$  = fattore di correzione che considera la differenza tra l'inclinazione delle discontinuità e quella del pendio;

$F4$  = correzione che tiene conto del metodo di scavo del pendio ( $F4 = 15$  nel caso di pendii naturali).

L'indice SMR varia da 0 a 100 e consente di individuare 5 classi a diverso grado di stabilità.

Nella successiva tabella 2 vengono esplicitati i valori dei fattori di correzione da introdurre nella formula della valutazione dell'indice SMR per scivolamento planare e ribaltamento.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
<b>Scivolamento</b>	$ \alpha_j - \alpha_s $	$\beta_j$	$\beta_j - \beta_s$	15 (pendii naturali)
<b>Ribaltamento</b>	$ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ $	$\beta_j$	$\beta_j + \beta_s$	15 (pendii naturali)

**Tabella 2. Valori dei fattori di correzione da introdurre nella formula della valutazione dell'indice SMR per scivolamento planare e ribaltamento.**

La distribuzione spaziale dell'indice SMR nell'area test è stata ottenuta sviluppando la seguente procedura:

realizzazione DEM sulla base della base topografica disponibile (griglie a maglia 2 m);

- realizzazione della carta delle pendenze e dell'esposizione per la successiva valutazione dei fattori F1 e F3;
- rasterizzazione della distribuzione spaziale dell'indice BRMR;
- realizzazione carta delle famiglie di discontinuità rilevate in corrispondenza dei siti di cava e nelle aree omogenee e successiva rasterizzazione;
- rasterizzazione del fattore F4;
- realizzazione delle carte dei fattori F1, F2 e F3 mediante l'utilizzo della funzione di overlay tra le carte delle famiglie di discontinuità, della pendenza e dell'esposizione del versante;
- realizzazione della carta dell'indice SMR mediante l'utilizzo della funzione di overlay tra le carte dell'indice BRMR, e dei fattori correttivi di Romana (F1,

F2, F3, F4).

La procedura sopra esposta ha consentito di determinare per ogni cella del DEM dell'area test il valore dell'indice SMR; l'elaborazione cartografica finale fornisce pertanto la distribuzione spaziale di tale indice, evidenziando, per cinematismi di scivolamento planare e ribaltamento, le zone di potenziale distacco.

### **15.3 Validazione**

Ai fini del processo di validazione, sono stati confrontati gli indici di classificazione geomeccanica (SMR) ottenuti dal modello con gli indici ricavati a seguito dell'acquisizione di nuovi dati di campagna; gli indici sono risultati del tutto confrontabili anche se quelli forniti dal modello sono maggiormente cautelativi. E' stato riscontrato che le discrepanze emerse sono dovute al fatto che il modello, da un lato, non considera locali cambiamenti geomorfologici e, dall'altro, risente dell'accuratezza della base topografica.

### **15.4 Limiti e sviluppi futuri**

La classificazione SMR è senz'altro conservativa (Romana et al., 2003) e fornisce risultati realistici; tuttavia la stessa è sensibile ai dati morfo-strutturali e geomeccanici di input e non è applicabile a versanti estesi.

## **16. APPENDICE II – Questionario per elaborazioni statistiche**

I dati fondamentali richiesti riguardano:

- la produzione totale, suddivisa per tipi (blocchi da scogliera, blocchi da telaio, blocchi per fresa e tagliablocchi, informi per altri usi), la loro destinazione di vendita, il fatturato (parte A);
- l'occupazione (parte B);
- i macchinari impiegati (parte C);
- il consumo di materiali e di fonti energetiche (esplosivi, filo diamantato, malta espansiva, acqua, gasolio, energia elettrica) (parte D);

e sono forniti alla Provincia attraverso elaborazioni della banca-dati regionale.



## **QUESTIONARIO A FINI STATISTICI**

**Rilevazione anno \_\_\_\_\_**

Ditta: .....  
.....

Sede: .....  
.....

C.F. ....

P.IVA .....

Cava di \_\_\_\_\_ (*beola, serizzo, granito, marmo, altro mate-  
riale*) denominata \_\_\_\_\_ (*denominazione cava*)  
ubicata in Comune di \_\_\_\_\_

Altre informazioni: .....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### **PARTE A - PRODUZIONE, VENDITA, FATTURATO**

N.	DENOMINAZIONE PRODOTTI	QUANTITA'		VENDITA			FATTURATO €
		mc	t	In Regione %	Fuori Regione %	All'estero %	
1	Blocchi da scogliera						
2	Blocchi da telaio						
3	Blocchi per fresa e/o tagliablocchi						
4	Blocchi informi per altri usi						
5	Rifiuti ai sensi del D. Lgs.117/08			-----	-----	-----	-----
6	Cavato lordo			-----	-----	-----	-----

### **PARTE B - OCCUPAZIONE**

N.	ADDETTI	NUMERO MEDIO ANNUO	NOTE
1	Operai		
2	Impiegati		
3	Titolari		

### **PARTE C - MACCHINARI**

<b>N.</b>	<b>MACCHINA</b>	<b>N. UNITA'</b>	<b>SPECIFICHE</b>	<b>NOTE</b>
1	Compressore Diesel		l/m	
2	Compressore elettrico		l/m Kw	
3	Pala meccanica		Tipo	
4	Escavatore		Tipo	
5	Perforatore		Tipo	
6	Perforatore silenziato		Tipo	
7	Slitta tagliablocchi		Tipo	
8	Macchina per filo diamantato		Kw	
9	Derrick		Portata max Braccio m	
10	Unità semovente di perforazione radiocomandata		Tipo	
11	Gruppo elettrogeno		Kw	
12	Cabina elettrica		Kw	
13	Camion		Tipo	
14	Mezzo speciale		Tipo	

