



**COMUNE DI ARONA**



**PROVINCIA DI NOVARA**



**REGIONE PIEMONTE**

**Legge Regionale 5 dicembre 1977, n° 56**

*"TUTELA ED USO DEL SUOLO"*

**Circolare del Presidente della Giunta Regionale - n° 7/LAP**

*"L.R. 5 DICEMBRE 1977, N° 56 E SUCCESSIVE MODIFICHE ED INTEGRAZIONI - SPECIFICHE TECNICHE PER L'ELABORAZIONE DEGLI STUDI GEOLOGICI A SUPPORTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI"*

# P.R.G. 2009

▫ **PROGETTO DEFINITIVO** ▫

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

REL1

**Codice lavoro**

01.09

**File**

Relazione.doc

**Scala**

**Data**

Gennaio 2010



**Studio Associato  
di Geologia Tecnica e Ambientale**

Dr. Fulvio Epifani  
Dr. Marco Marini

dr. geol. Fulvio Epifani

dr. geol. Marco Marini

Via Paleocapa, 19 - 28041 Arona (NO)  
Tel. 347.2230473 - e-mail: epifani.marini\_geologi@virgilio.it  
Partita IVA 01944560034

Revisione	Oggetto	Data	Controllato
1	Revisione a seguito controdeduzioni Regione	Giugno 2013	
2			
3			

## SOMMARIO

<b>1.    <b>PREMESSA</b></b>	<b>3</b>
<b>1.1    Normativa di riferimento</b>	<b>3</b>
<b>2.    <b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</b></b>	<b>4</b>
<b>2.1    Inquadramento geologico regionale</b>	<b>4</b>
<b>2.2    Catena africa vergente</b>	<b>5</b>
2.2.1    Zona Ivrea-Verbano	6
2.2.2    Serie dei laghi	6
2.2.3    Zona dei porfidi	8
2.2.4    Copertura meso-cenozoica	9
2.2.5    Copertura Quaternaria	9
<b>2.3    INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b>	<b>10</b>
<b>3.    <b>ANALISI STORICA</b></b>	<b>11</b>
<b>4.    <b>COMMENTO DELLA DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA DI BASE</b></b>	<b>15</b>
<b>4.1    Carta geologica (Tavole 1a-1b)</b>	<b>15</b>
4.1.1    Cenni metodologici generali	15
4.1.2    Cenni metodologici sul rilevamento dei depositi quaternari	15
4.1.3    Commento della carta realizzata	17
4.1.3.1    Substrato roccioso	17
4.1.3.2    Depositati quaternari	22
4.1.3.3    Schema dei rapporti stratigrafici	26
4.1.3.4    Cenni sull'assetto strutturale	27
<b>4.2    Carta geomorfologica e del dissesto (Tavola 2a e 2b)</b>	<b>28</b>
4.2.1    Cenni metodologici	28
4.2.2    Commento della carta realizzata	28
<b>4.3    Carta dell'acclività (Tavole 3a e 3b)</b>	<b>33</b>
4.3.1    Cenni sulla metodologia utilizzata	33
4.3.2    Commento della carta realizzata	33
<b>4.4    Carta geoidrologica (Tavole 4a e 4b)</b>	<b>34</b>
4.4.1    Metodologia applicata	34
4.4.2    Commento della carta realizzata	34
<b>4.5    Carta della caratterizzazione litotecnica (Tavole 5a e 5b)</b>	<b>37</b>
4.5.1    Considerazioni generali	37
4.5.2    Commento della carta realizzata	37
<b>4.6    Carta SICOD ed eventi alluvionali (Tavole 6a e 6b)</b>	<b>38</b>
4.6.1    Metodologia applicata	38

4.6.2	Commento della carta realizzata	39
<b>5.</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA DEL T. VEVERA</b>	<b>40</b>
5.1	Dati idrologici	40
5.2	Modellazione idraulica	40
<b>6.</b>	<b>CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (TAVOLE 7A E 7B SCALA 1:5.000 - TAVOLE 8A-8B-8C-8D-8E SCALA 1:2.000)</b>	<b>42</b>
6.1	Cenni metodologici	43
6.2	Commento alle carte realizzate	44
<b>7.</b>	<b>MECCANISMO ATTUATIVO DELLE OPERE DI RIASETTO-CRONOPROGRAMMA (TAVOLE 9A E 9B)</b>	<b>48</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>51</b>

## ELENCO ALLEGATI ED ELABORATI GRAFICI

- *Relazione geologica* – REL 1 (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Normativa tecnica* – REL 2 (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Relazione geologico-tecnica* – REL 3 (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Schede S.I.C.O.D.* – ALL 1
- *Schede processi alluvionali e lacustri* – ALL 2
- *Schede frane* – ALL 3 (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Stralcio cartografia P.A.I.* – ALL 4
- *Quaderno delle opere tipo* – ALL 5
- *Studio idraulico del Torrente Vevera 1999* – ALL 6 (NUOVO GIUGNO 2013)
- *Carta geomorfologica* (scala 1:5.000) – TAV 2A-2B (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Carta dell'acclività* (scala 1:5.000) – TAV 3A-3B (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Carta geoidrologica* (scala 1:5.000) – TAV 4A-4B (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Carta litotecnica* (scala 1:5.000) – TAV 5A-5B (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Carta SICOD ed eventi alluvionali* (scala 1:5.000) – TAV 6A-6B (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* (scala 1:5.000) – TAV 7A-7B (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* (scala 1:2.000) – TAV 8A-8B-8C-8D-8E (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Cronoprogramma delle opere di riassetto della zona del Moncucco e della Rocca* (scala 1:2.000) – TAV 9A (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)
- *Cronoprogramma delle opere di riassetto del Torrente Vevera* (scala 1:2.000) – TAV 9B (AGGIORNAMENTO GIUGNO 2013)

## 1. PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Arona sta procedendo alla realizzazione della Variante di P.R.G. 2009: gli scriventi venivano incaricati di curare l'intera indagine geologica, geomorfologica e geologico-tecnica, al fine di valutare le nuove esigenze urbanistiche in relazione all'assetto del territorio.

Gli scriventi avevano già redatto nell'agosto 1999 lo studio geologico per la Variante dei Vincoli del P.R.G.C., per cui il presente studio è stato predisposto tenendo ovviamente in considerazione gli elaborati geologici già redatti nel 1999 (con aggiornamento ottobre 2000)

In particolare si è proceduto ad una revisione generale di tutta la cartografia di base, anche grazie al nuovo supporto cartografico rappresentato dal recente rilievo fotogrammetrico (a scala 1:5.000), così come si sono presi in considerazioni gli effetti degli eventi alluvionali del 2000 e del 2002. Gli elaborati sono stati inoltre aggiornati in funzione di quanto previsto dalla Nota Tecnica Esplicativa della Circolare 7/LAP.

Sulla base di tutti i dati raccolti ed in funzione della normativa vigente, è stata quindi predisposta la nuova "*Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica*" e la relativa *Normativa Tecnica*.

La documentazione predisposta è stata esaminata dagli organi tecnici regionali che con nota ARPA del 01/10/2010 (prot. 107547) e nota del Settore Decentrato OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico di Novara in data 20/12/2011 (prot. 98565/DB1411) esprimevano le proprie considerazioni e richieste di integrazioni.

Si è quindi proceduto a rielaborare la documentazione tecnica in funzione delle richieste formulate.

### 1.1 *NORMATIVA DI RIFERIMENTO*

- Legge Regionale 5 dicembre 1977, n° 56 "*TUTELA ED USO DEL SUOLO*", e successive modifiche ed integrazioni;
- Circolare del Presidente della Giunta Regionale dell'08.05.1996, n° 7/LAP "*SPECIFICHE TECNICHE PER L'ELABORAZIONE DEGLI STUDI GEOLOGICI A SUPPORTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI*";
- Legenda Regionale per la redazione della carta geomorfologica e del dissesto dei P.R.G. redatta in conformità alla Circ. 7/LAP e successiva N.T.E./99" del giugno 2002.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Le Alpi sono una catena montuosa derivante dalla collisione tra la placca Europea a Nord e la placca adriatica a Sud, iniziata circa 65 milioni di anni fa e non ancora conclusa.

Sviluppatesi in modo dominante a partire dall'Oligocene-Miocene, hanno una struttura crostale a doppia vergenza: possiamo distinguere una catena a vergenza europea (o catena alpina in senso stretto), e una catena a prevalente vergenza africana (nota con il termine di Alpi Meridionali o Sudalpino).

La catena a vergenza europea è costituita da una sequenza di sistemi tettonici traslati verso l'avampaese europeo (in media verso NW), mentre la catena a vergenza africana ha natura di catena neogenica a falde di basamento e copertura sud-vergenti (e ne è stata dimostrata la generale alloctonia).

Il contatto tra Alpi Meridionali e catena Europa-vergente è tettonico: la linea di demarcazione tra queste due unità è il lineamento Periadriatico (un sistema neogenico di fratture subverticali a dominante carattere trascorrente).

Attualmente le Alpi sono suddivise in quattro domini strutturali, composti da una serie di unità tettoniche minori chiamate falde e scaglie.

A Nord si trova il dominio Elvetico, che rappresenta il margine continentale paleoeuropeo, con i rispettivi sedimenti permo-mesozoici sradicati. A contatto si trovano i resti del prisma d'accrezione formatosi nel Cretaceo e riconoscibili nel dominio Pennidico che contiene anche lembi della crosta oceanica della Tetide. Su di esso poggiano le unità del dominio Austroalpino che rappresentano i lembi più deformati del margine continentale adriatico e costituiscono le unità strutturali più elevate dell'edificio alpino. Le zone meno deformate di tale margine sono riconoscibili nel dominio Sudalpino, separato dai precedenti da una linea tettonica, la Linea Insubrica.

In una piccola porzione a NW, questa linea tettonica si sdoppia in due rami che delimitano la zona del Canavese, interposta tra Austroalpino e Sudalpino. Questa zona mostra nel suo insieme analogie con il basamento e la copertura della Serie dei Laghi, ma durante l'orogenesi alpina la sua evoluzione si diversifica nettamente da quella delle contigue Alpi Meridionali, assumendo un carattere polifasico.

L'evoluzione strutturale della catena alpina è caratterizzata da una complessa e prolungata sequenza di eventi deformativi, metamorfici e magmatici, particolarmente attivi nel tardo Paleozoico e nel Cretaceo-Terziario che hanno profondamente mutato l'originaria ubicazione geografica dei basamenti metamorfici.

La catena alpina attualmente risulta essere un edificio complesso, polifasico, alla cui costruzione hanno concorso deformazioni tettoniche di diverso tipo, età e genesi. Le deformazioni si sono originate soprattutto in seguito a sforzi di tipo compressivo e di traslazione orizzontale, responsabili anche del successivo sollevamento, che, con il concorso dell'erosione, origina la catena montuosa

propriamente detta.

Evoluzione strutturale pre-alpina: il fenomeno più importante, a cui si deve sostanzialmente l'aspetto attuale della catena, è l'orogenesi ercinica. Sul finire dell'orogenesi ercinica si è attivato un regime geodinamico distensivo o transtensivo che ha scomposto e lacerato il basamento producendo in esso fosse o depressioni, che vennero poi colmate dai sedimenti erosi della catena ercinica e dai prodotti vulcanici tipici di zone di distensione.

Evoluzione strutturale mesozoica: in questo periodo sono state deposte potenti successioni sedimentarie, ben conservate nel Sudalpino, in conseguenza ad un lungo periodo di relativa assenza di sforzi compressivi. La forma e velocità di sedimentazione sono controllate da fenomeni di tipo distensivo e traslazione orizzontale.

Nel Triassico superiore (Carnico) il Sudalpino è interessato da tettonica di tipo distensivo e trascorrente, fase che prosegue nel Giurassico inferiore in cui sono attive molte faglie distensive, per lo più orientate N-S, che determinarono strutture a horst e graben. Questo fenomeno portò all'apertura dell'oceano Ligure-Piemontese.

Orogenesi alpina:

1. *fase eo-alpina*: si chiude l'oceano Ligure-Piemontese (Cretaceo). Nelle Alpi Meridionali si individuano i primi rilievi orientati E-W, caratterizzati da ampie pieghe e dorsali con adiacenti bacini a sedimentazione torbida;
2. *fase meso-alpina*: si instaura un'intensa fase deformativa, separata dalla precedente da un periodo di stasi, che si manifesta soprattutto nelle Alpi Centrali con un massimo che viene raggiunto tra l'Eocene sup. e l'Oligocene inf. (43-35 milioni di anni).

Si attivano superfici di scollamento, che delimitano le falde tettoniche, in corrispondenza di orizzonti sedimentari a comportamento duttile e si sviluppano estese foliazioni a scala regionale. Nelle Alpi Meridionali, la maggior parte degli accavallamenti con trasporto verso Sud sono dovuti a questa fase tettonica.

Nell'Oligocene sup. si assiste ad una nuova fase di stasi del regime compressivo, che permette l'intrusione di dicchi e corpi plutonici;

3. *fase tardo-alpina e neo-alpina*: tra 29 e 10 milioni di anni si ha un generale sollevamento della catena ormai collisa; negli ultimi 5 milioni di anni si verifica un graduale innalzamento della catena per ragioni di equilibrio isostatico.

Contemporaneamente opera l'azione erosiva dei corsi d'acqua e dei ghiacciai che tendono ad incidere vallate sempre più profonde e incassate.

## 2.2 CATENA AFRICA VERGENTE

L'area oggetto del presente lavoro appartiene al dominio Sudalpino. La porzione occidentale delle Alpi Meridionali si estende dalla Linea del Canavese al sottosuolo della Pianura Padana: questa linea è caratterizzata dalla presenza di una cintura milonitica a facies scisti verdi che include rocce delle unità adiacenti.

Il basamento cristallino Sudalpino è composto di un'unità chiamata "Massiccio dei Laghi". Quest'ultimo è composto di due unità strutturali e litostratigrafiche diverse giustapposte: la zona Ivrea-Verbano e la Serie dei Laghi, entrambi mostrandoci un'impronta metamorfica essenzialmente pre-alpina. L'attuale giustapposizione laterale di queste due unità è stata prodotta da eventi tettonici pre-alpini e alpini.

La linea di demarcazione tra queste due unità è rappresentata dalle linee Cossato-Mergozzo-Brissago e del Pogallo: la distinzione di queste due unità ci consente di attribuire alla zona Ivrea-Verbano il significato di crosta continentale inferiore, e alla Serie dei Laghi quello di crosta intermedia e superiore.

### 2.2.1 ZONA IVREA-VERBANO

In generale questa zona è composta di metasedimenti da facies anfibolitica di alto grado a facies granulitica, metabasiti, rocce mafiche e ultramafiche, rappresentanti la crosta continentale più bassa.

Questa zona comprende due unità litologiche di età diverse :

1. la più recente e profonda (complesso gabbrico stratificato, formazione mafica principale comprendente scaglie di peridotiti del mantello sottocontinentale) affiora con continuità a contatto con la linea del Canavese con un'ampia estensione nel settore centrale e sud-occidentale della zona Ivrea-Verbano, tra la Val Mastallone ed il Biellese. È costituita di corpi gabbrici stratificati di età permiana, intrusi a livelli crostali profondi ed in parti equilibrati in condizioni granulitiche. Questi corpi, inizialmente filoni strato, si sono sviluppati internamente e a letto del più antico complesso kinzigitico, il cui graduale sollevamento in condizione di distensione regionale consentiva la creazione di camere magmatiche sempre più grandi in cui si formavano i corpi stratificati maggiori. Con questo processo (underplating magmatico), l'originale crosta sudalpina (Serie dei Laghi e complesso kinzigitico) ha potuto accrescersi notevolmente. L'intrusione di magmi, provenienti dal mantello, alla base delle metapeliti del complesso kinzigitico di tetto è la causa più probabile dei processi di anatessi crostale avvenuti in queste ultime e del magmatismo granitico e riolitico riscontrato nella crosta superiore della Serie dei Laghi;
2. la seconda litologia (complesso kinzigitico) costituisce il tetto (attualmente ruotato e deformato) dei plutoni gabbrici. È formata dall'associazione di metapeliti (soprattutto paragneiss a biotite, granato e sillimanite, detti kinzigiti), vari tipi di metabasiti ad affinità tholeiitica, marmi puri e rarissime quarziti a manganese, il cui fabric metamorfico di alto grado è antecedente all'intrusione dei gabbrici.