## **PARTE D - CONSUMI**

<b>N.</b>	<b>MATERIALE - RISORSA</b>	<b>U.M.</b>	<b>QUANTITA'</b>	<b>NOTE</b>
1	Esplosivo di 1^ categoria	Kg		
2	Esplosivo di 2^ categoria	Kg		
3	Miccia detonante da ... g/m	m		
4	Detonatori a fuoco	n.		
5	Detonatori elettrici	n.		
6	Filo diamantato	m		
7	Malta espansiva	Kg		
8	Acqua	mc		
9	Gasolio	Kg		
10	Energia elettrica	Kwh		

*I dati sono raccolti nel completo rispetto dei principi del Codice in materia di protezione dei dati (D.Lgs. 196/2003) e saranno utilizzati esclusivamente nell'ambito dello svolgimento delle funzioni istituzionali demandate alla Provincia. Il trattamento delle informazioni per la suddetta finalità è realizzato mediante l'utilizzo di procedure informatiche e non, con modalità tali da garantirne la riservatezza e la sicurezza.*

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

- Argand E. (1911) – *Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leur prolongements structuraux*. Mat. Carte géol. Suisse, 31, 1-26.
- Bächlin R. (1937) – *Geologie und Petrographie des Monte Tamaro-Gebietes (südliches Tessin)*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 17, 1-79.
- Barboza S.A., Bergantz G.W. (2000) – *Metamorphism and anatexis in the Mafic Complex contact aureole, Ivrea Zone, northern Italy*. J. Petrol., 41, 1307-1327.
- Bearth P. (1939) – *Über den Zusammenhang von Monte Rosa- und Bernhard-Decke*. Eclogae geol. Helv., 32, 101-111.
- Bearth P. (1956) – *Zur Geologie der Wurzelzone östlich des Ossolates*. Eclogae geol. Helv., 49, 267-278.
- Bellotti G. (2007) – *Acqua termale in località Longia. Nuovo pozzo idraulico n. 2 – Inserimento nella concessione mineraria esistente. Indagine geoidrologica*. Inedito.
- Bertolani M. (1964) – *Le manifestazioni metallifere della Valle Strona (Novara)*. Atti Soc. Nat. Mat. Modena, 95, 3-26.
- Bertolani M. (1969) – *La petrografia della Valle Strona (Alpi occidentali italiane)*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 49, 314-328.
- Bertolani M. (1976) – *Il giacimento manganesifero di Ravinella di sotto presso Forno (Valle Strona di Omegna)*. Boll. Ass. Min. Subalp., 13, 195-197.
- Bigioggero B., Boriani A. (1975) – *I noduli a silicati di Al negli gneiss minuti della «Strona-Ceneri» nella zona di Cannobio (NO)*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 2073-2084.
- Bigioggero B., Boriani A., Giobbi Mancini E. (1977) – *Microstructure and mineralogy of an orthogneiss (Antigorio Gneiss - Lepontine Alps)*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 33, 99-108.
- Bigioggero B., Boriani A., Colombo A., Tunesi A., Ferrara G., Tonarini S. (1982-83) – *Età e caratteri petrochimici degli ortogneiss della Zona Moncucco-*

- Orselina nell'area ossolana*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 38, 207-218.
- Bigioggero B., Colombo A., Cavallo A., Aldighieri B., Tunesi A. (2007) – *Schema geologico-strutturale dell'area Val d'Ossola-Sempione*. Scala 1:50.000. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR-Milano, Snam Rete Gas. Litografia Cartografica, Firenze.
- Bistacchi A., Massironi M. (1998) – *Neo-alpine exhumation of the north western Alps: a kinematic model from Oligocene to present*. In: Martin S., Godard G., Ranalli G. (eds.) – *Evolution of the Deep Crust in the Central and Eastern Alps*. Mem. Sci. Geol., Padova, 50, 93-94.
- Bistacchi A., Massironi M. (2000) – *Post nappe brittle tectonics and kinematics evolution of the north-western Alps: an integrated approach*. Tectonophysics, 327, 267-292.
- Bistacchi A., Eva E., Massironi M., Solarino S. (2000) – *Miocene to Present kinematics of the NW-Alps: evidence from remote sensing, structural analysis, seismotectonics and thermochronology*. Journ. Geodynamics, 30, 205-228.
- Bistacchi A., Dal Piaz G.V., Massironi M., Zattin M., Balestrieri M.L. (2001) – *The Aosta Ranzola extensional fault system and Oligocene to Present evolution of the Austroalpine-Penninic wedge in the north-western Alps*. Int. J. Earth Science (Geol. Rundsch), 90, 654-667.
- Borghi A. (1987) – *Osservazioni strutturali ed indicazioni geologiche nel settore N-E della «Serie dei Laghi» (Alpi Meridionali)*. Rend. Soc. Geol. It., 10, 75-78.
- Boriani A. (2000) – *The geo-petrological setting of the Verbano-Ossola domain in the framed of the Alps*. Proc. "Quarry-Laboratory-Monument" Int. Congr. - Pavia 2000, Vol. 1, 1-14.
- Boriani A., Burlini L. (1995) – *Carta Geologica della Valle Cannobina*. Scala 1:25.000. Comunità Montana Valle Cannobina, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpi-

- na e Quaternaria del CNR-Milano. Grafiche Diodoro, Milano.
- Boriani A., Giobbi E. (2004) – *Does the basement of western Alps display a tilted section through the continental crust? A review and discussion*. Per. Mineral., 73 (special issue 2), 5-22.
- Boriani A., Rivalenti G. (1984) – *Crosta profonda e significato delle rocce basiche e ultrabasiche dell'Ivrea-Verbanò in un secolo di studi*. - Cento anni di geologia Italiana, Volume Giubilare, 1° Centenario Soc. Geol. It., 1 13-131.
- Boriani A., Sacchi R. (1973) – *Geology of the junction between the Ivrea-Verbanò and Strona-Ceneri Zones*. Mem. Ist. Geol. Mineral. Univ. Padova, 28, 36-45.
- Boriani A., Villa I. (1997) – *Geochronology of regional metamorphism in the Ivrea-Verbanò Zone and Serie dei Laghi, Italian Alps*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 77, 381-401.
- Boriani A., Bigioggero B., Giobbi Mancini E. (1977) – *Metamorphism, tectonic evolution and tentative stratigraphy of the «Serie dei Laghi»*. Geological map of the Verbania area (Northern Italy). Mem. Sci. Geol., Padova, 32, 26 p.
- Boriani A., Origoni E., Del Moro A. (1982-83) – *Composition, level of intrusion and age of the «Serie dei Laghi» orthogneisses (Northern Italy - Ticino, Switzerland)*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 38, 191-205.
- Boriani A., Burlini L., Caironi V., Giobbi Origoni E., Sassi A., Sesana E. (1988a) – *Geological and petrological studies on the Hercynian plutonism of the Serie dei Laghi. Geological map of its occurrence between Valsesia and Lago Maggiore (North Italy)*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 43, 367-384.
- Boriani A., Caironi V., Oddone M., Vannucci R. (1988b) – *Some petrological and geochemical constraints on the genesis of the Baveno-Mottarone plutonic bodies*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 43, 385-394.
- Boriani A., Burlini L., Sacchi R. (1990a) – *The Cossato-Mergozzo-Brissago line and the Pogallo line (Southern Alps, N-Italy) and their relationships with the late-Hercynian magmatic and metamorphic events*. Tectonophysics, 182, 91-102.

- Boriani A., Giobbi Origoni E., Borghi A., Caironi V. (1990b) – *The evolution of «Serie dei Laghi» (Strona Ceneri and Scisti dei Laghi), Southern Alps, N-Italy and Ticino, Switzerland*. Tectonophysics, 182, 103-118.
- Boriani A., Caironi V., Giobbi Origoni E., Vannucci R. (1992) – *The Permian intrusive rocks of Serie dei Laghi (Western Southern Alps)*. Acta Vulcanol., 2, 73-86.
- Boriani A., Giobbi Origoni E., Pinarelli L. (1995) – *Paleozoic evolution of southern Alpine crust (northern Italy) as indicated by contrasting granitoid suites*. Lithos, 35, 47-63.
- Boriani A., Caironi V., Colombo A., Giobbi Origoni E. (1997) – *The Cenerigneiss: a controversial metamorphic rock (Southern Alps, Italy and Ticino, CH)*. EUG 9, 677.
- Boriani A., Giobbi Mancini E., Villa I. (2003) – *Pre-Alpine ophiolites in the basement of Southern Alps: the presence of a bimodal association (LAG - Lep-tyno-Amphibolitic Group) in the Serie dei Laghi (N-Italy, Ticino-CH)*. Atti Acc. Naz. Lincei, Classe Sci. Fis., Mat., Nat., 14, 79-101.
- Bousquet R., Engi M., Gosso G., Oberhänsli R., Berger A., Spalla M.I., Zucali M., Goffé B. (2004) – *Explanatory notes to the map: metamorphic structure of the Alps transition from the Western to the Central Alps*. Mitt. Österr. Miner. Ges., 149, 145-156.
- Brigo L. (1976) – *Moderni criteri di ricerca geomineraria nella Zona Ivrea-Verbano. Notizie sui giacimenti di Fe-Cu-Zn*. Boll. Ass. Min. Subalp., 13, 191-194.
- Brodie K.H., Rutter E.H. (1987) – *Deep crustal extensional faulting in the Ivrea Zone of northern Italy*. Tectonophysics, 140, 193-212.
- Brodie K.H., Rex D., Rutter E.H. (1989) – *On the age of deep crustal extensional faulting in the Ivrea zone, northern Italy*. In: Coward M.P., Dietrich D., Park R.G. (eds.) – *Alpine tectonics*. Geol. Soc. London Spec. Pub. 45, 203-210.
- Bruck R. (1985) – *La miniera d'oro di Pestarena e altri giacimenti auriferi italiani*.