### 2.2.2 SERIE DEI LAGHI

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

È suddivisa in due subunità litostratigrafiche, separate da un orizzonte continuo anfibolitico con subordinate ultramafiti, ed è diretta quasi EW: a Nord la zona Strona-Ceneri (principalmente metapsammiti), a Sud gli Scisti dei Laghi (metapeliti) (Zingg 1983 ; Boriani et al. 1990). In entrambe le unità si trovano parecchie lenti di metagraniti

La Serie dei Laghi risulta inoltre essere il sito dell'attività ignea postmetamorfica, rappresentata da stocks e dicchi da mafici ad intermedi, con differenziazioni acide, e da intrusioni granitiche epiplutoniche, note come Graniti dei Laghi, di età permiana. Queste inoltre sono associate per lo più con vulcaniti acide di simile età.

Una copertura carbonifera da autoctona a parautoctona sembra essere associata con la Serie dei Laghi. Una copertura vulcano-sedimentaria permiana si trova vicino ad Arosio in Malcantone, ma è completamente assente nella zona Ivrea-Verbano. Questo può far pensare solo che l'attuale livello erosionale è più profondo che nel Permiano, in entrambi le zone Ivrea-Verbano e la maggior parte della Serie dei Laghi. L'uplift alpino ha giocato un qualche ruolo nella completa esumazione di queste due unità all'attuale livello crostale.

### **Assetto strutturale**

La Serie dei Laghi è rappresentata dalla sequenza monoclinale meridionale, ad Ovest del Lago Maggiore, della Bassa Val Cannobina a Sud. (Boriani et al. 1977)

Il confine occidentale della Serie dei Laghi è delimitato dai sistemi di faglia Cossato-Mergozzo-Brissago e del Pogallo; quelli orientale e meridionale sono delimitati dalle faglie della Val Colla e della Cremosina, che sono lineamenti del tardo Carbonifero-Permiano riattivati nel tardo-alpino.

La Serie dei Laghi è inoltre suddivisa in blocchi da faglie e overthrust di varia età. La più importante discontinuità in quest'area è la Linea CMB.

La linea della Cremosina e la sua possibile prosecuzione verso NE nella linea di Marzio (o linea Brusimpiano-Cabiaglio) passa poco a N del comune interessato.

### **Litologia**

La Serie dei Laghi si suddivide litologicamente in Scisti dei Laghi e Strona-Ceneri.

*Scisti dei Laghi* : si tratta di micascisti e paragneiss in facies anfibolitica, localmente riequilibrati in condizioni di facies scisti verdi.

L'associazione mineralogica più diffusa è quarzo, plagioclasio (20% An), muscovite, biotite e porfiroblasti di granato, cianite (con un bordo di margarite coronitica) e staurolite. I porfiroblasti sono da sin a postcinematici rispetto alla foliazione principale. I granati mostrano inoltre nelle loro parti più interne tessiture sincinematiche rotazionali.

I minerali accessori sono apatite, zircone, opachi e tormalina.

Gli Scisti dei Laghi sono il prodotto polimetamorfico di sedimenti pelitico-arenacei; l'età di sedimentazione è sconosciuta.

*Strona-Ceneri* : è il prodotto metamorfico di medio grado di rocce arenacee da fini a grossolane, talvolta con abbondante matrice argillosa. In contrasto con gli Scisti dei Laghi, si può riconoscere una sequenza sedimentaria.

Alla base della serie si può osservare un continuo, talvolta abbastanza sottile, orizzonte di rocce mafiche (anfiboliti). Si trovano poi metarenarie (Ceneri Gneiss) con clasti litici e peloidi, siltiti metamorfosate variamente ricche in argilla e metarenarie a grana fine (“Gneiss minuti”, paragneiss tabulari grigio scuro in facies anfibolitica di età varisica).

*Anfiboliti*: sono la prima unità della sequenza Strona-Ceneri e sono generalmente rocce fortemente a bande con alternanze di livelli di differente composizione e dimensioni dei granuli. Malgrado la condizione metamorfica, le caratteristiche sedimentarie sono ancora riconoscibili e indicano che la maggior parte delle anfiboliti sono tufiti basaltiche a grana grossolana. Nella regione tra il Lago d’Orta e la sponda orientale del Lago Maggiore, le anfiboliti dell’orizzonte principale sono talvolta molto ricche in porfiroclasti di k-feldspato e lenti di metapegmatiti. Queste rocce sono considerate come tufiti granitizzate dal residuo magmatico di graniti ordoviciani, con cui sono strettamente associati. (Giobbi Origoni et al., 1982/1983).

Lontano dall’orizzonte principale, si trovano varietà particolari di anfiboliti come intercalazioni e xenoliti senza ortogneiss; queste rocce mantengono relitti di paragneiss di alta pressione (anfiboliti eclogitiche).

### 2.2.3 ZONA DEI PORFIDI

Si tratta di vulcaniti permiane, diffuse in depressioni tettoniche della fascia pedemontana che si estende fino ad Arona a partire dalla linea della Cremosina (trascorrente destra neoalpina).

Sono note comunemente con il termine di porfidi. Studi recenti hanno confermato il chimismo prevalentemente riolitico di queste vulcaniti e ne hanno messo in luce il carattere localmente ignimbrítico: spesse colate di porfirite e porfido ricoprono il margine sud-orientale del basamento cristallino. Le masse di porfido sono, a loro volta, in parte ricoperte da strati di sedimenti mesozoici, in parte da depositi pliocenici e diluviali della Pianura Padana.

Le colate di porfido vennero portate nella loro attuale posizione attraverso il corrugamento alpino; esse presentano in linea generale, sul lato sud-orientale, una debole anticlinale, il cui lato nord-occidentale venne allontanato dall’erosione.

Dal punto di vista orografico, le colline di porfido sono strettamente collegate al tetto dei micascisti, situati più a nord rispetto a loro e mostrano, come questi, forme piano-tondeggianti.

I termini inferiori sono costituiti da modeste, discontinue colate di porfirite, che sono i termini primi dell’attività vulcanica, talora direttamente sovrapposte al basamento cristallino.

Cronologicamente segue un orizzonte di tufiti conglomeratiche, con materiale cementante tufaceo, più o meno grossolano, e con un diametro degli inclusi da pochi centimetri a 70-80 cm. Gli inclusi vulcanici presentano una notevole eterogeneità litologica. Troviamo inoltre una grande abbondanza di frammenti gneissici ed elementi di granito roseo.

Segue a questo livello una serie di tufi; questo complesso piroclastico-ignimbrítico è ricoperto da altri prodotti d’esplosione più grossolani e di spessore notevole, che risultano costituiti da breccie ed agglomerati tufacei a grossi blocchi frequentemente a forma ellissoidica, con diametro massimo

di 3-4 metri. Questi blocchi presentano eterogeneità di composizione, ma con quasi esclusivamente materiale vulcanico (porfidi, porfiriti e tufi vari).

Un altro prodotto dell'attività vulcanica è rappresentato da rocce laviche rosso-brune.

Per quanto riguarda il chimismo delle vulcaniti, sembra che esso, andando dai termini più antichi a quelli più recenti, passi da tipi porfiritici a tipi più acidi. Esso lascia quindi supporre un'evoluzione normale del magma originario.

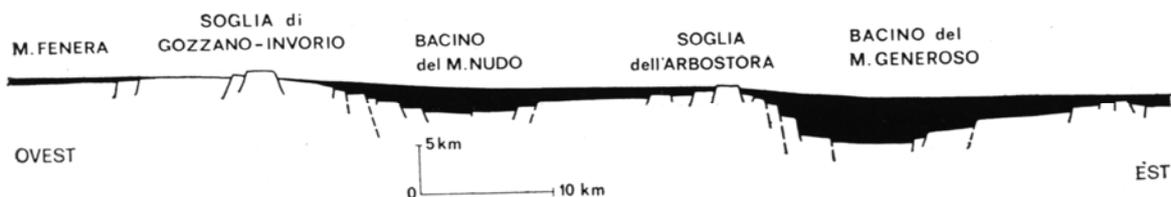
L'attività vulcanica che ha dato origine a queste rocce è stata prevalentemente di tipo esplosivo, accompagnata da formazioni di nubi ardenti (ignimbriti) e preceduta (porfidi basali) e inframmentata (porfidi quarziferi e scarsamente quarziferi) da modeste manifestazioni a carattere lavico. La deposizione di questa serie, di aspetto massivo, è avvenuta in ambiente continentale, subaereo (situazione caratteristica di tutto il Sudalpino).

La zona di Arona e la sua diretta continuazione occidentale, lo strato di Angera, rappresentano il limite meridionale sulle due rive del Lago Maggiore.

#### 2.2.4 COPERTURA MESO-CENOZOICA

Al di sopra delle vulcaniti permiane sono presenti limitati depositi di età Mesozoica (Dolomia di Arona e Breccia di Inverio) e di età Cenozoica (Argille marine plioceniche).

A differenza di quanto accade nel bacino lombardo dove, a partire dal Triassico, si ha una estesa sedimentazione in ambiente marino, questo settore delle Alpi Meridionali rappresenta infatti, con tutta probabilità, un alto morfologico limitato ad oriente dalla Soglia di Gozzano-Inverio (cfr. sezione schematica): per questo motivo risultano assenti o molto limitati le coltri sedimentarie relative a questa età.



“Soglie” e “bacini” nella Lombardia centro-occidentale e nel Piemonte orientale nel Lias inferiore e medio (in nero i sedimenti di bacino di tali epoche) - *Kälin e Trümpy, 1977; Casati 1978.*

Nel Pliocene si assiste invece ad una trasgressione marina che porta alla formazione di un fondale (bacino padano) con deposizione di sedimenti marini che si estendono lungo tutta la pianura padana fino ai primi rilievi collinari delle prealpi. Tali depositi sono quindi ricoperti da sedimenti legati alle fasi di espansione glaciale quaternaria.

#### 2.2.5 COPERTURA QUATERNARIA

Nel Pleistocene l'intero arco alpino è stato interessato da un'estesa copertura glaciale che ha rappresentato il meccanismo deposizionale principale. Secondo la teoria classica di Penck e Bruckner è possibile distinguere, in questo settore delle Alpi, tre fasi di espansione glaciale:

Mindel, Riss e Würm.

Gli studi più recenti hanno permesso di evidenziare come questa suddivisione dia una visione piuttosto semplicista della dinamica glaciale in quanto, all'interno di ciascuna di queste "fasi", è possibile distinguere diverse sottofasi che testimoniano uno sviluppo più complesso dei periodi di avanzamento ed arretramento delle masse glaciali.

Con la conclusione dell'ultima fase di avanzamento glaciale, i meccanismi deposizionali olocenici vengono ad essere principalmente rappresentati dall'azione dei corsi d'acqua e del bacino lacustre.

### *2.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO*

Il paesaggio alpino è contraddistinto da un'elevata "energia del rilievo", cioè accentuati dislivelli tra fondovalle e cime.

L'assetto attuale della porzione di territorio analizzata è dovuto in gran parte all'azione dei grandi ghiacciai quaternari; l'area è stata interessata dalle ripetute avanzate del Ghiacciaio dell'Ossola che, giunto in corrispondenza del M. Orfano, si divideva in due lingue minori: una di maggiori dimensioni nel Verbano ed una seconda, relativamente più piccola, nel Cusio.

Il modellamento del territorio così come lo si può osservare oggi avviene in gran parte nel corso del Pleistocene, mediante l'azione combinata di due fenomeni, entrambi collegati alle meccaniche deposizionali di natura glaciale: da un lato l'azione di accumulo esercitata dal ghiacciaio stesso che, mettendo in gioco enormi quantità di materiale proveniente dal proprio bacino d'alimentazione, dà luogo alla formazione di creste moreniche assai ben evidenti, dall'altro l'azione erosiva dei torrenti proglaciali che rimodellano la superficie topografica soprattutto nella fase di ritiro dei ghiacciai, formando morfologie depresse dalla tipica forma di valloni a fondo debolmente concavo. Connessa a queste dinamiche è la formazione dei numerosi terrazzi che, insieme con le morene e le aree a morfologia depressa, caratterizzano il paesaggio di origine glaciale.

Il paesaggio periglaciale viene sovente spazzato da forti correnti eoliche, che determinano l'accumulo di coltri di sedimenti fini e ben classati nelle zone riparate dal vento. Tali depositi detti *loess*, sono caratterizzati dall'uniformità tessiturale (limi) ed assumono talora spessori intorno al metro. Il diverso grado di evoluzione pedogenetica dei loess è spesso un buon indice dell'età dei depositi glaciali s. l. cui sono correlati, favorendo così la ricostruzione della cronologia degli eventi susseguiti nell'area.

Di particolare interesse nell'area in esame è l'interazione tra le ultime fasi di avanzata glaciale e la formazione del bacino del Lago Maggiore. La grande fase di avanzata del Pleistocene superiore porta allo sbarramento del canyon messiniano ed al riempimento del bacino lacustre. Le ultime fasi nel tardo Pleistocene superiore interagiscono con il bacino lacustre di neoformazione che assume caratteri di lago proglaciale, con creazione di nuovi ambienti sedimentari che si protraggono fino ai giorni nostri.

### 3. ANALISI STORICA

In questo capitolo verranno ripresi ed integrati i dati ottenuti dall'indagine storica effettuata per lo studio del 1999.

In tale studio una significativa fase di analisi era stata indirizzata alla valutazione delle migrazioni, nel corso degli ultimi due secoli del tracciato del Torrente Vevera, attraverso l'analisi comparata di diverse cartografie disponibili. Qui di seguito vengono riassunti i principali elementi:

- innanzitutto la copia fotografica della carta catastale, nota come “*Mappa Teresiana*”, redatta nel 1723 dagli Ufficiali della Cavalleria dell'Imperatrice Maria Teresa d'Austria;
- quindi la copia fotostatica della carta catastale a scala 1:2.000, nota come “*Rabbini*”, redatta nel periodo 1865÷1868 sotto la direzione dell'ufficiale Rabbini, della Cavalleria dell'esercito Sabauda, che utilizza, come punto di partenza, la base cartografica della carta catastale “*Teresiana*” (tale carta non fu mai pubblicata ufficialmente per l'instaurazione del Regno d'Italia);
- la tavoletta “*Arona*”, a scala 1:25.000, dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) redatta nel 1914 e successivamente aggiornata nel 1933;
- il quadro d'insieme, a scala 1:10.000, della carta catastale redatta nel 1943;
- infine, il rilievo fotogrammetrico, a scala 1:5.000, realizzato dal Comune di Arona nel 1977 e successivamente aggiornato nel 1988.