- Comunità Montana Valle Anzasca, I.S.A.I., Domodossola, 189 p.
- Bürgi A., Klötzli U. (1990) – *New data on the evolutionary history of the Ivrea Zone (northern Italy)*. Bull. Swiss Assoc. Petrol. Geol. Eng., 56 (103), 49-105.
- Burlini L., Caironi V. (1988) – *Geological and petrographical data on the Quarna pluton (Serie dei Laghi, Northern Italy)*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 43, 429-444.
- Caironi V. (1985) – *Characterization of different granitic facies in the Baveno-Mottarone pluton by means of the typologic study of zircon populations*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 40, 341-352.
- Caironi V. (1994) – *The zircon typology method in the study of metamorphic rocks: the orthogneisses of the Eastern Serie dei Laghi (Southern Alps)*. Rend. Fis. Acc. Lincei, s.9, 4, 37-58.
- Cattin M. (2002) – *Sorgente minerale "Miniera dei Cani". Indagine idrogeologica, Relazione*. Inedito.
- Cattin M. (2006) – *Istanza di permesso di acque minerali "Uresso-Graglia-Crestalunga". Relazione idrogeologica e programma della ricerca*. Inedito.
- Cavallo A., Bigioggero B., Colombo A., Tunesi A. (2004a) – *The Verbano Cusio Ossola province: a land of quarries in northern Italy (Piedmont)*. Per. Mineral., 73 (special issue 3), 197-210.
- Cavallo A., Bigioggero B., Colombo A., Tunesi A. (2004b) – *The Beola: a dimension stone from the Ossola Valley (NW Italy)*. Per. Mineral., 73 (special issue 3), 85-97.
- Cavallo A., Colombo A., Tunesi A. (2006a) – *Le Beole di Vogogna (VB, Piemonte): cave, usi storici, caratteristiche petrografiche e tecniche*. Atti Conv. "Le risorse lapidee dall'antichità ad oggi in area mediterranea". Canosa di Puglia (Bari), 25-27 settembre 2006, 167-172.
- Cavallo A., Colombo A., Tunesi A. (2006b) – *Il Marmo di Ornavasso (VB, Piemonte): cave, usi storici, caratteristiche petrografiche e tecniche*. Atti del convegno "Le risorse lapidee dall'antichità ad oggi in area mediterranea".

- Canosa di Puglia (Bari) 25-27 Settembre 2006, 173-178.
- Cavallo A., Colombo A., Tunesi A. (2006c) – *Pietre Verdi della Val d'Ossola e Valmalenco a confronto (Alpi Centro-Occidentali)*. Atti del convegno "Le risorse lapidee dall'antichità ad oggi in area mediterranea". Canosa di Puglia (Bari) 25-27 Settembre 2006, 161-166.
- Colombi A., Pfeifer H.R. (1986) – *Ferrogabbroic and basaltic metaeclogites from the Antrona mafic-ultramafic complex and the Centovalli-Locarno region (Italy and southern Switzerland) - first results*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 66, 99-110.
- Colombo A., Cavallo A. (2007) – *Schema geologico-strutturale dell'area Val d'Ossola-Sempione. Note Illustrative*. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano, Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR-Milano, Snam Rete Gas. Litografia Cartografica, Firenze, 31 p.
- Conti G.M., Oneto G. (2002) – *Pietra-Legno-Colore*. Amministrazione Provinciale Verbano Cusio Ossola.
- Conti G.M., Oneto G. (2003) – *L'architettura minore e la gestione del paesaggio del Verbano-Cusio-Ossola*. Amministrazione Provinciale Verbano Cusio Ossola.
- Cortesogno L., Dallagiovanna G., Gaggero L., Vanossi M. (1993) – *Elements of the Palaeozoic history of the Ligurian Alps*. 257-277. In: von Raumer J.F., Neubarer F. (eds.) – *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*. Springer, Berlino, 677 p.
- Dal Piaz G.V. (coord.) (1992) – *Guide Geologiche Regionali: Le Alpi dal M. Bianco al Lago Maggiore*. Vol. 1, Be-Ma, Milano, 310 p.
- Dal Piaz G.V. (1993) – *Evolution of Austro-Alpine and Upper Penninic Basement in the Northwestern Alps from Variscan Convergence to Post-Variscan Extension*. 327-344. In: von Raumer J.F., Neubarer F. (eds.) – *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*. Springer, Berlino, 677 p.
- Dal Piaz G.V. (1999) – *The Austroalpine-Piedmont nappe stack and the puzzle*