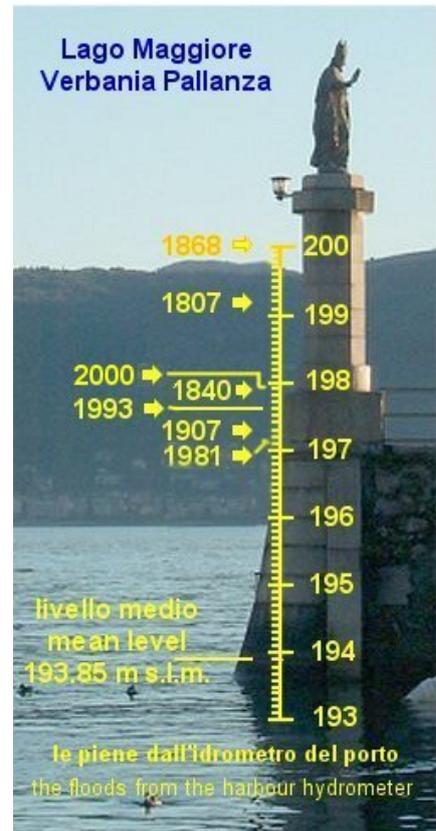
Dalla sovrapposizione delle diverse carte si possono porre in evidenza alcuni elementi particolarmente significativi:

- i tracciati della mappa “*Teresiana*” e della “*Rabbini*” risultano quasi completamente coincidenti ad eccezione di un meandro più accentuato in corrispondenza dell'area a Sud della loc. “*Cappello Verde*”. Piuttosto enigmatico e di difficile interpretazione appare invece il tratto rettilineo, in aggiunta al tracciato “*naturale*”, indicato in corrispondenza della foce: potrebbe rappresentare un'ipotesi di regimazione del corso d'acqua ma, non disponendo dell'originale, non è possibile comprendere se si tratta di un disegno originale piuttosto che di un'aggiunta successiva;
- nel tratto immediatamente a monte del ponte della S.S. 142, i diversi tracciati risultano abbastanza coincidenti, se si eccettua quello dell'IGM che presenta una marcata migrazione verso Sud del corso d'acqua;
- il meandro presente a valle della loc. “*Cappello Verde*” mostra invece una graduale migrazione dell'alveo verso Nord-Est, migrazione che si è protratta fino alla realizzazione delle opere di regimazione idraulica;
- significative divagazioni del tracciato del corso d'acqua, a partire dalla mappa “*Teresiana*” fino alla carta catastale del 1943, sono segnalabili nel tratto compreso tra il ponte di Via Monte Pasubio fino alla foce mentre successivamente al 1943 i tracciati risultano sostanzialmente coincidenti;

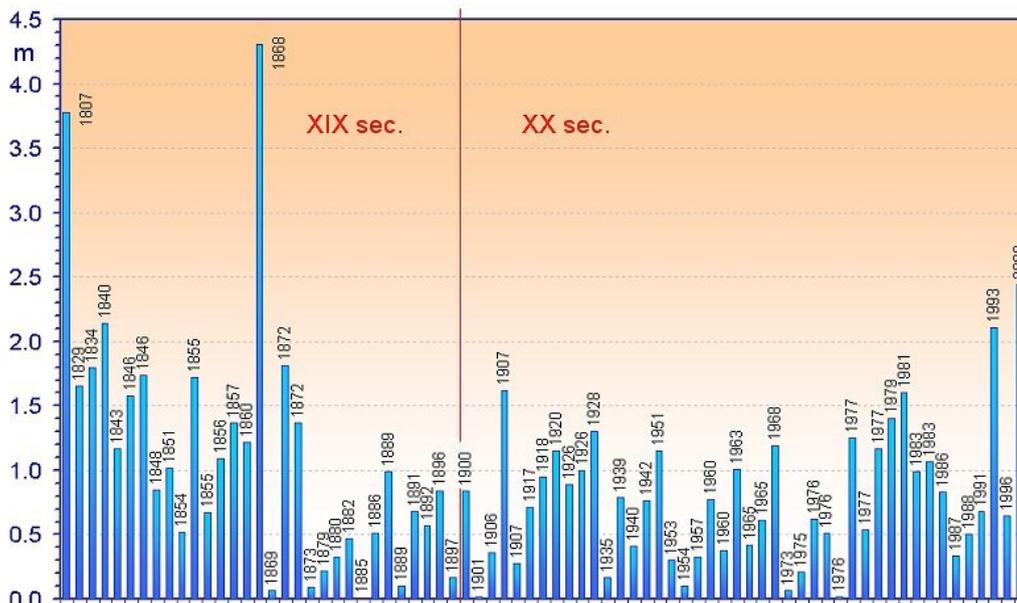
- molto significativo risulta inoltre l'andamento della linea di costa, dove si assiste ad un graduale avanzamento della stessa con la progradazione della parte terminale della conoide, per l'apporto di materiale da parte del corso d'acqua e, probabilmente, dell'uomo.

Per quanto riguarda le oscillazioni del Lago Maggiore e gli eventi di massima piena dello stesso, riportati dall'Istituto Idrobiologico di Pallanza, da cui è stata tratta la figura seguente, si segnala:

- nel periodo 1177-1828, nel corso del quale si hanno a disposizione solo cronache locali, è noto un livello di massima piena pari a 203,67 m s.l.m.;
- nel periodo compreso tra il 1829 ed il 1951 si registrano 53 piene "eccezionali": nel 1840 viene raggiunta quota 197,64 m s.l.m., mentre il massimo registrato in tale periodo corrisponde alla quota di 6,94 m sopra lo zero idrometrico (pari a 199.81 m s.l.m.) rilevata il 4 ottobre 1868 e mai più raggiunta dopo tale periodo, per l'erosione della soglia di Sesto Calende;
- la frequenza delle esondazioni nel periodo 1868-1942 è di 1 ogni 23 mesi; nel periodo 1943-1951 diminuisce sino ad 1 ogni 36 mesi per risalire nel periodo 1952-1993 sino ad 1 ogni 19 mesi;
- la piena lacustre del 16.10.2000, con il picco di 197,94 m s.l.m. risulta essere la maggiore dopo quella del 1868 e del 1807 (vedi figura a lato).



Nel grafico sottostante sono diagrammati gli episodi di esondazione del lago a Pallanza, con superamento della quota 195,5 m s.l.m.



Per ciò che riguarda i fenomeni franosi di crollo, dai dati in nostro possesso e dalle informazioni raccolte è possibile segnalare un solo evento significativo: si tratta di una frana di crollo avvenuta il 28 marzo 1984 in corrispondenza del tratto di parete rocciosa compreso tra la Discoteca “La Rocchetta” (già Villa Barazzoni) e l'Hotel Concorde (già Hotel La Rocca).

Si verificò il distacco di una porzione lapidea di forma prismatica, del volume stimato in circa 300 mc, che distrusse una serra, invase completamente il giardino della villa e ostruì in modo parziale la Strada Statale n° 33 “del Sempione”, fortunatamente senza provocare vittime.

A seguito di quest'evento vennero realizzate dall'Impresa EUROCK di Mezzolombardo alcune opere per la messa in sicurezza della sede stradale: in particolare si procedette all'ispezione della parete rocciosa con abbattimento delle porzioni lapidee instabili e la posa di rete metallica a contatto nella parte superiore del versante.

Successivamente vennero eseguite nell'area altre opere da parte dell'Impresa SISCOM di Arona che possono essere così riassunte:

- strumentazione di un settore della parete rocciosa attraverso la posa in opera di 4 trasduttori di posizione collegati ad una centralina di registrazione dati;
- nel settore incombente sull'Hotel Concorde realizzazione sia di interventi di protezione passiva (2 barriere paramassi per complessivi 30 ml e posa di rete metallica) sia interventi attivi (tiranti da 60 tonn, disgaggio e demolizione di porzioni lapidee instabili, ancoraggi meccanici passivi, dreni suborizzontali);
- nel settore sovrastante la Discoteca “La Rocchetta” realizzazione di opere di protezione mediante la posa di rete metallica a contatto.

Distacchi di piccole porzioni lapidee (volume <0,2 mc) sono stati osservati anche in corrispondenza del tornante di Via Partigiani: a seguito di questi episodi tale settore è stato protetto attraverso la posa in opera di rete metallica a contatto.

Riguarda invece ai fenomeni franosi per distacco dei terreni di copertura, solo due sono i casi segnalati: il primo è stato individuato nel Parco dei Lagoni, presso C.na Moretta, ed è costituito da un processo di erosione regressiva al ciglio di una scarpata, con ramificazione di vallecole, (gully); il secondo è un piccolo dissesto localizzato presso il Motto Mirabello ed è costituito da una piccola frana interessante i terreni di copertura, classificabile come “soil slip” o più correttamente, secondo le classificazioni internazionali in uso, come “earth flow”, verificatasi lungo un versante con acclività localmente elevata, in funzione delle caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti.

Per quel che concerne il reticolo minore, si segnalano due aree colpite da esondazione in passato, legate ad una inadeguata manutenzione degli alvei e ad opere di attraversamento non sufficienti.

La prima area si individua a monte di Via General Chinotto, dove nel 1996 si è verificata l'esondazione del rio con allagamenti locali; la seconda è ubicata lungo l'asta del rio Veverino: anche in questo caso la tracimazione del corso d'acqua, avvenuta nel 1998, ha causato

l'allagamento delle aree immediatamente circostanti.

Ambedue le aree sono state oggetto di interventi di sistemazioni con realizzazione di opere di mitigazione del rischio.

## 4. COMMENTO DELLA DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA DI BASE

### 4.1 CARTA GEOLOGICA (TAVOLE 1A-1B)

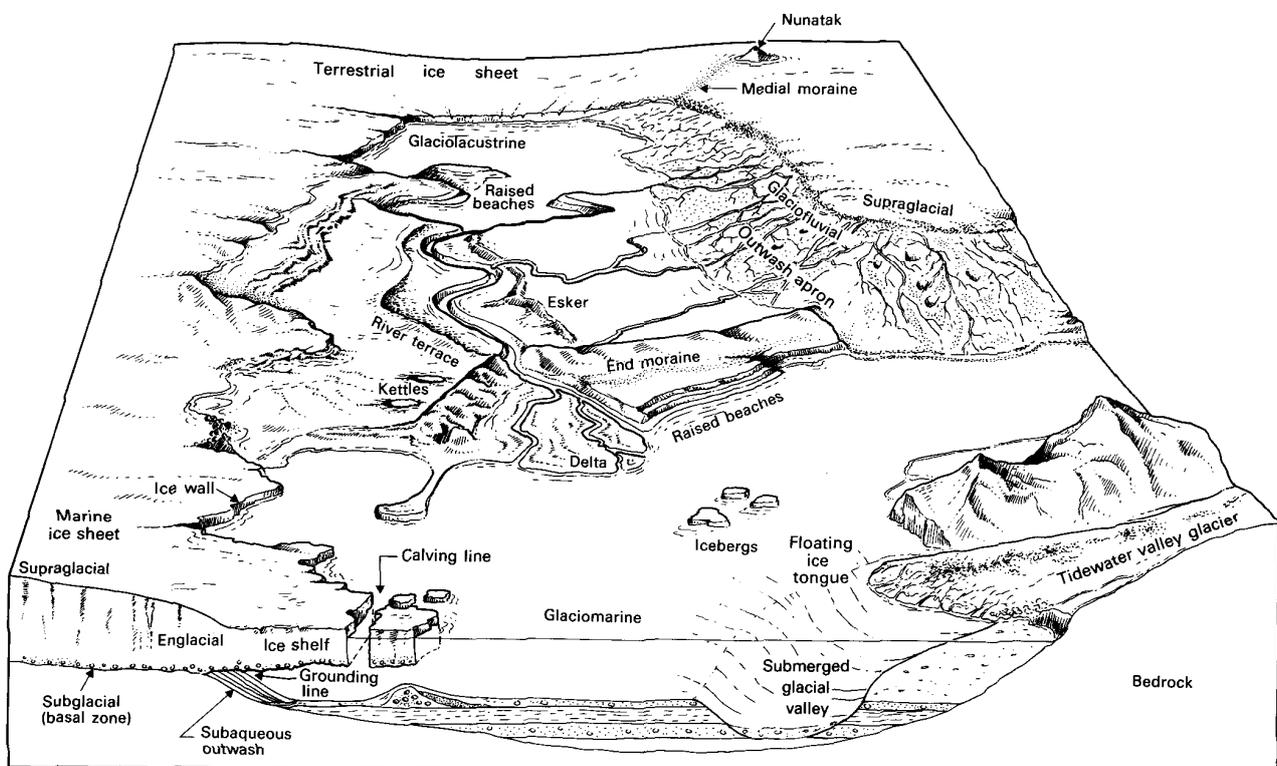
#### 4.1.1 CENNI METODOLOGICI GENERALI

Per quanto riguarda la redazione della carta geologica si è fatto innanzitutto riferimento alla bibliografia geologica ufficiale (Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 - Foglio 31 "Varese"). Si sono inoltre seguite le indicazioni riportate dal Quaderno Serie III volume 1 pubblicato dal Servizio Geologico Nazionale.

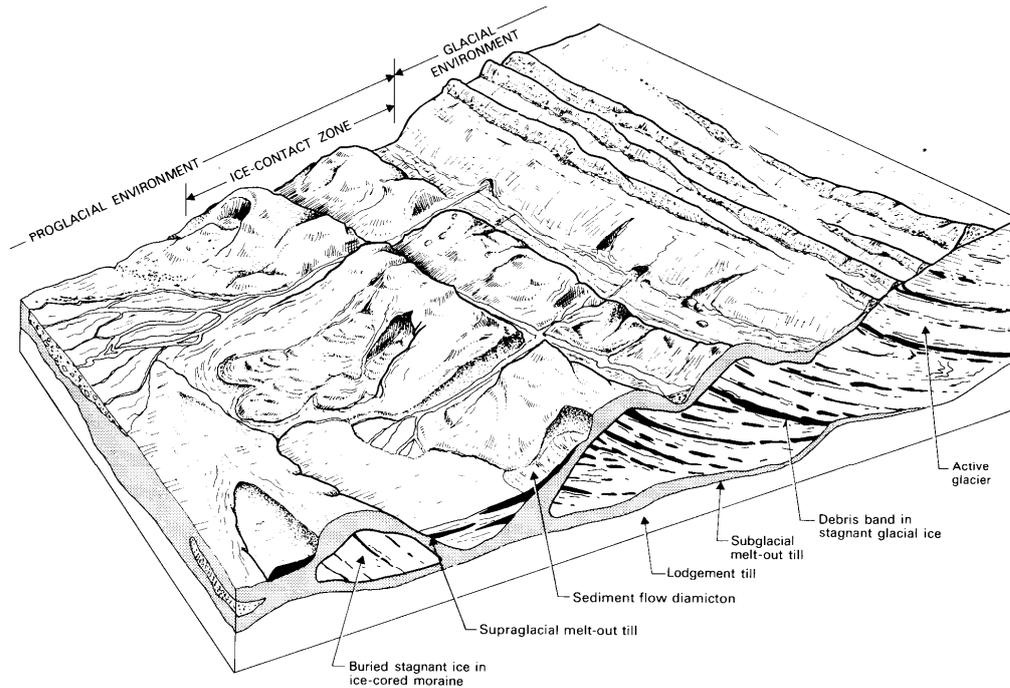
Essendo il territorio comunale caratterizzato dalla presenza di estesi depositi superficiali pleistocenici, per la redazione della carta geologica si è proceduto inoltre alla verifica delle fotografie aeree, che hanno permesso di distinguere le diverse unità su base principalmente geomorfologica.

#### 4.1.2 CENNI METODOLOGICI SUL RILEVAMENTO DEI DEPOSITI QUATERNARI

Nelle pagine seguenti verranno descritte le unità che sono state riconosciute sul terreno sia su basi morfologiche, sia in relazione alle sezioni naturali e/o artificiali che è stato possibile osservare. Per quanto riguarda l'interpretazione dei meccanismi deposizionali che hanno portato alla formazione dei sedimenti rilevati, si ritiene che i due schemi di seguito proposti (tratti da "Sedimentary environments and facies" - curato da H.G. Reading) ben illustrino i fattori ed i processi sedimentari presenti nell'area in esame durante il Pleistocene.

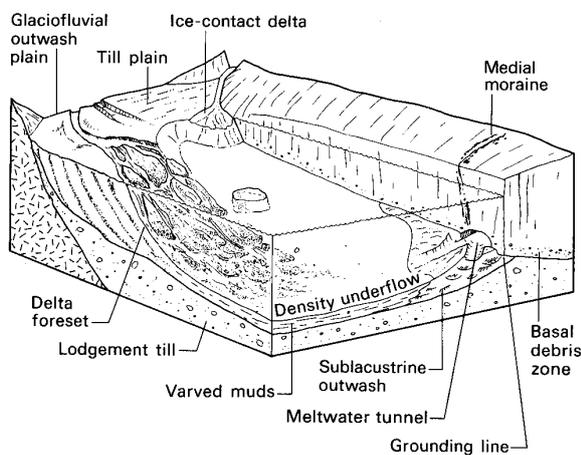


Tipi di ghiacciai, ambienti glaciali e forme glaciali



Sedimentazione nella zona sopraglaciale e proglaciale di contatto di un ghiacciaio in lento ritiro

Lo schema proposto illustra in dettaglio i processi di sedimentazione che si vengono a creare in un lago glaciale, quale poteva essere la situazione nell'area di Arona nel tardo Pleistocene superiore.



Sedimentazione in un lago glaciale

Infatti, nelle ultime fasi di espansione glaciale, il bacino del Lago Maggiore era ormai presente (la chiusura del bacino era stata realizzata dalle cerchie moreniche delle precedenti fasi di espansione) ed era quindi possibile avere la formazione di delta conoidi, delta di contatto glaciale e depositi di piana sublacustre che si immettevano direttamente nel bacino.

Va comunque evidenziato come il rilevamento dei depositi quaternari di ambiente continentale si differenzi decisamente dal rilevamento stratigrafico

classico, poiché tali depositi sono caratterizzati da una elevata variabilità di facies dovute anche alle ridotte estensioni degli ambienti sedimentari, frequenti discontinuità stratigrafiche sia orizzontali che verticali, una varietà di litotipi molto minore, una scarsità di affioramenti ed un controllo operato localmente dalla topografia sulla distribuzione e sulla modalità di affioramento dei depositi.

#### 4.1.3 COMMENTO DELLA CARTA REALIZZATA

Il commento verrà sviluppato prendendo in esame ciascuna delle unità distinte sulla carta geologica, suddividendole in due gruppi principali (substrato roccioso e copertura quaternaria). A conclusione del presente capitolo verrà poi brevemente commentato lo schema dei rapporti stratigrafici ricostruito in base al rilevamento geologico di campagna.

##### 4.1.3.1 *SUBSTRATO ROCCIOSO*

Va innanzitutto premesso che come substrato roccioso si intende sia la roccia affiorante sia quella subaffiorante, con copertura detritico-colluviale inferiore al metro di spessore.

##### **PORFIDI**

Queste rocce, appartenenti al dominio Sudalpino, rappresentano "l'ossatura" dei rilievi presenti a Nord di Arona ed affiorano in modo esteso lungo alcuni spaccati artificiali (S.P. Arona-San Carlo, S.P. San Carlo-Montrigiasco), lungo i versanti che scendono verso la S.S. 33 "del Sempione" e lungo alcuni impluvi.

Si tratta di rocce effusive riferibili al Permiano. Tali rocce furono studiate in modo molto accurato da Max von Kaech, che nel 1902 pubblicò su di esse il lavoro "Des porphyrgebietes zwischen Lago Maggiore und Valsesia" dandone una accurata suddivisione nei diversi litotipi riscontrabili.

Egli distinse nelle rocce porfiriche che affiorano ad Arona 3 litotipi:

a) "Granofiro rosso": esso affiora nella zona Arona-Meina-Ghevio, e presenta le seguenti caratteristiche:

- frattura concoide;
- massa di fondo rosso-bruna che al microscopio presenta una struttura completamente granofirica;
- cospicui granuli di quarzo arrotondati;
- cristalli di feldspato vetroso-brillanti o bianchi, spesso con un nucleo intorbidito dall'alterazione;
- piccole liste di biotite che con la disgregazione lasciano frammenti verdognoli più grossi con un bordo chiaro.

b) "Granofiro modificato": esso affiora direttamente al di sotto delle serie calcareo-dolomitica lungo la S.S. 33 del Sempione per circa 800 m in direzione Nord verso Meina.

È caratterizzato da:

- una massa di fondo porosa color rosso mattone che presentava in origine una struttura granofirica del tutto simile alla roccia prima descritta;
- presenza di quarzo che si presenta leggermente corroso all'esterno;
- il feldspato è di color bianco e per lo più alterato, l'ortoclasio a volte geminato secondo la legge di Baveno;

- la biotite in liste isolate ed alterata in limonite ed a volte in epidoto.
- c) "Felsofiri fluidali marroni": affiorano nella zona della Motta Grande e nella zona del Prato Grande oltre che nelle aree di affioramento precedentemente citate.

Sono caratterizzati da:

- massa di fondo che si frattura in modo scheggioso, di colorazione che va dal rossiccio chiaro al marrone scuro e con strisce con disposizione fluidale colorate di scuro sul campione a mano, al microscopio è ancora più evidente la tessitura fluidale;
- presenza di tavolette di feldspato bianco opaco oppure brillante;
- abbondanza di diesaedri di quarzo arrotondati;
- rara la presenza di biotite che si trova solo di tanto in tanto in piccoli foglietti neri disposti in modo parallelo alla direzione di fluidità;
- in generale i feldspati plagioclasici acidi sono più frequenti rispetto all'ortoclasio;
- rara la presenza di resti di vetro.

Successivamente, nel 1960, M. Balconi, G. Castellana e M. De Maio pubblicarono un lavoro sulle rocce porfiriche di Angera ed Arona (Montrigiasco-Meina) in cui veniva evidenziata la presenza di colate ignimbriche. Essi sottolinearono come queste rocce si caratterizzino macroscopicamente per un colore generalmente rossastro, dai toni variabili dal violetto al rosato e con grado di compattezza variabile ma generalmente buono.

Spesso sul campione sono visibili le tessiture di risaldatura dei brandelli vetrosi e pomicei, appiattiti e subparalleli; cristalli di quarzo, di feldspati e talora anche inclusi litici appaiono dispersi in modo caotico all'interno della roccia. Gli autori evidenziarono inoltre come al microscopio, all'osservazione a nicols paralleli, la struttura ignimbrica fosse ancor più evidente: infatti i fenomeni di risaldamento e compressione sono resi ancora più visibili da una struttura pseudofluidale che disegna i contorni delle gocce vetrose originarie che si flettono intorno ai cristalli ed ai frammenti inclusi.

Queste ignimbriti presentano sempre una completa devetrificazione dei brandelli originariamente vetrosi; un'altra caratteristica assai frequente è la presenza di sferuliti nelle masse devetrificate.

I fenocristalli si presentano in quantità e distribuzione variabile nella roccia, sempre intensamente fratturati e spezzettati in schegge di dimensioni variabilissime.

I minerali che vi si ritrovano sono:

- quarzo: è il più abbondante, in individui dalle dimensioni più varie;
- plagioclasio: scarso, di composizione albite-oligoclasio;
- biotite: presente come accessorio (è l'unico dei femici);
- frammenti litici: rari frammenti di micascisti e gneiss della Serie dei Laghi.

Dalle analisi chimiche che gli autori hanno effettuato è risultata una composizione chimica piuttosto omogenea ed appartenente al chimismo delle rioliti e, secondo la classificazione del Niggli, riferibili al tipo magmatico granitico-aplitico.

Infine si può citare un articolo di T. Taramelli (1903) in cui egli notava il rinvenimento di uno

straterello carbonioso durante lo scavo della galleria ferroviaria tra Arona e Meina, tra le progressive 378 e 379,90.

Egli osservò trattarsi di uno straterello di circa 20 cm di spessore costituito da sostanza carboniosa prossima alla grafite ma combustibile, anche se con difficoltà, che si trovava tra i porfidi quarziferi e le porfirite brecciate, la cui giacitura sui due lati sarebbe stata opposta (35° N-W e 40° S-E).

### **ARENARIE**

Alla sommità dei profidi è presente un orizzonte dello spessore di circa 1 m costituito da arenarie molto fini (spessore 15 cm) passanti ad un livello costituito da arenaria grossolana e microconglomerato (spessore di circa 35 cm) ed infine ad un livello di circa 50 cm di spessore costituito da materiale di colore marroncino chiaro della granulometria dell'arenaria fine.

Questo sedimenti rappresentano un episodio di deposizione in ambiente continentale paragonabile come età e meccanismo, ma non certo per spessore, al "Servino" del Bacino Lombardo.

### **DOLOMIA DI ARONA**

Le rocce che costituiscono la formazione in esame affiorano in un'area che presenta, nel suo complesso, un'estensione di circa 1 kmq. Esse costituiscono il rilievo che si sviluppa alle spalle della città di Arona, verso Nord-Ovest, e su cui era edificato il Castello dei Borromeo.

Da un punto di vista morfologico, verso Sud-Est il rilievo dolomitico si erge dai depositi quaternari con una parete verticale di circa 60-70 m, mentre verso Nord-Est e Nord-Ovest si raccorda in modo dolce, e senza dare variazioni morfologiche di rilievo, con le sottostanti vulcaniti permiane.

La giacitura di queste rocce risulta essere concorde con i sottostanti porfidi, e si mantiene più o meno costante per l'intera sezione; sono stati misurati valori di immersione attorno ai 40° Sud-Est con dei valori di inclinazione attorno ai 30-35°.

All'interno della successione affiorante ad Arona si possono riconoscere numerose specie fossili appartenenti al tipo Mollusca, classi Bivalvia e Gasteropoda, al tipo Echinodermata classe Crinoidea ed alla classe Chlorophyceae famiglia Dasycladaceae.

In particolare sono riconoscibili: *Pecten discites* (Schl. sp.), *Lima striata* (Schl. sp.), *Gervilia costata* (Schl. sp.), *Arca* (*Macrodon?*) *triasina* (R<sup>m</sup>mer), *Myophoria elegans* (Dunker), *Myophoria ovata* (Goldf. sp.), *Pleuromya subundata* (Schaur. sp.), *Pleuromya mactroides* (Schl. sp.), *Natica gaillardoti* (Lefroy), *Natica gregaria* (Schl. sp.), *Chemnitzia Hehlii* (Ziet. sp.), *Turbonilla gracilior* (Schaur sp.), *Encrinus gracilis* (Buch).

Si riconoscono inoltre tre specie di Gyroporelle, quali *Gyroporella multiserialis* (Gumb), *Gyroporella debilis* (Gumb) e *Gyroporella annulata* (Schaufh.) e *Diplopora annulata* (Schafh.).

La carta geologica d'Italia a scala 1:100.000 Foglio 31 "Varese" riferisce le rocce carbonatiche della successione aronese alla formazione del Bacino Lombardo nota come "Dolomia Principale" e riferibile al Norico (Triassico Superiore).

A seguito di studi recentemente eseguiti (sottotesi di Laurea di Marco Marini), è stato possibile osservare, nella parte superiore della successione, i resti di thalli algali di *Diplopora philosophi*

philosophi (Pia): questo fossile, segnalato in altre formazioni della Lombardia, risulta essere un fossile tipico del Ladinico (Zorn, 1971).

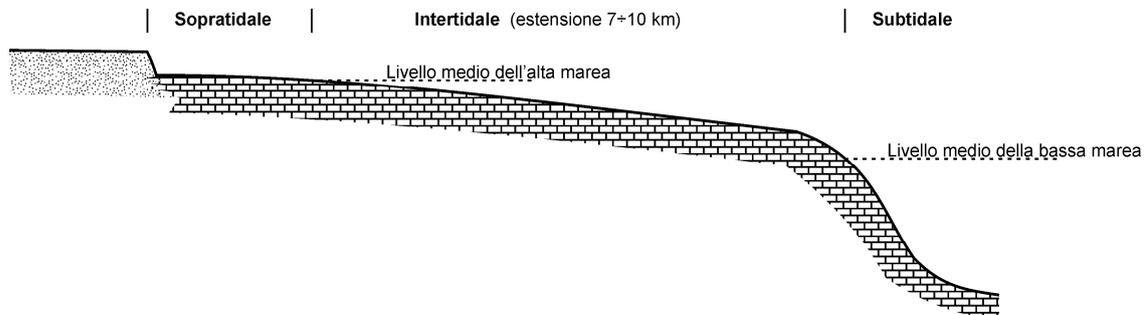
Altri dati sono stati ricercati attraverso lo studio, con il metodo delle polveri, degli orizzonti costituiti da materiale argilloso ma i risultati fino ad ora ottenuti sono stati di scarso aiuto. Infatti questi materiali sono costituiti sostanzialmente da Caolinite, difficilmente correlabile con episodi vulcanici (anche se depositi sedimentari di Caolinite sono noti nel Triassico Medio della Lombardia).

In funzione dei dati sopra descritti è possibile attribuire alla successione aronese un'età Anisico-Ladinica (Triassico medio).

La successione sedimentaria è stata ricostruita in modo dettagliato, nella citata sottotesi, attraverso la realizzazione di una sezione stratigrafica di dettaglio: esaminando la successione nel suo complesso è possibile distinguere 5 diverse zone da un punto di vista paleoambientale (si veda lo schema sotto riportato):

- 1) un primo tratto (spessore m 44,20), che potrebbe rappresentare una successione di piana tidale; è caratterizzato da strati di piccolo spessore di dolomie microcristalline di colore nocciola e subordinati calcari, con frequenti laminazioni generalmente parallele e più raramente incrociate e diffusi ossidi di manganese, sono inoltre presenti sottili interstrati di materiale terrigeno;
- 2) un secondo tratto (spessore m 26,70) che indicherebbe una successione di ambiente intertidale: si tratta di dolomie di colore da giallino a nocciola, talora microcristalline, con presenza di sottilissimi interstrati argillosi. Si caratterizza per la presenza di cicli di piccolo spessore (mediamente tra 20÷50 cm), che iniziano con le stromatoliti e si concludono con le alghe Dasycladacee (ciclo in approfondimento - inverso).
- 3) un terzo tratto (spessore m 59,00) che rappresenterebbe sempre una zona intertidale, ma con strati di spessore maggiore e la presenza di rarissimi orizzonti argillosi (possibile alterazione di materiale vulcanico). Risulta costituito da dolomie compatte passanti a calcilutiti, e subordinati calcari, di colore variabile da nocciola a giallino a rosato in strati di spessore variabile tra 10÷20 cm fino ad oltre 2 m, mediamente pari a 70÷100 cm. Sono presenti orizzonti fossiliferi, costituiti principalmente da Dasycladacee e rari molluschi, e si possono osservare piccole cavità (max 2÷3 cm) talora riempite da materiale di ricristallizzazione.
- 4) un quarto tratto (spessore m 42,10) che potrebbe rappresentare una zona subtidale, con cicli di grosso spessore e abbondante presenza di Dasycladacee. È costituito da dolomie microcristalline compatte, di colore variabile tra il nocciola ed il grigio scuro con orizzonti di colore rosato, in strati di spessore generalmente superiore ai 50 cm. All'interno di questo tratto, soprattutto nella parte sommitale, sono riconoscibili alcune bande di colore nero che potrebbero rappresentare delle zone più porose in cui si è avuto un accumulo di idrocarburi secondari.

5) un ultimo tratto (spessore m 11,10) che indicherebbe una zona da intertidale a sopratidale con evidenze di laminazioni e ripples d'onda. Si tratta in genere di dolomie microcristalline molto compatte di colore grigio chiaro; lo spessore degli strati varia da 1-2 cm fino ad un max di 10 cm, con uno spessore medio attorno ai 5 cm. La presenza di cavità centimetriche dà alla roccia un aspetto di tipo travertinoso.



Schema di piana a sedimentazione carbonatica

### **BRECCE MONOGENICHE**

Di particolare interesse è la presenza, lungo tutto il bordo esterno del corpo dolomitico, di una fascia di brecce dolomitiche monogeniche. Esse presentano uno spessore abbastanza variabile, passando da poche decine di cm nella zona dell'Hotel "La Rocca", fino a 1 m ed oltre nella zona della strada interna che sale verso il Colle di San Carlo.

Sostanzialmente è possibile distinguere due tipi di brecce dolomitiche:

- a) brecce di origine cataclastica;
- b) brecce di origine non cataclastica.

Le prime costituiscono lembi di estensione piuttosto limitata e di piccolo spessore, e sono ben osservabili al primo tornante della strada interna che sale verso il colle di S. Carlo; si presentano in clasti di dimensioni centimetriche, con spigoli vivi, a supporto clastico e senza presenza di matrice.