- of Alpine Tethys*. Mem. Sci. Geol., Padova, 53, 155-176.
- Dal Piaz G.V. (2001) – *Geology of the Monte Rosa massif: historical review and personal comments*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 81, 275-303.
- De La Roche H., Leterrier J., Grandclaude P., Marchal M. (1980) – *A classification of volcanic and plutonic rocks using  $R_1$ - $R_2$ -diagram and major-element analyses - Its relationships with current nomenclature*. Chem. Geol., 29, 183-210.
- Demarchi G., Quick J.E., Sinigoi S., Mayer A. (1998) – *Pressure gradient and original orientation of a Lower Crust in the Ivrea-Verbano Zone, Northern Italy*. J. Geol., 106, 609-622.
- Desio A. (1985) – *Geologia Applicata all'Ingegneria*. Hoepli, Milano, 858 p.
- Desmons J., Mercier D. (1993) – *Passing through the Briançon Zone*. 279-295. In: von Raumer J.F., Neubauer F. (eds.) – *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*. Springer, Berlino, 677 p.
- Desmons J., Aprahamian J., Compagnoni R., Cortesogno L., Frey M., with the collaboration of Gaggero L., Dallagiovanna G., Seno S. (1999a) – *Alpine metamorphism of the Western Alps: I. Middle to high T/P metamorphism*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 79, 89-110.
- Desmons J., Compagnoni R., Cortesogno L., with the collaboration of Frey M., Gaggero L., Dallagiovanna G., Seno S., Radelli L. (1999b) – *Alpine metamorphism of the Western Alps: II. High-P/T and related pre-greenschist metamorphism*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 79, 111-134.
- Desmons J., Compagnoni R., Cortesogno L., Frey M., Gaggero L. (1999c) – *Pre-Alpine metamorphism of the internal zones of the Western Alps*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 79, 23-39.
- Epifani F. (1998) – *Determinazione delle fasce di rispetto delle fonti di Baveno – Relazione geologica ed idrogeologica*. Inedito.
- Epifani F. (2000) – *Ricognizione ed ampliamento della concessione per acque minerali "TERME DI BAVENO", in Comune di Baveno (VB)*. Inedito.
- Fountain D.M. (1976) – *The Ivrea-Verbano and Strona-Ceneri zones, Northern*

- Italy: a cross section of the continental crust - new evidence from seismic velocities of rock samples. Tectonophysics, 33, 145-165.*
- Franz L., Romer R.L. (2007) – *Caledonian high-pressure metamorphism in the Strona-Ceneri Zone (Southern Alps of southern Switzerland and northern Italy). Swiss J. Geosci., 100, 457-467.*
- Franz L., Henk A., Teufel S., Oncken O. (1996) – *Metamorphism in the Ivrea and Strona-Ceneri Zones (Northern Italy): thermobarometry, geochronology and inferences about the crustal evolution. Ricerca Scientifica ed Educazione Permanente, 107, 69.*
- Gallitelli P. (1943) – *I graniti sudalpini del Verbano e del Cusio. Mem. R. Acc. Sci. Lett. Arti, Modena, 5, 36 p.*
- Gandolfi G., Paganelli L. (1974) – *Ricerche geologico-petrografiche sulle plutoniti erciniche della zona del Lago Maggiore. Mem. Soc. Geol. It., 13, 119-144.*
- Garuti G., Rivalenti G., Rossi A., Siena F., Sinigoi S. (1978-79) – *Mineral equilibria as geotectonic indicators in the ultramafic and related rocks of the Ivrea - Verbano basic complex (Italian Western Alps): pyroxenes and olivines. Mem. Sci. Geol., Padova, 33, 147-160.*
- Gebauer D. (1993) - *The Pre-Alpine evolution of the continental crust of the Central Alps - An Overview. 93-117. In: von Raumer J.F., Neubauer F. (eds.) - Pre-Mesozoic Geology in the Alps. Springer, Berlin, 677 p.*
- Gebauer D., Schmid R., von Quadt A., Ulmer P. (1992) – *Oligocene, Permian and Panafrican zircon ages from rocks of the Balmuccia Peridotite and of the Lower Layered Group in the Ivrea Zone. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 72, 113-122.*
- Giobbi Origoni E., Bocchio E., Boriani A., Carmine R., De Capitani L. (1988) – *Late-Hercynian mafic and intermediate intrusives of Serie dei Laghi (N- Italy). Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 43, 395-410.*
- Giobbi Origoni E., Zappone A., Boriani A., Bocchio R., Morten L. (1997) - *Relics of pre-alpine ophiolites in the Serie dei Laghi (Western Southern Alps).*

- Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 77, 187-207.
- Govi M. (1992) – *Frane e alluvioni in Val d'Ossola*. 163-165. In Dal Piaz G.V. (coord.) – *Guide Geologiche Regionali: Le Alpi dal M. Bianco al Lago Maggiore*. Vol. 1, Be-Ma, Milano, 310 p.
- Handy M.R. (1987) – *The structure, age and kinematics of the Pogallo Fault Zone, Southern Alps, northwestern Italy*. *Eclogae geol. Helv.*, 80, 593-632.
- Henk A., Franz L., Teufel S., Oncken O. (1997) – *Magmatic underplating, extension, and crustal reequilibration: insights from a cross-section through the Ivrea Zone and Strona-Ceneri Zone, Northern Italy*. *Geology*, 105, 367-377.
- Hodges K.V., Fountain D.M. (1984) – *Pogallo Line, South Alps, northern Italy: an intermediate crustal level, low angle normal fault?* *Geology*, 12, 151-155.
- Hunziker J.C. (1966) – *Zur Geologie und Geochemie des Gebietes zwischen Valle Antigorio (Prov. di Novara) und Valle di Campo (Kt. Tessin)*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 46, 473-567.
- Hunziker J.C. (1974) – *Rb-Sr and K-Ar age determination and the alpine tectonic history of the Western Alps*. *Mem. Ist. Geol. Mineral. Univ. Padova*, 31, 55 p.
- Hunziker J.C., Zingg A. (1980) – *Lower Paleozoic amphibolite to granulite facies metamorphism in the Ivrea-Zone (Southern Alps - Northern Italy)*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 60, 181-213.
- Idrogeostudio (1997) – *Fonte Carlina. Indagini idrogeologiche*. Inedito.
- Joos M. (1969) – *Zur Geologie und Petrographie der Monte Giove-Gebirgsgruppe im östlichen Simplon-Gebiet (Novara - Italia)*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 49, 277-323.
- Keller L.M., Abart R., Schmid S.M., De Capitani C. (2005a) – *Phase relations and chemical composition of phengite and paragonite in pelitic schists during decompression: a case study from the Monte Rosa Nappe and Camughera-Moncucco Unit, Western Alps*. *J. Petrol.*, 46, 2145-2166.
- Keller L.M., Hess M., Fügenschuh B., Schmid S.M. (2005b) – *Structural and*