Le seconde sono di più difficile interpretazione: costituiscono, come è possibile osservare dalla carta geologica allegata, una estesa fascia che borda su tre lati l'affioramento delle rocce dolomitiche. Gli elementi che possono essere presi in considerazione in un tentativo di interpretazione sono i seguenti:

- sono brecce a spigoli vivi, senza apparente selezione ed a supporto clastico con matrice scarsa (foto 6);
- sono costituite esclusivamente da clasti di dolomia, l'unica eccezione finora trovata è un clasto costituito da materiale derivante dallo smantellamento di un probabile paleosuolo.

La genesi di queste brecce potrebbe essere collegata a fenomeni di sollevamento del corpo dolomitico con la formazione di una parete verticale ed accumulo di detrito di versante lungo la

parete stessa; resta il problema della costituzione monogenica di queste brecce che potrebbe essere spiegato ammettendo che i porfidi sottostanti non fossero ancora disponibili per l'erosione ed i depositi glaciali e fluvioglaciali non fossero ancora depositi.

A seguito di questa spiegazione sarebbe possibile collegare la formazione di queste brecce con la fase di sollevamento Alpina ed attribuire loro un'età Oligocenica-Miocenica.

Data l'impossibilità di definire con certezza i rapporti stratigrafici tra questa unità e quelle adiacenti, non si può escludere che la genesi di tali brecce sia legata a processi di degradazione in ambiente periglaciale e quindi di età molto più recente.

### **ARGILLE PLIOCENICHE**

Si tratta di argille grigie fossilifere riferibili alla trasgressione marina del Pliocene. La loro presenza è stata segnalata in varie località nelle vicinanze di Arona: a Oleggio Castello, a Gattico (nei lavori per la costruzione della galleria ferroviaria) ed a Gozzano.

Ad Arona è conosciuto un piccolo affioramento di questa formazione presso la Cava Angioletti dove le argille plioceniche si presentano deformate e sembrano essere state trascinate in superficie dal sollevamento della dolomia stessa. Le specie fossili dominanti, come segnalato da Bertolotti (1988), sono:

*Chlamys seniensis* (Lamarck), *Conus striatulus* (Brocchi), *Corbula gibba* (Olivi), *Lunatia catena* (Da Costa), *Amiclina cabrierensis* (Brocchi) e *Neopycnodonte navicularis* (Brocchi).

#### **4.1.3.2 DEPOSITI QUATERNARI**

Nelle pagine seguenti verranno descritte le unità che sono state riconosciute sul terreno sia su basi morfologiche sia in relazione alle sezioni naturali e/o artificiali che è stato possibile osservare.

Per questo motivo, diversi Autori hanno contribuito alla ricerca dei metodi stratigrafici più idonei allo studio dei depositi quaternari. Le unità proposte nel corso degli ultimi anni sono le seguenti:

- unità litostratigrafiche (Zagwijn,1957; Crandell,1963-1969; Morrison,1965; American Commission on Stratigraphic Nomenclature,1970);
- unità morfologiche (Frye e Willman,1962; Richmond,1962);
- unità pedostratigrafiche (Brewer e Sleeman,1970; Ruhe,1965; Morrison,1967; Richmond e Frye, 1957);
- unità biostratigrafiche (Azzaroli e Cita,1969);
- unità geoclimatiche (Van der Hammen et al.,1971; Lutting,1958-1965; Krasnov,1965; American Commission on Stratigraphic Nomenclature,1970; Meier,1965; Hoinkes,1968);
- unità cronostratigrafiche (Wilcox,1965; Kaizuka,1968; Morrison,1967-1968; Flint,1971).

Nel 1987 Bini ha proposto, almeno per le regioni alpine, l'utilizzazione dei "complessi glaciali" (dall'inglese "Drift"), nella cui istituzione vengono accorpati diversi criteri, dai litologici ai geomorfologici, sfruttabili nelle nostre regioni. Successivamente la Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica ha istituito diversi gruppi di lavoro col compito di operare una revisione del Codice Italiano di Stratigrafia; il gruppo di lavoro sul Quaternario, costituito da Bini,

Bosi, Carraro ed Orombelli, ha corretto i concetti stratigrafici utilizzati nella stratigrafia del Quaternario, per legare meglio il rilevamento alle caratteristiche dei corpi sedimentari, liberandosi da concetti soggettivi come l'età o il clima, ed ha stabilito il tipo di unità stratigrafica più adatto al rilevamento dei depositi continentali quaternari, considerando anche il fatto che essi non sono tempo-paralleli. In questo contesto si è comunque preferito, viste anche le finalità del lavoro, utilizzare delle unità informali, definite come Complessi, ulteriormente suddivise, ove necessario, in Unità, secondo un principio essenzialmente litostratigrafico e, subordinatamente, morfologico. La scarsità di affioramenti ha reso tuttavia difficile la distinzione delle varie unità.

Per quanto riguarda i depositi glaciali, la teoria classica di Penck & Bruckner prevedeva la suddivisione delle grandi glaciazioni quaternarie in quattro fasi: Gunz, Mindel, Riss e Würm (di cui, nell'anfiteatro morenico del Verbano, erano riconoscibili le sole fasi Mindel, Riss e Würm).

Come detto nei capitoli precedenti, recenti studi hanno permesso di evidenziare come in realtà gli episodi di avanzamento e regressione dei ghiacciai risultino molto più numerosi, e assai più complessa è la distinzione delle varie fasi.

Per la classificazione dei depositi glaciali non si farà quindi riferimento alla suddivisione proposta Penck & Bruckner, ma si cercherà di sviluppare una distinzione dei diversi complessi in funzione delle più recenti teorie.

### ***COMPLESSO DI MONTRIGIASCO***

Rappresenta i depositi della più antica fase di espansione glaciale rinvenuta nell'area in studio (Pleistocene superiore): sono distinguibili depositi di facies glaciale, glaciolacustre e fluvioglaciale.

#### *UNITÀ DI MONTRIGIASCO*

Sono depositi in facies glaciale costituiti da sabbie e sabbie limose, inglobanti ciottoli e blocchi da subangolari a subarrotondati di dimensioni medie variabili tra 20÷40 cm; i ciottoli, prevalentemente graniti e gneiss, si presentano da poco a mediamente alterati (specialmente quelli costituiti da micascisti).

Questi depositi sono ricoperti da coltri loessiche, anche se, per la scarsità di affioramenti, non sono mai stati rinvenuti in giacitura primaria. Sui fianchi ed alla sommità dei versanti sono presenti grossi erratici

Questi materiali occupano un'area molto estesa del territorio comunale (settore occidentale), dando luogo a cordoni morenici allungati in senso NE-SW, nella parte Nord, che costituiscono i rilievi di Montrigiasco (Motto del Pruschio e Motto del Lupo con quote massime di circa 500 m s.l.m.), Motto Mirabello (519 m s.l.m.), Motta Grande (400 m s.l.m.) ed allungati in senso NNW-SSE a Sud-Ovest di Mercurago (Motto Carrè e Motto Lagone, quote comprese tra 300÷330 m s.l.m.).

#### *UNITÀ DI S. EUFEMIA*

Si tratta di depositi in facies fluvioglaciale costituiti da sabbie e ghiaie, talora passanti a sabbie fini

limose.

Questi depositi occupano due limitate porzioni del territorio comunale, costituendo la piana presente in corrispondenza dell'abitato di Montrigiasco e quella che si estende a nord di Oleggio Castello.

#### UNITÀ DEL LAGONE

Sono depositi in facies glaciolacustre costituiti da limi ed argille organiche e torbe.

Occupano un'ampia depressione intramorenica a Sud-Ovest di Mercurago (loc. Lagone), di cui restano relitti ancora due piccoli specchi d'acqua.

#### **COMPLESSO DI MERCURAGO**

Sono i depositi dell'ultima fase di espansione e sono distinguibili in depositi di facies glaciale e di contatto glaciale.

#### UNITÀ DI MERCURAGO

Sono depositi in facies glaciale, costituiti da prevalenti sabbie e sabbie-limose poco alterate, inglobanti ciottoli e blocchi anche di elevate dimensioni. Formano dei piccoli cordoni morenici, allungati in senso NW-SE, che costituiscono due modesti rilievi in corrispondenza dell'abitato di Mercurago (morene ascrivibili alla medesima fase si ritrovano a Dormelletto in corrispondenza della Chiesa Parrocchiale).

#### UNITÀ DI DORMELLO E DI SALVANA

Sono depositi in facies di contatto glaciale che formano due terrazzi allungati e degradanti in senso NW-SE, separati da una scarpata di altezza pari a circa 2÷3 m. In funzione di quanto osservato in corrispondenza di alcuni spaccati naturali, confermato dai dati provenienti da alcune prove penetrometriche eseguite, è possibile affermare che questi depositi risultano costituiti da sabbie limose e sabbie, che si intercalano a sabbie ghiaiose e ghiaie.

Queste due unità costituiscono il settore subpianeggiante che si estende tra la frazione di Mercurago e l'abitato di Dormelletto.

#### **COMPLESSO DEL MONCUCCO**

Sono i depositi riferibili alla fase di ritiro tardiglaciale, e sono distinguibili in depositi di facies glaciale, di facies fluvioglaciale e di facies glaciolacustre.

#### UNITÀ DEL MONCUCCO

Si tratta di depositi in facies glaciale: è stato possibile osservare una bella sezione in corrispondenza di uno spaccato artificiale alla sommità dell'ex-cava Fogliotti. Sono costituiti da sabbie fini e sabbie limose poco alterate non stratificate, in cui vengono inglobati ciottoli e blocchi anche di dimensioni medie comprese tra 20÷50 cm, ma che occasionalmente possono raggiungere i 100 cm; i clasti si presentano generalmente poco o non alterati e di forma da subangolare a subarrotondata. Non è stata osservata la presenza di coltri eoliche.

Questi depositi costituiscono sia morene frontali, dirette in senso ENE-WSW o NE-SW, sia morene

lateralali con andamento prevalente in senso N-S o NNE-SSW

#### UNITÀ DI C.NA VESCOVO

Si tratta di depositi fluvioglaciali connessi all'azione degli scaricatori legati alle morene dell'Unità del Moncucco. Si tratta di prevalenti sabbie e subordinate ghiaie, talora immerse in una matrice sabbioso-limosa. La distinzione di questa unità è stata fatta sostanzialmente su base geomorfologica e ad essa è stato ascritto il terrazzo posto alla base della parete rocciosa dolomitica.

#### UNITÀ DELLA TORBIERA

Si tratta di depositi glaciolacustri a granulometria fine, limi e argille organiche, talora ricchi di torbe, con tutta probabilità legati allo sbarramento di piccole depressioni e piane intramoreniche ad opera di piccole morene frontali. Questi materiali costituiscono due aree: una in località Torbiera ed una nella piana a Sud-Est della frazione Campagna.

#### **COMPLESSO DI ARONA**

In questo complesso sono state riunite tutte le unità post-glaciali attribuibili sostanzialmente a facies di tipo fluviale-lacustre, fluviale e detritico-colluviale.

#### UNITÀ DI ARONA

Si tratta dell'unità su cui sorge gran parte dell'abitato di Arona. I numerosi dati a nostra disposizione, provenienti dalle indagini geognostiche effettuate sul territorio comunale, hanno permesso di confermare l'estrema eterogeneità dei depositi ascrivibili a questa unità: si passa infatti da ghiaie con ciottoli e sabbie a limi e limi sabbiosi.

Pertanto nell'Unità di Arona sono stati raggruppati depositi legati a diverse facies deposizionali: si va infatti da depositi di natura francamente fluviale a depositi di delta-conoide, fino a depositi di origine lacustre, non cartografabili separatamente (ad eccezione dei depositi di delta-conoide, distinti sostanzialmente su base morfologica).

#### UNITÀ DELLA FORNACE

Sono depositi in facies detritico-colluviale: costituiscono una fascia ai piedi della parete rocciosa dolomitica ed alla base dei versanti incombenti sulla S.S. 33 "del Sempione", a Nord di Arona, in direzione Meina. Si tratta in genere di materiale a granulometria medio-grossolana (ghiaie e sabbie) in matrice, talora estremamente abbondante, costituita da limi sabbiosi e sabbie-limose.

#### UNITÀ DELLA STAZIONE

Si tratta di un'unità analoga all'Unità di Arona, da cui è separato da una scarpata (con pendenza variabile), di altezza pari a 4÷5 m.

Anche in questo caso la granulometria dei materiali risulta estremamente variabile, passando da ghiaie con ciottoli e sabbie (nella zona del Torrente Vevera) a sabbie, limi e limi sabbiosi (nelle restanti zone). In quest'unità sono stati raggruppati depositi di natura fluviale e lacustre (non cartografabili separatamente per la scarsità di informazioni), mentre non appare riconoscibile una

facies di delta-conoide.

#### UNITÀ DEL LIDO

In questa unità sono stati raggruppati in facies lacustre e depositi in facies di delta-conoide: si tratta in genere di materiali a granulometria medio-fine (sabbie, sabbie limose, e limi) a cui sono intercalati livelli a granulometria più elevata (ghiaie e sabbie).

Questi depositi sono distribuiti lungo l'attuale sponda del Lago Maggiore in due settori, uno a Nord dell'abitato di Arona (in direzione Meina) ed uno a Sud del Cantiere della Navigazione, e costituiscono il delta-conoide del Torrente Vevera.

#### UNITÀ DEL TORRENTE VEVERA

Rappresenta i depositi dell'alveo attivo del Torrente Vevera, caratterizzati da una granulometria decrescente procedendo verso la foce e passante da prevalenti ghiaie e ciottoli con sabbie (a monte del ponte sulla S.S. 142) a prevalenti sabbie con limo e ghiaia (a valle del ponte di Via Gen. Chinotto). Localmente questi depositi costituiscono delle piccole barre longitudinali e di meandro.

#### *4.1.3.3 SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI*

Nel presente paragrafo sono ricostruiti i rapporti stratigrafici tra le varie unità individuate, schematizzati per maggiore facilità di lettura nella pagina seguente.

La successione stratigrafica individuata presenta alla base le vulcaniti del Permiano, su cui si depositano, in discontinuità stratigrafica, le arenarie ed i conglomerati del Triassico inferiore (Scitico).

A partire dall'Anisico e fino al Ladinico (Triassico medio) si assiste ad una trasgressione marina con l'instaurarsi di un ambiente di piattaforma carbonatica e la deposizione dei carbonati che costituiscono la Dolomia di Arona.

Dopo una lacuna temporale di circa 150 milioni di anni, a cavallo tra l'Oligocene ed il Miocene si ha la probabile formazione delle brecce dolomitiche mentre, dopo un'ulteriore lacuna temporale, si ha la grande trasgressione Pliocenica con la deposizione delle argille fossilifere.

A partire dal Quaternario, l'ambiente sedimentario è dominato dalle ripetute avanzate glaciali che modellano definitivamente il territorio del Verbano.

I depositi riferibili alle fasi mindelliana e rissiana degli Autori non sono stati riconosciuti nel territorio comunale di Arona. I depositi glaciali più antichi nella zona sono rappresentati dal Complesso di Montrigiasco (Pleistocene superiore), e costituiscono la cerchia più esterna responsabile dell'attuale sbarramento lacustre.

I depositi riferibili all'ultima fase di espansione glaciale sono probabilmente attribuibili al Complesso di Mercurago (Pleistocene superiore), con l'accumulo di modesti cordoni morenici nella zona compresa tra Mercurago e Dormelletto.

Successivamente (tardo Pleistocene superiore ?) nel corso di una fase di arretramento del ghiacciaio del Verbano, che si attesta sul rilievo calcareo della Rocca, avviene la deposizione dei

depositi glaciali di ablazione ancora riconoscibili (Unità del Moncucco), con scaricatori che riversavano le acque all'interno di un bacino lacustre in via di formazione per lo sbarramento effettuato dalle cerchie moreniche più antiche.

Tra il tardo Pleistocene superiore e l'Olocene, l'area di Arona era interessata da sedimentazione in facies di piana alluvionale (Unità di Arona), in continuità con il bacino lacustre; il terrazzo che separa quest'unità dalla successiva potrebbe rappresentare un'antica linea di sponda (interessante a questo proposito osservare la presenza di piccole cavità allineate alla medesima altezza in prossimità dell'Hotel Concorde, a quote analoghe a quelle del terrazzo, che potrebbero rappresentare una sorta di solchi di battente).

Verosimilmente, successivi abbassamenti del livello del lago portarono alla formazione di due scarpate, con la creazione di nuove piane (Unità della Stazione e Unità del Lido) a quote inferiori rispetto alla precedente, ma con caratteristiche deposizionali sostanzialmente analoghe, e la conseguente formazione di nuove linee di costa. I depositi dell'alveo attivo del Torrente Vevera chiudono la sequenza stratigrafica del territorio aronese.

#### 4.1.3.4 CENNI SULL'ASSETTO STRUTTURALE

Si è già accennato alla presenza di un probabile sistema di faglie nell'area presa in esame; ora si tenterà di dare al problema un inquadramento generale, facendo riferimento anche agli elementi strutturali a scala regionale presenti nell'area.

L'elemento strutturale più significativo a scala regionale, nell'area in esame, è senza dubbio la "*Linea della Cremosina*", che presenta un andamento Nord Est-Sud Ovest e che passa circa 10 km a Nord dell'abitato di Arona.

Ora, come già evidenziato, ad Arona è sicuramente presente una superficie di faglia che ha dato luogo a delle evidenze morfologiche ben visibili.

L'orientamento del piano lungo il quale si è avuto il movimento è all'incirca NNE-SSW, per cui con un andamento abbastanza concorde con la "*Linea della Cremosina*", di cui può essere considerato un elemento vicariante.

Il movimento lungo questo piano ha senza dubbio due componenti:

- la prima subverticale (con la zona ribassata verso Sud) che ha generato la parete attuale di oltre 70 metri di altezza;
- la seconda di tipo trascorrente con movimento destro (come è verificabile dai gradini presenti sulla superficie di faglia).

Per quanto riguarda l'età di questi movimenti è possibile pensare a diversi fasi di sollevamento:

- una prima fase ricollegabile alla formazione delle brecce monogeniche non cataclastiche e riferibile, probabilmente, all'Oligocene-Miocene;
- una seconda fase pre-würmiana e sicuramente post-pliocenica, come testimoniato dal fatto che la "*Dolomia di Arona*" nel suo sollevamento ha trascinato anche parte delle Argille Fossilifere Plioceniche;

- una terza fase post-pleistocenica, come affermato dal Carraro che, come esempio, ha citato la cattura carsica, presso Cascina Vescovo, di uno scaricatore glaciale.

#### 4.2 CARTA GEOMORFOLOGICA E DEL DISSESTO (TAVOLA 2A E 2B)

##### 4.2.1 CENNI METODOLOGICI

Lo studio dell'area in esame è stato affrontato secondo due diversi tipi di metodologie, comunque fra loro complementari:

1. attraverso lo studio delle fotografie aeree, con particolare riferimento a quelle relative al nuovo rilievo fotogrammetrico;
2. attraverso la ricerca sul terreno sia in fase preliminare, sia dopo lo studio delle fotografie aeree come verifica dei dati ottenuti attraverso di esse.

È stata inoltre effettuata una consultazione dell'archivio pubblico AVI (catalogo eventi di frana e di piena), il cui risultato è fornito nella sottostante tabella.

Numero	Località	Data	Ambiente fisiografico
2000265	Arona (Comune di)	//	
10500172	Arona (Comune di)	15/5/1998	Collina
8500171	Campagna	--/1/1996	Collina
8500170	Montrigiasco	11/1/1996	Collina
8500167	Motto Mirabello - Via Sondrio	13/1/1996	Collina
8500168	Dagnente	13/1/1995	Collina
8500168	Campagna	13/1/1995	Collina
8500168	Motto Mirabello	13/1/1995	Collina
6500080	Arona - Lungo la SP per San Carlone	5/11/1994	Collina
502569	Riposo (San Carlo di Arona)	3/11/1976	Collina

Nelle relative schede non sono riportati elementi che consentano l'esatta ubicazione, ma si tratta, in ogni caso, di eventi già a conoscenza degli scriventi.

Il quadro IFFI, ora disponibile on-line sul sito dell'ARPA Piemonte, è stato consultato ed utilizzato per la revisione della Carta geomorfologica e dei dissesti.

Infine è stata consultata la cartografia P.A.I. riportando in carta i dissesti segnalati.

Per ciò che riguarda la legenda utilizzata per la stesura della carta, si è fatto riferimento alla *Legenda Regionale per la redazione della carta geomorfologica e del dissesto dei P.R.G. redatta in conformità alla Circ. 7/LAP e successiva N.T.E./99" Allegato 2 della D.G.R. 15 luglio 2002 n. 45-6656.*

##### 4.2.2 COMMENTO DELLA CARTA REALIZZATA

Dal punto di vista fisiografico, l'area in esame può essere suddivisa in due grandi settori a caratteristiche differenti. La parte settentrionale, con rilievi più accentuati e versanti generalmente acclivi, è dominata da processi di versante e fluviali, a loro volta controllati in buona parte dalle grandi discontinuità tettoniche presenti, con forme di erosione concentrata. nettamente differente, il settore meridionale è caratterizzato da un paesaggio blandamente ondulato, con dolci rilievi

collinari intersecati da piane leggermente digradanti in prevalenza verso meridione, ed è direttamente connesso all'azione di sedimentazione glaciale, fluvioglaciale e, talora, glaciolacustre. Il reticolato idrografico si adegua a questa situazione geomorfologica: ad un fitto sistema di vallecole a pattern dendritico nel settore settentrionale, collegato in gran parte all'azione diretta delle acque meteoriche, si contrappone, a Sud, un rado reticolato composto da alvei pressoché rettilinei o blandamente sinuosi, scarsamente ramificati e collegati alla locale emergenza della falda freatica nelle depressioni topografiche.

Infine, per quanto riguarda l'evoluzione pedogenetica dei sedimenti presenti nel territorio, sono stati osservati principalmente suoli poco evoluti di apporto, secondo la nomenclatura francese (Duchaufour, 1983), impostati generalmente sulle coltri colluviali, ed un paleosuolo relitto, di tipo fersiallitico, relativo a pedogenesi in clima tropicale, evoluto sulle vulcaniti e del quale rimane solamente parte dell'orizzonte inferiore.

Nella carta si sono distinte sia forme di erosione che depositi riconducibili a diversi tipi di processi:

- a. idrografia e forme ed elementi di origine lacustre;
- b. forme fluviali, fluvioglaciali e di versante;
- c. dissesti torrentizi e fluviali;
- d. forme glaciali;
- e. forme di versante dovute alla gravità;
- f. forme carsiche
- g. forme antropiche.

Per la distinzione delle forme e dei depositi generati dai vari processi si è fatto uso di diverse colorazioni, separando le forme ed i processi attivi o quiescenti da quelli non più attivi. A tale proposito si ricorda quanto descritto esaurientemente da Bisci & Dramis (1991): "...per *forma attiva* si deve intendere una forma che evolve sotto l'attività dei processi geomorfici che l'hanno generata e *forma inattiva* una forma che non evolve più sotto l'attività di quei processi". Inoltre gli autori aggiungono che "...debbono essere considerate *attive* solamente le forme che possono tuttora essere modificate dagli stessi agenti che ne hanno determinato la genesi e condizionato l'evoluzione. D'altro canto, qualora ci si trovasse di fronte ad una forma prodotta da un agente genetico ormai non più presente, che dovesse richiedere modificazioni sostanziali ... per poter tornare ad intervenire efficacemente nell'area... si potrà senz'altro dire che tale forma deve senz'altro essere classificata tra le *inattive*".

Da quanto sopra si deduce che le forme che hanno cessato la loro attività possono essere soggette a processi di smantellamento ad opera di fattori geomorfici diversi da quelli che le hanno generate: i.e. le forme rimodellate o modificate (da processi diversi da quelli di origine) devono essere considerate *inattive*.

E' questo il caso delle forme glaciali e fluvioglaciali, generate in ambienti ormai estinti, che potrebbero ritornare ad agire nella zona in esame solo a seguito di sostanziali modificazioni climatiche, o anche delle forme fluviali: relativamente a queste ultime gli autori propongono

l'esempio di un deposito alluvionale che può essere considerato *attivo* (o *riattivabile*) solo se il fiume che lo ha generato raggiunge la sua superficie sommitale in regime ordinario o straordinario (secolare) mentre deve essere inserito tra le forme *inattive* se la tracimazione necessita di interventi quali modificazioni climatiche, sbarramenti antropici o gravitativi.

In conclusione, alla luce di quanto sopra illustrato, nelle tavole geomorfologiche sono state cartografate come inattive tutte le forme che non sono più soggette a modificazioni dagli stessi processi che le hanno generate, quali ad esempio le scarpate di origine glaciale e fluvioglaciale della zona dei Lagoni, mentre i processi di rimodellamento presenti lungo le suddette scarpate, sotto forma di erosioni concentrate e frane della copertura, sono stati cartografati come attivi.

- a. *Idrografia e forme di origine lacustre*: nella tavola non sono stati riportati gli andamenti dei corsi d'acqua presenti, suddivisi in corsi d'acqua iscritti all'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Novara, corsi d'acqua ad alveo demaniale e corsi d'acqua con alveo privato o individuati attraverso la cartografia fotogrammetrica, identificandone i tratti a cielo o intubati. Per questi ultimi tratti, non essendo possibile identificarne esattamente la posizione perché "mascherata" dall'urbanizzazione, si è fatta una ricostruzione per mezzo delle informazioni fornite dall'Ufficio Tecnico comunale. Si sono poi indicati il limite di massima esondazione lacustre, registrato nel corso dell'evento del 2000, e le zone sartumose, legate alla locale emergenza della falda freatica nelle pianure depresse all'interno dei depositi glaciali, quali la depressione del Lagone, corrispondente ad un antico bacino glaciolacustre. Da ultimo è stato indicato il fronte in progradazione del delta-conoide del T. Vevera.
- b. *Forme fluviali, fluvioglaciali e di versante*: sono, insieme alle forme glaciali, quelle meglio rappresentate nel territorio in esame. Le forme di erosione consistono di solchi di ruscellamento concentrato e di vallecole di varia natura, sia attive che inattive in funzione dei luoghi. Ulteriori forme di erosione sono costituite da orli di terrazzo o scarpata distinti dai pendii, in base alla pendenza rispettivamente elevata o blanda, ed in base all'altezza; si individuano sia forme attive che inattive in funzione dell'agente geomorfico che le ha generate: in particolare le forme attive sono ubicate lungo i corsi d'acqua attuali e, segnatamente, lungo il T. Vevera. Infine sono state individuate, tramite fotointerpretazione, alcune tracce di corsi d'acqua estinti debolmente incassati rispetto alla pianura circostante: alcuni riattivabili lungo l'asta del T. Vevera, altri non più ricollegabili a corsi d'acqua presenti nel territorio. Le forme di accumulo sono rappresentate dalle superfici delle antiche piane prodotte dagli scaricatori fluvioglaciali, interposte ai cordoni morenici; ad esse si aggiungono i conoidi di deiezione, localizzati in vari punti del territorio comunale ed il delta-conoide del T. Vevera, in progradazione.
- c. *Dissesti torrentizi e fluviali*: sulla base di quanto rilevato in sito, dei dissesti segnalati dal P.A.I., di quanto emerso dallo studio idraulico sviluppato nel 1999 e delle osservazioni fatte in occasione degli eventi alluvionali del 1994 e del 2000, è stata effettuata una suddivisione dei dissesti torrentizi in base alla loro potenziale pericolosità. Lungo il torrente Vevera, nel tratto

compreso tra il ponte in Valle Vevera ed il ponte di Via Monte Pasubio è stata definita come area con processi ad intensità elevata  $Eb_A$ , quella identificata dalla cartografia PAI e sostanzialmente coincidente con quanto emerso dallo studio idraulico del 1999. Per quanto concerne invece il tratto compreso tra il ponte di Via Monte Pasubio e la foce, è stato definito un dissesto lineare ad intensità elevata  $Eb_L$ , conformemente a quanto previsto dalla cartografia PAI, non ritenendo, per questo settore, del tutto adeguato il modello idraulico sviluppato nel 1999. E' stata invece definita come area con processi ad intensità moderata  $Em_A$  il settore compreso tra i limiti dei terrazzi morfologici, attivi e non, ed il perimetro  $Eb_A$ ; a tale proposito si evidenzia che nel tratto terminale del T. Vevera i dislivelli tra le superfici dei terrazzi si riducono sensibilmente per ovvi motivi morfologici e subiscono inoltre un netto effetto di mascheramento dovuto all'urbanizzazione dell'area: si riconoscono, pertanto, solo blande ondulazioni che sono state utilizzate per la delimitazione morfologica delle aree esondabili delle quali si è detto .

Sono state inoltre definite come aree con processi ad intensità moderata  $Em_A$  quella relativa al Rio Veverino nel tratto a valle di Via Crosa fino alla confluenza nel Torrente Vevera e quella relativa al corso d'acqua ubicato tra Via General Chinotto e Via Gen. Lamarmora. Ambedue queste perimetrazioni sono state fatte in funzione di quanto osservato o comunicato in occasione dei fenomeni esondativi del 1998, integrando queste informazioni con valutazioni di tipo geomorfologico.

Sono stati inoltre riconosciuti dissesti di tipo lineare in corrispondenza Rivo Olina e del Torrente Cravera, legati prevalentemente alla incisione progressiva di modeste vallecole a V, con erosione di fondo e sulle sponde, entrambi i dissesti sono classificati con  $Em_L$ .

Per quanto riguarda lo stato di attività dei conoidi, sono sovente caratterizzati da canali di alimentazione in fase di incisione (*conoide alluvionale stabilizzato* - Cs) o da assenza di canale di alimentazione (*conoide relitto*). Si differenzia unicamente la parte terminale del delta-conoide del T. Vevera, la cui cuspidè è tuttora attiva, classificato come *conoide alluvionale a pericolosità medio-moderata senza interventi di sistemazione* (CAm1).

- d. *Forme glaciali*: consistono unicamente di forme di accumulo, ovviamente inattive, sotto forma di depositi glaciali. Dal punto di vista dell'analisi di facies, osservazioni compiute lungo i rari affioramenti rinvenuti nell'area in esame e l'analisi morfologica, hanno consentito di distinguere i till di alloggiamento e ablazione (non differenziati per scarsità di affioramenti) dai depositi di contatto glaciale e da quelli glaciolacustri.
- e. *Forme di versante dovute alla gravità*: si distinguono nella zona in esame forme di erosione, sotto forma di nicchie di distacco di frane legate a meccanismi di crollo, nel substrato dolomitico, e di tipo debris flow - soil slip nei terreni di copertura. Per quel che concerne le frane di crollo, sono presenti lungo la parete rocciose che costituisce la Rocca Borromea e sono state oggetto, in più fasi, di interventi di messa in sicurezza attraverso la realizzazione di rafforzamenti corticali attraverso la posa di reti armate, e la realizzazione di un breve tratto di

barriera paramassi. La cartografia PAI evidenzia poi un settore, riportato in carta, caratterizzato da una potenziale instabilità diffusa: nel corso di questi anni alcune aree poste a valle di questi settori sono state interessate dalla posa di barriere e rilevati paramassi. Per quanto riguarda le forme di accumulo, sono stati osservati depositi detritico-colluviali e detritici di versante, in gran parte non più attivi, lungo il versante meridionale della Rocca di Arona e il versante ad oriente del S. Carlone, prospiciente il lago.

Per quanto concerne invece le frane che interessano i depositi incoerenti, si tratta, come detto, di tipo debris flow - soil slip di limitata estensione e per lo più stabilizzati.