- metamorphic evolution of the Camughera-Moncucco, Antrona and Monte Rosa units southwest of the Simplon Line, Western Alps. Eclogae Geol. Helv.*, 98, 19-49.
- Köppel V. (1974) – *Isotopic U-Pb ages of monazites and zircons from the crust-mantle transition and adjacent units of the Ivrea and Ceneri Zones (Southern Alps, Italy). Contrib. Mineral. Petrol.*, 43, 55-70.
- Köppel V., Grünenfelder M. (1971) – *A study of inherited and newly formed zircons from paragneisses and granitised sediments of the Strona-Ceneri Zone (Southern Alps). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 51, 385-410.
- Köppel V., Grünenfelder M. (1978-79) – *Monazite and zircon U-Pb ages from the Ivrea and Ceneri Zones. 2<sup>nd</sup> Symp. Ivrea-Verbano, Varallo. Mem. Sci. Geol., Padova*, 33, 257.
- Kretz R. (1983) – *Symbols for rock forming minerals. Amer. Mineral.*, 68, 277-279.
- Lensch G. (1968) – *Die Ultramafite der Zone von Ivrea und ihre geologische Interpretation. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 48, 91-102.
- Leonardelli A. (1986) – *La provincia aurifera piemontese. Boll. Ass. Min. Subalp.*, 23, 487-497.
- Mancktelow N.S. (1985) – *The Simplon line: a major displacement zone in the western Lepontine Alps. Eclogae geol. Helv.*, 78, 73-96.
- Mastrangelo F., Natale P., Zucchetti S. (1983) – *Quadro giacimentologico e metallogenico delle Alpi Occidentali Italiane. Boll. Ass. Min. Subalp.*, 20, 203-248.
- Maxelon M., Mancktelow N.S. (2005) – *Three-dimensional geometry and tectonostratigraphy of the Pennine zone, Central Alps, Switzerland and Northern Italy. Earth-Science Reviews*, 71, 171-227.
- Mazzucchelli M., Rivalenti G., Vannucci R., Bottazzi P., Ottolini I., Hofmann A.W., Parenti M. (1992) – *Primary positive Eu anomaly in clinopyroxenes of low crust gabbroic rocks. Geochim. Cosmochim. Acta*, 56, 2363-2370.
- Mc Dowell F.W. (1970) – *Potassium-Argon ages from the Ceneri Zone, South-*

- ern Swiss Alps. Contrib. Mineral. Petrol.*, 28, 165-182.
- Milnes A.G. (1974) – *Structure of the Pennine Zone ((Central Alps): a new working hypothesis. Geol. Soc. of Amer. Bull.*, 85, 1727-1732.
- Milnes A.G., Grellier M., Müller R. (1981) – *Sequence and style of major post-nappe structures, Simplon-Pennine Alps. Journ. Struct. Geology*, 3, 411-420.
- Moschini C. (2006) – *Il percorso dei Marmi dalle cave di Candoglia e Ornavasso al Duomo di Milano*. Skira, Milano, 159 p.
- Mulch A., Rosenau M., Doerr W., Handy M.R. (2002) – *The age and structure of dikes along the tectonic contact of the Ivrea-Verbano and Strona-Ceneri Zones (Southern Alps, Northern Italy, Switzerland). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 82, 55-76.
- Natale P., Zucchetti S. (1976) – *Considerazioni sui giacimenti nicheliferi della formazione Ivrea-Verbano (con particolare riguardo al giacimento di Campello Monti in Valle Strona)*. Boll. Ass. Min. Subalp., 13, 181-190.
- Omenetto P., Brigo L. (1974) – *Metallogenesi nel quadro dell'Orogene ercinico delle Alpi (con particolare riguardo al versante italiano)*. Mem. Soc. Geol. It., 13 (1), 339-362.
- Pagliani G. (1944) – *Studio chimico e ottico del gneiss di Pianasca (Villadossola)*. Atti Soc. It. Sci. Nat., 83, 134-144.
- Pagliani G., Martinenghi M. (1941) – *Il filone pegmatitico di Montescheno in Val Antrona (Ossola)*. Per. Mineral., 12, 49-82
- Peressini G., Sinigoi S., Quick J.E. (2003) – *Emplacement and cooling history of a mafic intrusion into the deep crust of the Ivrea-Verbano Zone, NW-Italy. Geophys. Res. Abstr.*, E.G.S., 5, 12308.
- Peretti L. (1938) – *Rocce del Piemonte usate come pietre da taglio e da decorazione*. Marmi Pietre Graniti, 16 (2), 43 p.
- Peyronel Pagliani G., Boriani A. (1967) – *Metamorfismo crescente nelle metamorfiti del «Massiccio dei Laghi» nella zona bassa Val d'Ossola - Verbania*. Rend. Soc. Mineral. It., 23, 351-397.