- f. *Forme carsiche*: l'area carsica di Arona è localizzata nella serie di calcari dolomitici del Trias poggianti sulla formazione impermeabile costituita dalle vulcanici permiane. I fenomeni carsici, epigei ed ipogei, si manifestano con la presenza di doline, inghiottitoi e cavità di limitato sviluppo. Le doline presentano generalmente un aspetto molto arrotondato ed una profondità poco accentuata; in molti casi risultano coperte da depositi quaternari. L'ubicazione dei due inghiottitoi presenti nell'area è riportata in carta (Tavole 2A e 2B). Il primo, indicato con I1, si apre in corrispondenza di alcuni giunti di strato tra i calcari e raccoglie le acque provenienti da vasti e profondi avvallamenti, ricoperti da un ampio strato di torba, posti al contatto tra calcari e porfidi; il secondo (I2) è costituito da una vasta depressione assorbente: tale inghiottitoio, normalmente alimentato da alcune sorgenti temporanee, origina un lago in caso di forti piogge. Le cavità che costituiscono il carsismo ipogeo, sono localizzate in un'area piuttosto estesa del territorio comunale, che si estende grossomodo dalla Rocca Borromea alla Valle Vevera. Considerando innanzitutto le cavità da G1 a G8 si può dire che hanno, in generale, dimensioni piuttosto limitate; inoltre, fatta eccezione per quella indicata con la sigla G6, è stato osservato che esse appartengono a sistemi carsici non più attivi: in particolare, quelle poste alle quote meno elevate (G1, G2, G7) rappresentano antichi sistemi di risorgenti che sono state oggetto nel passato di una fase di riempimento da parte di materiale proveniente dall'esterno. Riportando poi su un diagramma polare le direzioni presentate da tali cavità, è possibile notare la presenza di un orientamento preferenziale (si veda la figura a fianco) quasi sicuramente legato al reticolo di fratture presenti nelle rocce carbonatiche. Le grotte più interessanti risultano comunque quelle indicate con le sigle G9 e G10, localizzate nella Valle Vevera, a breve distanza dal confine comunale, che hanno uno sviluppo discreto. La cavità G9 ha uno sviluppo di 40 metri, e sembra impostata su una frattura principale orientata in senso NNE-SSW che viene intersecata da un fascio di fratture con direzione NW-SE. La grotta denominata "Boecc d'la Cüscia" (G10) è quella con lo sviluppo maggiore (224 metri); tale cavità presenta ampie gallerie con direzione SSE-NNW e SW-NE, intercettate da un fascio di fratture E-W ed ESE-WNW su cui sono impostati cunicoli minori. Nelle pagine seguenti sono riportate le piante e le sezioni longitudinali e trasversali delle cavità individuate sul territorio
- g. *Forme antropiche*: si distinguono i rilevati ferroviari e delle strade S.S. 142 e per Mercurago, e

la discarica della ex cava Fogliotti. Per quanto concerne i riempimenti effettuati, a partire da inizio secolo nel concentrico di Arona, utilizzando materiale di discarica delle cave di dolomia, non si è più ritenuto opportuno riportarli in carta in quanto, a seguito di indagini eseguite in questi anni, si ritiene che non sia possibile valutarne in modo esatto estensione e spessore. Sono state inoltre cartografate le aree di cava nella dolomia, abbandonate, e gli elementi di difesa da caduta massi, sotto forma di barriere paramassi e reti in aderenza. Relativamente a queste ultime, le barriere paramassi sono ubicate rispettivamente a difesa di un'abitazione privata al piede della parete attiva a sud del Moncucco e sotto La Rocca di Arona; le reti in aderenza sono ubicate lungo gli intagli delle strade che conducono al S. Carlo e a consolidamento delle nicchie delle frane di crollo presso la Rocchetta.

#### 4.3 CARTA DELL'ACCLIVITÀ (TAVOLE 3A E 3B)

##### 4.3.1 CENNI SULLA METODOLOGIA UTILIZZATA

Sulla scorta della richiesta formulata da ARPA, è stata predisposta una nuova carta dell'acclività utilizzando il modello DTM 5x5 predisposto dalla Regione Piemonte. I dati sono stati in esso contenuti sono stati elaborati per mezzo del software Quantum GIS.

##### 4.3.2 COMMENTO DELLA CARTA REALIZZATA

Sono state distinte 10 classi:

- classe I - pendenze comprese tra 0° e 5°
- classe II - pendenze comprese tra 5° a 10°
- classe III - pendenze comprese tra 10° e 15°
- classe IV - pendenze comprese tra 15° e 20°
- classe V - pendenze comprese tra 20° e 25°
- classe VI - pendenze comprese tra 25° e 30°
- classe VII - pendenze comprese tra 30° e 35°
- classe VIII - pendenze comprese tra 35° e 40°
- classe IX - pendenze comprese tra 40° e 45°
- classe X - pendenze oltre 45°

Da un'analisi complessiva del territorio comunale è possibile definire due diverse situazioni:

- a valle della parete rocciosa carbonatica il territorio può essere definito come sostanzialmente pianeggiante, con la netta predominanza delle classi I e II;
- mentre, a monte di tale parete, il territorio può essere definito come sostanzialmente debolmente acclive, con la netta predominanza delle classi comprese tra I e V;

In particolare, si riscontrano pendenze ridottissime (classi I e II) in alcune zone nei pressi della Torbiera, della loc. Campagna, di Montrigiasco, in tutto l'abitato di Arona (dalle pendici della Rocca Borromea fino grossomodo alla regione Salvana) ed in ampie aree del Parco dei Lagoni.

Pendenze leggermente superiori (classe III-IV-V) si osservano sia a Nord che a Sud del centro

abitato, presso alcune aree di Mercurago, in alcune zone del Parco dei Lagoni e nella maggior parte del territorio più settentrionale. Pendenze corrispondenti alla classe III si hanno in corrispondenza del versante tra il Motto Mirabello e Dagnente, nella zona del Poggio San Carlo ed in prossimità dell'abitato di Montrigiasco.

Pendenze più elevate, classi VI-VII-VIII, si riscontrano in piccole aree limitate quali: la scarpata tra la regione Salvana ed il Parco dei Lagoni ed in alcuni settori presso Dagnente e la Campagna. Le massime pendenze (classe IX-X) sono state registrate a Nord dell'abitato di Arona in corrispondenza della parete rocciosa dolomitica, nella Valle Vevera, presso la Motta Grande e Poggio S. Carlo, in una fascia da Dagnente alla Campagna, in una zona prospiciente il lago nella porzione più a Nord del territorio comunale e in una fascia che si allunga dalla Rocca Borromea fino ad una zona ad Est di Dagnente posizionata a monte della ferrovia. Tali zone corrispondono, prevalentemente, alle scarpate impostate sul substrato roccioso o in aree con scarsi terreni di copertura.

#### 4.4 CARTA GEOIDROLOGICA (TAVOLE 4A E 4B)

##### 4.4.1 METODOLOGIA APPLICATA

Scopo di questa carta è *“la rappresentazione del territorio sulla base del reticolo idrografico superficiale naturale ed artificiale, dei relativi bacini e sottobacini e dei complessi litologici omogenei dal punto di vista del comportamento geoidrologico”*.

##### 4.4.2 COMMENTO DELLA CARTA REALIZZATA

In considerazione delle caratteristiche litologiche e tessiturali dei depositi presenti, si è ritenuto opportuno distinguere cinque diversi complessi litologici aventi comportamento geoidrologico omogeneo, ai quali si aggiungono le aree occupate da riempimenti antropici (rilevati stradali e ferroviario, discariche, ecc.), già segnalati nelle tavole precedentemente commentate ed ai quali non è stato ritenuto opportuno assegnare valori di permeabilità, in quanto la composizione dei materiali che li costituiscono è eterogenea.

Nel primo complesso sono stati inclusi tutti i depositi fluviolacustri e lacustri, caratterizzati in genere da una permeabilità da medio-bassa a molto bassa e comunque abbastanza variabile a causa della non omogeneità tessiturale dei depositi (la maggiore o minore presenza della componente limosa può diminuire in modo sensibile i valori di permeabilità fino alla formazione di zone di ristagno) con valori indicati compresi tra  $10^{-4} \div 10^{-6}$  cm/sec.

Nel secondo complesso sono stati invece inclusi i depositi glaciali s.l. e detritico-colluviali, caratterizzati da una permeabilità da media a bassa, che può variare in modo anche consistente in funzione della maggiore o minore abbondanza della componente sabbiosa fine e sabbioso-limosa (in taluni casi possono essere addirittura presenti più falde semilibere sovrapposte): i valori di riferimento possono essere compresi tra  $10^{-3} \div 10^{-5}$  cm/sec.

Nel terzo complesso sono stati inclusi tutti i depositi fluvioglaciali caratterizzati in genere da una

permeabilità da medio-bassa a medio-alta e comunque abbastanza variabile a causa della non omogeneità tessiturale dei depositi (la maggiore o minore presenza della componente sabbiosa fine -limosa può diminuire in modo sensibile i valori di permeabilità), con valori indicati compresi tra  $10^{-2}$ - $10^{-4}$  cm/sec.

Nel quarto complesso sono stati invece inclusi i depositi glaciolacustri, caratterizzati da una permeabilità molto bassa, generalmente inferiore a  $10^{-6}$  cm/sec.

Nel quinto complesso è stato incluso il substrato roccioso caratterizzato da una permeabilità per fratturazione da nulla a molto scarsa, anche se all'interno delle rocce dolomitico-calcaree si possono riscontrare fenomeni di carsismo con una circolazione idrica ipogea.

Per quanto riguarda l'andamento delle curve isofreatiche, è necessario effettuare alcune considerazioni preliminari:

- non è stata individuata la presenza di pozzi ove fosse possibile effettuare la misura della profondità della superficie piezometrica;
- alcuni dati sono stati raccolti nelle numerose indagini geognostiche eseguite negli anni sul territorio comunale, integrati con quelli ricavati a seguito delle indagini eseguite nel periodo 2000-2012;
- la notevole diversità dei periodi in cui sono state eseguite le indagini e la diversa tipologia delle stesse (prove penetrometriche, sondaggi, ecc.) non consentono di effettuare una correlazione tra i diversi dati ottenuti.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, si è ritenuto di non tracciare le curve isofreatiche ma semplicemente di riportare in carta dei valori puntuali della soggiacenza dell'acquifero (in funzione dei dati in nostro possesso), in modo tale da fornire un valore indicativo della soggiacenza dell'acquifero superficiale per le varie aree.

Inoltre sono state cartografate le aree soggette ad esondazione potenziale dei corsi d'acqua, desunte dalla carta geomorfologica, sopra commentata.

Si è poi proceduto ad evidenziare e suddividere il reticolo idrografico come segue:

- corsi d'acqua iscritti nell'elenco delle Acque Pubbliche della Provincia di Novara: si tratta del n. 340 Torrente Vevera, del n. 343 Rivo Puntecchio (Torrente Cravera) e del n. 344 Rivo San Carlo;
- corsi d'acqua catastalmente individuati con doppia linea continua e soggetti ai disposti dell'art. 96 del R.D. 523/904: Fosso Arlasca,
- corsi d'acqua catastalmente individuati con linea tratteggiata o individuati sulla base cartografica fotogrammetrica, per i quali sono stati anche evidenziati i tratti intubati.

Nella carta sono altresì indicate le zone acquitrinose, gli elementi carsici, l'area soggetta ai vincoli della L.R. 45/89 e il tracciato di un canale artificiale attualmente in disuso (Roggi Molinara).

Per quanto riguarda le fonti idropotabili, è stata indicata la posizione del pozzo Salvarà e quella della sorgente di Dagnente, con le rispettive zone di rispetto.

Nella tavola sono stati infine riportati i livelli di massima escursione del livello lacustre in funzione

del tempo di ritorno, definito come l'intervallo di tempo nel quale si ha la probabilità che si ripeta un evento (in questo caso il raggiungimento o il superamento di un determinato livello lacustre).

Per l'elaborazione della carta sono stati utilizzati i dati ricavati dalle pubblicazioni dell'Istituto Idrobiologico del C.N.R. di Pallanza, quelli riportati nella pubblicazione a cura della Regione Piemonte "Gli eventi alluvionali del settembre-ottobre 1993 in Piemonte" ed i dati elaborati da IDROGEOSTUDIO di Verbania.

Il livello medio del lago è pari a 193,85 m s.l.m. per il periodo di riferimento 1952-1992, misurato all'idrometro di Pallanza. L'analisi storica delle massime piene raggiunte dal Lago Maggiore ha inizio con il periodo 1177-1828, nel corso del quale si hanno a disposizione solo cronache locali che forniscono un livello di massima di 203,67 m s.l.m.

Nel 1829 entra in funzione l'idrometro di Sesto Calende ed iniziano quindi ad essere disponibili misure più attendibili delle piene lacustri. Nel periodo compreso tra il 1829 ed il 1951 si registrano 53 piene con superamento del livello +3 metri rispetto allo zero idrometrico locale, pari a 192,87 m s.l.m; il tempo di ritorno per eventi di tale portata risulta pari a 27 mesi circa.

Nel 1840 viene raggiunta quota 197,64 m s.l.m.. Il massimo registrato in tale periodo corrisponde alla quota di 6,94 m sopra lo zero idrometrico (pari a 199.81 m s.l.m.) rilevata il 4 ottobre 1868, quota mai più raggiunta dopo tale periodo.

Nel 1952 iniziano le misure sistematiche all'idrometro di Pallanza, e si rende disponibile quindi un maggior numero di dati per le elaborazioni. In questo ultimo periodo si registrano 26 superamenti della quota 195,50 m, prossima a quella di 195,87 dell'idrometro di Sesto Calende, con un tempo di ritorno di circa 19 mesi. Il massimo in quest'ultimo periodo di misure è stato registrato il 16.10.2000, ed è risultato pari a 197,94 m s.l.m.

Analizzando i dati (forniti da IDROGEOSTUDIO) su base statistica si può osservare che i tempi di ritorno per differenti livelli di piena, con intervalli di 0.5 metri, sono i seguenti:

LIVELLI (m s.l.m.)	TEMPI DI RITORNO (Anni)
197,50	50÷100
196,50	6÷10
195,50	2÷3

Le oscillazioni nel calcolo dei tempi di ritorno per ciascun livello lacustre sono determinate dalla discontinuità e da incertezze nelle misure, effettuate inoltre in differenti località (Sesto Calende e Pallanza).

Nella carta allegata sono state riportate le linee corrispondenti ai livelli sopra elencati, alle quali è stato aggiunto il limite raggiunto dal lago il 16.10.2000. Relativamente ai tempi di sommersione, il tempo medio per le quote superiori a 196 m s.l.m. risulta pari a circa 0.37%, che corrisponde a circa 1 giorno all'anno.

#### 4.5 CARTA DELLA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA (TAVOLE 5A E 5B)

##### 4.5.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Sulla base dei dati ottenuti dal rilievo geologico ed a seguito di altre indagini geognostiche e geotecniche eseguite dagli scriventi sul territorio comunale, è stata redatta la carta litotecnica; si osserva che si è preferito, data la variabilità dei materiali, definire un “range” di valori piuttosto che attribuire un valore singolo.

##### 4.5.2 COMMENTO DELLA CARTA REALIZZATA

Per quanto riguarda le caratteristiche litotecniche dei terreni, il territorio comunale è stato suddiviso in sei gruppi (cinque per i depositi incoerenti e uno per il substrato roccioso) spesso coincidenti con le unità geologiche.

##### Unità litotecnica 1

Coincide con il substrato roccioso. Dai dati della letteratura e da quelli ottenuti tramite le indagini e le prove eseguite in anni passati dallo Studio scrivente, è possibile attribuire un valore di angolo di attrito di picco pari a circa  $30 \div 33^\circ$  e una coesione compresa tra 2 e 5 t/mq; come peso di volume può essere invece considerato un valore pari a 2,4 t/mc.

##### Unità litotecnica 2

Coincide con i depositi glaciali s.l.: si tratta in generale di materiali a granulometria medio-grossolana, costituiti da ghiaie e ciottoli immersi in una abbondante matrice sabbioso-limosa; in generale, tali depositi non sono coperti da suoli particolarmente evoluti.

A questi materiali si è ritenuto di attribuire la seguente parametrizzazione geotecnica (in alcuni casi è possibile avere una certa coesione a breve termine):

ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE	PESO DI VOLUME
$28^\circ \div 30^\circ$	$c=0$ t/mq	$\gamma=1,9$ t/mc

Affiorano su gran parte del territorio, anche se va ricordato che gli spessori possono subire sostanziali variazioni da luogo a luogo.