- Pezzotta F. (1993) – *L'evoluzione magmatica dei metagranitoidi ordoviciani della Serie dei Laghi (Alpi Meridionali): dati petrologici, geochemici ed isotopici di Sr e Nd*. Tesi inedita, Università degli Studi di Milano.
- Pezzotta F., Pinarelli L. (1994) – *The magmatic evolution of Ordovician metagranitoids of the Serie dei Laghi (Southern Alps): inferences from petrological geochemical and Sr and Nd isotope data*. *Per. Mineral.*, 63, 127-147.
- Pfiffner O.A. (1993) – *The structure of the Alps: an introduction*. 3-5. In: von Raumer J.F., Neubauer F. (eds.) – *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*. Springer, Berlino, 677 p.
- Pidgeon R.T., Köppel V., Grünenfelder M. (1970) – *U-Pb isotopic relationships in zircon suites from a para- and orthogneiss from the Ceneri zone, Southern Switzerland*. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 26, 1-11.
- Pin C. (1986) – *Datation U-Pb sur zircons à 285 M.a. du complexe gabbro-dioritique du Valsesia-Val Mastallone et age tardi-hercynien du métamorphisme granulitique de la zone Ivrea-Verbano (Italie)*. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 303, 827-829.
- Pinarelli L., Boriani A., Del Moro A. (1988) – *Rb-Sr geochronology of the Lower Permian plutonism in Massiccio dei Laghi, Southern Alps (NW Italy)*. *Rend. Soc. It. Mineral. Petrol.*, 43, 411-428.
- Pinarelli L., Boriani A., Del Moro A. (1993) – *The Pb isotopic systematics during crustal contamination of sub-crustal magmas: the Hercynian magmatism in Serie dei Laghi (Southern Alps, Italy)*. *Lithos*, 31, 51-61.
- Pinarelli L., Bergomi M.A., Boriani A., Giobbi E. (2008) – *Pre-metamorphic melt infiltration in metasediments: geochemical, isotopic (Sr, Nd, and Pb), and field evidence from Serie dei Laghi (Southern Alps, Italy)*. *Mineralogy and Petrology*, 93, 213-242.
- Pipino G. (1992) – *Emissioni azionarie per le miniere d'oro e le alluvioni aurifere piemontesi tra otto e novecento*. 141-158. In: *Piemonte minerario: minerali, storia, ambiente del territorio piemontese e valdostano*. Politecnico di Torino - Facoltà di Ingegneria, 158 p.



- Quick J. E., Sinigoi S., Negrini L., Demarchi G., Mayer A. (1992) – *Synmagmatic deformation in the underplated igneous complex of the Ivrea-Verbano Zone*. *Geology*, 20, 613-616.
- Quick J. E., Sinigoi S., Mayer A. (1994) – *Emplacement dynamics of a large mafic intrusion in the lower crust, Ivrea-Verbano Zone, northern Italy*. *Geophys. Res.*, 99, 21559-21573.
- Ragettli R.A. (1993) – *Vergleichende U-Xe und U-Pb datierung an Zircon und Monazit*. Ph.D. Dissertation, ETH, Zürich, 139 p.
- Regione Piemonte (1980a) – *Le concessioni ed i permessi di ricerca per acque minerali del Piemonte*. Stigra, Torino, 193 p.
- Regione Piemonte (1980b) – *Le sorgenti termali del Piemonte*. Stigra, Torino, 132 p.
- Regione Piemonte (2000) – *Pietre ornamentali del Piemonte. Piedmont's ornamental stone*. Redaprint, Verona, 127 p.
- Reinhard B. (1966) – *Geologie und Petrographie der Monte Rosa-Zone, der Sesia Zone und des Canavese im Gebiet zwischen Valle d'Ossola und Valle Loana (prov. di Novara, Italien)*. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 46, 553-678.
- Rivalenti G., Garuti G., Rossi A. (1975) – *The origin of the Ivrea-Verbano basic formation (western Italian Alps) - whole rock geochemistry*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 94, 1149-1186.
- Rivalenti G., Garuti G., Rossi A., Siena F., Sinigoi S. (1981) – *Existence of different peridotite types and of a layered igneous complex in the Ivrea Zone of the Western Alps*. *J. Petrol.*, 22, 127-153.
- Rivalenti G., Rossi A., Siena F., Sinigoi, S. (1984) – *The Layered Series of the Ivrea-Verbano igneous complex. Western Alps, Italy*. *Tscher. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 33, 77-99.
- Roggiani A. (1970) – *Notizie mineralogiche su pegmatiti della Valle Ossolana. Tapiolite di Pian del Lavonchio in comune di Craveggia (Valle Viguzzo-Ossola)*. *Rend. Soc. It. Min. Petr.*, 26, 291-311.

- Romer R.L., Schärer U., Steck A. (1996) – *Alpine and pre-Alpine magmatism in the root-zone of the Western Alps*. Contrib. Mineral. Petrol., 123, 138-158.
- Sacchi R. (1977) – *Gli Scisti di Fobello e Ribella: una reinterpretazione*. Mem. Sci. Geol., Padova, 32, 3-20.
- Sandrone R., Colombo A., Fiora L., Fornaro M., Lovera E., Tunesi A., Cavallo A. (2004) – *Contemporary natural stones from the Italian western Alps (Piedmont and Aosta Valley Regions)*. Per. Mineral., 73 (special issue 3), 211-226.
- Schmid R. (1967) – *Zur Petrographie und Structur der Zone Ivrea-Verbano zwischen Val d'Ossola und Val Grande (Prov. Novara, Italien)*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 47, 935-1117.
- Schmid R., Wood B.J. (1976) – *Phase relationships in granulitic metapelites from the Ivrea-Verbano Zone (Northern Italy)*. Contrib. Mineral. Petrol., 54, 255-279.
- Schmid R., Dietrich V., Komatsu M., Newton R.C., Ragettli R., Rushmer T., Tuchschnid M., Vogler R. (1988) – *Metamorphic evolution and origin of the Ivrea Zone*. Ricerca Scientifica ed Educazione Permanente, 65, 60-61.
- Schmid S.M. (1993) – *Ivrea Zone and adjacent Southern Alpine Basement*. 567-583. In: von Raumer J.F., Neubauer F. (eds.) – *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*. Springer, Berlin, 677 p.
- Schmid S.M., Zingg A., Handy M. (1987) – *The kinematics of movements along the Insubric Line and the emplacement of the Ivrea Zone*. Tectonophysics, 135, 47-66.
- Schmid S.M., Aebli H.R., Heller F., Zingg A. (1989) – *The role of the Periadriatic Line in the tectonic evaluation of the Alps*. In: Coward M.P., Dietrich D., Park R.G. (eds.) – *Alpine Tectonics*. Geol. Soc. Spec. Publ., 45, 153-171.
- Sills J.D. (1984) – *Granulite facies metamorphism in the Ivrea Zone, N.W. Italy*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 64, 169-191.
- Sills J.D., Tarney J. (1984) – *Petrogenesis and tectonic significance of amphibolites interlayered with metasedimentary gneisses in the Ivrea zone, Alps*.

- northwest Italy*. Tectonophysics, 107, 187-206
- Snoke A.W., Kalakay T. J., Quick J.E., Sinigoi S. (1999) – *Development of deep-crustal shear zone in response to syntectonic intrusion of mafic magma into the lower crust, Ivrea-Verbano zone, Italy*. Earth Planet. Sci. Lett., 166, 31-45.
- Stella A. (1906) – *I giacimenti metalliferi dell'Ossola*. Boll. R. Com. Geol. It., 7 (4), 265-280.
- Stella A. (1921) – *Le miniere di ferro dell'Italia*. Lattes, Torino-Genova, 426 p.
- Stella A. (1943) – *I giacimenti auriferi delle Alpi Italiane*. Mem. descr. Carta Geol. d'It., 27, 134 p.
- Studio di Geologia e Geofisica (1996) – *Studio idrogeologico per la definizione delle aree di protezione assoluta e di salvaguardia delle fonti minerali ubicate nell'ambito della Concessione Terme di Crodo nel Comune di Crodo (VB)*. Inedito.
- Studio di Geologia e Geofisica (2001a) – *Relazione idrogeologica sul nuovo "Pozzo 1" per l'istanza di miscelazione con l'acqua minerale naturale delle sorgenti "Cesa" nella Concessione Campari-Crodo (VB)*. Inedito.
- Studio di Geologia e Geofisica (2001b) – *Perizia asseverata relativa alla ricognizione per la individuazione del nuovo pozzo idromineral denominato "Pozzo 1" nella Concessione Terme di Crodo nel Comune di Crodo (VB)*. Inedito.
- Thélin P., Sartori M., Burri M., Gouffon Y., Chessex R. (1993) – *The pre-Alpine basement of the Briançonnais (Wallis, Switzerland)*. 297-315. In: von Raumer J.F., Neubauer F. (eds.) – *Pre-Mesozoic Geology in the Alps*. Springer, Berlino, 677 p.
- Turco F., Tartarotti P. (2006) – *The Antrona nappe: lithostratigraphy and metamorphic evolution of ophiolites in the Antrona Valley (Pennine Alps)*. Ofioliti, 31, 207-221.
- Vavra G., Gebauer D., Schmid R., Compston W. (1996) – *Multiple zircon growth and recrystallization during poliphase Late Carboniferous to Triassic meta-*

- morphism in granulites of the Ivrea Zone (southern Alps): an ion microprobe (SHRIMP) study. Contrib. Mineral. Petrol., 122, 337-358.*
- Volorio F. (2000) – *Perizia asseverata di integrazione circa l'individuazione delle pertinenze minerarie della concessione per acque minerali "Terme di Crodo" in Comune di Crodo (VB). Inedito.*
- Voshage H., Hofmann A.W., Mazzucchelli M., Rivalenti G., Sinigoi S., Raczac I., Demarchi G. (1990) – *Isotopic evidence from the Ivrea Zone for a hybrid lower crust formed by magmatic underplating. Nature, 347, 731-736.*
- Zingg A., Handy M.R., Hunziker J.C., Schmid S.M. (1990) – *Tectonometamorphic history of the Ivrea Zone and its relationship to the crustal evolution of the Southern Alps. Tectonophysics, 182, 169-192.*
- Zurbruggen R., Franz L., Handy M.R. (1997) – *Pre-Variscan deformation, metamorphism and magmatism in the Strona-Ceneri Zone (southern Alps of northern Italy and southern Switzerland). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 77, 361-380.*