##### Unità litotecnica 3

In questa unità sono stati raggruppati, data la notevole analogia nella granulometria, i depositi fluvioglaciali e i depositi di conoide relativi alla porzione settentrionale del territorio comunale. Si tratta di materiali a granulometria prevalentemente media: sabbie, sabbie limose, sabbie e ghiaie.

In funzione della granulometria osservata, e facendo ad alcune indagini eseguite nell'area dallo scrivente, è stato possibile attribuire la seguente parametrizzazione geotecnica:

ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE	PESO DI VOLUME
$28^\circ \div 33^\circ$	$c=0$ t/mq	$\gamma=1,9$ t/mc

#### Unità litotecnica 4

Comprende i depositi di contatto glaciale, i depositi detritico-colluviali e le conoidi situate nella parte meridionale del territorio comunale, eccettuata quella del Torrente Vevera.

Si tratta in generale di materiali costituiti da una granulometria medio-fine (limi, limi sabbiosi, sabbie fini) a cui, dai dati a disposizione ed in funzione della granulometria stessa, è stato possibile attribuire i seguenti parametri geotecnici:

ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE	PESO DI VOLUME
25°÷28°	c=0 t/mq	$\gamma=1,8$ t/mc

#### Unità litotecnica 5

Corrisponde ai depositi fluviolacustri e a quelli relativi alla conoide del Torrente Vevera. Si tratta di materiali fini: limi, limi argillosi e limi sabbiosi con le seguenti caratteristiche geotecniche:

ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE	PESO DI VOLUME
22°÷24°	c=0 t/mq	$\gamma=1,7$ t/mc

#### Unità litotecnica 6

Coincide con i depositi glaciolacustri: si tratta di torbe e/o argille limose organiche fortemente compressibili e con scadenti caratteristiche geotecniche (ascrivibili al gruppo A8 della classificazione UNI-CNR 10006).

Dai dati della letteratura è stata attribuita la seguente parametrizzazione geotecnica:

ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE	PESO DI VOLUME
18°÷20°	c=0 t/mq	$\gamma=1,6$ t/mc

Nelle Tavole 5a e 5b, oltre alle suddette unità litotecniche, sono riportate le colonne stratigrafiche (e le relative ubicazioni) ottenute mediante alcuni sondaggi (PPD, carotaggi, indagini geofisiche) eseguiti nell'ambito di lavori eseguiti sul territorio comunale. Tali sondaggi hanno quindi permesso di avere un quadro maggiormente dettagliato della stratigrafia e delle caratteristiche litotecniche di gran parte del territorio comunale.

Infine nella carta, sono riportati i depositi antropici, più volte commentati, senza, anche in questo caso, attribuire ad essi parametri geotecnici specifici.

### 4.6 CARTA SICOD ED EVENTI ALLUVIONALI (TAVOLE 6A E 6B)

#### 4.6.1 METODOLOGIA APPLICATA

In questa tavola sono riportate le varie opere di regimazione idraulica, utilizzando il sistema SICOD (Sistema Informativo Catasto Opere di Difesa) proposto dalla Regione Piemonte – Direzione Difesa del Suolo e CSI "...come strumento per redigere il catasto delle opere idrauliche, così come

richiesto dai piani regolatori...”.

Le opere idrauliche presenti sul territorio sono distinguibili in opere trasversali, opere longitudinali, scolmatori ed attraversamenti di corsi d’acqua. A ciascuna opera censita è associata una scheda, secondo le indicazioni della Regione Piemonte, contraddistinta da sigla e numerazione relativa.

#### 4.6.2 COMMENTO DELLA CARTA REALIZZATA

Le opere censite si riferiscono per la gran parte ad attraversamenti e a opere radenti, di differenti tipologie e misure; in cartografia sono state indicate le opere che costituiscono un restringimento della sezione di deflusso.

Il forte sviluppo urbanistico che ha caratterizzato l’area prossima al corso del Torrente Vevera, nel settore a valle del ponte di Via Pasubio, ha portato nei decenni passati a porre in opera interventi di canalizzazione e copertura dei corsi d’acqua, che in taluni casi possono comportare criticità idrauliche con locali esondazioni. Oltre alle opere censite sono state riportate le aree esondate in occasione dell’evento alluvionale dell’ottobre 2000 e la numerazione della relativa scheda.

## 5. ANALISI IDROLOGICA DEL T. VEVERA

Nello studio redatto nel 1999, che viene integralmente proposto in allegato, era stato sviluppato uno studio di bacino ed una modellazione idraulica del Torrente Vevera nel tratto compreso tra il ponte della S.R. 142 ed il ponte di Viale Baracca: nelle pagine seguenti vengono riportati gli elementi principali di questo studio.

### 5.1 DATI IDROLOGICI

Poiché poco a monte del ponte di Via Monte Nero si ha l'immissione del "Veverino", è stato distinto un bacino completo (fino alla foce) ed uno ridotto (fino a monte dell'immissione del "Veverino"), le cui caratteristiche sono qui di seguito riportate.

BACINO T. VEVERA	SUPERFICI E BACINO (kmq)	LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (m)	PENDENZA MEDIA BACINO (%)	ALTEZZA MEDIA DAL BACINO (m s.l.m.)	ALTEZZA MASSIMA RISPETTO SEZ. DI CHIUSURA (m s.l.m.)
Ridotto	19,76	14680	7,5%	498,91	705
Completo	21,59	16310	7,5%	482,57	718

Il tempo di corrivazione  $t_c$ , calcolato attraverso la formula di Pezzoli, è risultato pari a 2,95 ore (177 minuti) per il bacino ridotto e 3,28 ore (196 minuti circa) per il bacino intero.

Applicando la metodologia sopra illustrata, si sono ottenuti i seguenti valori di afflusso meteorico (h) e di portate (Q):

TEMPO DI RITORNO (anni)	Bacino ridotto		Bacino completo	
	h (mm)	Q (mc/sec)	h (mm)	Q (mc/sec)
2,3	53,32	44,52	56,27	46,17
10	78,71	65,72	83,07	68,16
100	114,03	95,21	120,35	98,75
500	138,29	115,46	145,95	119,75

I valori calcolati si riferiscono alle *portate liquide*: per quanto riguarda il contributo dovuto al trasporto solido, in base a quanto è stato possibile osservare lungo il tracciato del corso d'acqua ed in occasione di recenti eventi di piena, si può ritenere trascurabile e caratterizzato sostanzialmente da una granulometria sostanzialmente fine.

### 5.2 MODELLAZIONE IDRAULICA

La modellazione era stata eseguita in moto a regime permanente utilizzando il programma Hec-Ras, realizzato dall'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers, che è in grado di eseguire calcoli per costruire profili monodimensionali della superficie dell'acqua relativamente a flussi stazionari, che variano gradualmente, in canali naturali o artificiali: si rimanda

al precedente studio per tutti i dettagli relativi agli aspetti teorici del programma di calcolo utilizzato. Il tratto compreso tra il ponte della S.R. 142 e il ponte di Via Monte Pasubio è caratterizzato da velocità mediamente basse ( $< 5$  m/sec), sono risultate insufficienti a smaltire le portate per tempi di ritorno superiori ai 10 anni con formazione di lame d'acque, nelle aree golenali, di spessore generalmente inferiore a 50 cm. Per quanto riguarda l'area di esondazione è stata valutata tenendo conto non solo dei dati provenienti dai programmi ma anche delle evidenze di modesti manufatti (muretti, recinzione, ecc.) presenti nell'area.

Procedendo verso valle si incontra il ponte di Via Monte Pasubio (Via Dante Alighieri) che è risultato perfettamente in grado di smaltire le portate affluenti anche con tempi di ritorno cinquecentennali; a valle dello stesso, l'alveo risulta in grado anch'esso di smaltire le portate con il medesimo tempo di ritorno.

Una situazione critica si presenta in corrispondenza del ponte di Via Monte Nero dove sia la sezione immediatamente a monte del ponte, sia quella del ponte, sia quella immediatamente a valle, appaiono in grado di smaltire le portate con tempi di ritorno pari a 500 anni, ma con valori di franco assolutamente ridotti (10÷20 cm). In occasione dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000, questa situazione è risultata particolarmente manifesta, con le acque del Torrente Vevera che hanno completamente riempito la sezione idraulica del ponte (che è stato chiuso al traffico), esondando anche in destra in corrispondenza dell'area compresa tra il condominio e la sponda dell'alveo. Questo settore è stato oggetto di un intervento di sistemazione che ha comportato delle operazioni di disalveo, la realizzazione di un piccolo argine in terra in destra e la lastricatura del fondo del corso d'acqua per un tratto di circa 35 m a monte del ponte fino a circa 5 m a valle dello stesso.

Le condizioni peggiorano ulteriormente in corrispondenza del ponte di Via Mottarone, dove la sezione non appare in grado di smaltire nemmeno portate con tempi di ritorno decennali: occorre però evidenziare che in occasione del già citato evento del 2000, non si sono evidenziate particolari problematiche, anche se il ponte, in via cautelativa, era stato chiuso.

La situazione migliora in corrispondenza del ponte di Via Milano che appare in grado di smaltire le portate per tempi di ritorno cinquecentennali, anche se a monte e a valle del ponte, in sponda sinistra si ha l'esondazione nell'area golenale con la formazione di lame d'acqua di spessore inferiore a 40 cm.

Passando al ponte di Via Milano, le verifiche sviluppate hanno evidenziato la capacità di smaltire le portate affluenti sia per quanto riguarda il ponte, sia per quanto concerne le sezioni a monte e a valle dello stesso.

La situazione torna ad essere critica in corrispondenza del ponte di Viale Baracca dove né la sezione di monte né il ponte appaiono in grado di smaltire portate con tempi di ritorno pari a 10÷20 anni: in corrispondenza di questo tratto si è registrato un fenomeno esondativo in occasione dell'evento alluvionale del 2000.

## **6. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (TAVOLE 7A E 7B SCALA 1:5.000 – TAVOLE 8A–8B–8C–8D–8E SCALA 1:2.000)**

La conclusione delle analisi geologiche, geomorfologiche ed idrauliche sopra illustrate è sintetizzata dalla cartografia di pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, redatte per l'intero territorio comunale sulla base del nuovo rilievo fotogrammetrico.

La cartografia è stata redatta a scala 1:5.000 per l'intero territorio comunale ed a scala 1:2.000 per i settori ove tale base è disponibile.

Come già per il vigente Piano, si farà riferimento alle tavole a scala 1:2.000 per le parti di territorio in esse rappresentate ed alle tavole a scala 1:5.000 per le parti di territorio non rappresentate alla predetta scala.

Dall'esame dei dati raccolti nel corso dell'intero lavoro, è possibile suddividere il territorio comunale in aree definite in base a diverse classi di idoneità alla trasformazione urbanistica, in relazione anche ai vincoli esistenti.

La circolare 7/LAP distingue tre diverse classi di zonizzazione.

### **CLASSE I**

*Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.*

### **CLASSE II**

*Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici, realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.*

*Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.*

### **CLASSE IIIA**

*Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti... Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.*

### **CLASSE IIIB**

*Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico. Per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77. Nuove opere o nuove costruzioni saranno ammesse solo a seguito dell'avvenuta eliminazione e/o minimizzazione della pericolosità.*

### **CLASSE IIIC**

*Porzioni di territorio edificate ad alta pericolosità geomorfologica e ad alto rischio, per le quali non è proponibile un'ulteriore utilizzazione urbanistica neppure per il patrimonio esistente, rispetto al quale dovranno essere adottati i provvedimenti di cui alla Legge 9.7.1908 n° 445. Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.*

Si tiene a precisare che, in fase di elaborazione e stesura della suddetta carta, è stata effettuata una suddivisione della Classe IIIB, che meglio risponde ai diversi tipi e livelli di rischio presenti, come previsto nella N.T.E. alla Circolare 7/LAP. Viene dunque proposta una normativa differenziata in funzione del grado di pericolo, conservando comunque, in modo rigoroso, i principi individuati dalla Circolare 7/LAP per questa classe (presenza di pericolo in territori edificati e necessità di effettuare opere di riassetto non risolvibili a livello di singolo lotto, in carenza delle quali non sono consentiti aumenti del carico antropico). Secondo quanto elaborato, si propone la seguente schematizzazione:

**CLASSE IIIB** (Enunciato generale, comune a tutte le sottoclassi) - *Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico. Per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto indicato all'art. 31 della L.R. 56/77.*

- **SOTTOCLASSE IIIB<sub>1</sub>** – non presente;
- **SOTTOCLASSE IIIB<sub>2</sub>** – a seguito della realizzazione delle opere di riassetto, sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti;
- **SOTTOCLASSE IIIB<sub>3</sub>** – anche a seguito della realizzazione delle opere di riassetto, sarà possibile solo un modesto incremento del carico antropico (ristrutturazioni); non sono ammesse nuove unità abitative e completamenti.
- **SOTTOCLASSE IIIB<sub>4</sub>** – anche a seguito della realizzazione delle opere di riassetto, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento del carico antropico.

#### *6.1 CENNI METODOLOGICI*

Nella legenda delle tavole di sintesi sono riportati per ciascuna classe:

- la normativa della Circolare 7/LAP
- il livello di pericolosità geomorfologica, definito indicando l'agente morfogenetico prevalente e il grado (da irrilevante ad elevato)
- la vulnerabilità, di cui viene indicata la causa, e il valore esposto
- il rischio totale (da nullo ad elevato)
- gli interventi proposti per la riduzione o la minimizzazione del rischio: viene fatta una

distinzione tra gli interventi di riassetto generali, locali, il controllo e la manutenzione delle opere esistenti, per i quali si dichiara se sono necessari o meno, e le norme tecniche eventualmente da rispettare

- l'idoneità urbanistica, definita mediante un elenco di condizioni a cui deve sottostare un'area appartenente ad una determinata classe.

La carta della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica ha lo scopo di evidenziare lo stato del territorio sotto il profilo della sua pericolosità e rappresenta la sintesi dei dati raccolti per la redazione della cartografia di base, su questa carta quindi, oltre alle diverse classi di idoneità sono riportati i dissesti già indicati nelle carte di analisi.

## 6.2 COMMENTO ALLE CARTE REALIZZATE

### CLASSE I

In questa classe sono inclusi tutti i terreni che non presentano inibizioni per l'idoneità urbanistica. Si ricorda tuttavia che anche per queste aree le nuove edificazioni devono essere eseguite nel rispetto della normativa nazionale: si impone, infatti, che vengano eseguite le indagini previste dal D.M. 14.01.2008.

### CLASSE II

In questa classe sono stati raggruppati settori di territorio caratterizzati da differenti condizioni di pericolosità, ancorché moderata, di seguito descritte; alcuni luoghi possono essere condizionati da più di un fattore.

**Zone moderatamente acclivi:** sono evidenziate nella carta dell'acclività (Tavole 3A e 3B). L'edificazione in queste aree è condizionata alla stesura di una relazione geologico-tecnica corredata dall'esecuzione di indagini geognostiche e geotecniche di dettaglio e da verifiche di stabilità, atte a stabilire la compatibilità delle opere in progetto con la stabilità dei versanti. Particolare attenzione dovrà essere posta anche alla regimazione delle acque meteoriche, al fine di evitare l'insorgere di erosioni accelerate su pendio. Nelle aree suscettibili di riporti, per ricondurle a condizioni pianeggianti, devono essere eseguite prove di classificazione (granulometria, aerometrie, ecc.) relative sia ai terreni di riporto che a quelli di appoggio, affiancate dalle indagini geognostiche precedentemente dette. A queste tipologia di indagini devono essere sottoposte in particolare gran parte delle aree a nord della parete rocciosa della Dolomia di Arona ed il settore di Mercurago.

**Aree prossime a cigli di scarpate:** Sono strette fasce disposte al ciglio o al piede delle scarpate, indicate come orlo di terrazzo o scarpata e pendio sulla Carta geomorfologica (Tavole 2A e 2B). Sebbene queste zone siano talora pressoché pianeggianti o poco acclivi, la presenza di versanti limitrofi ad elevata acclività impone di subordinare la costruzione di nuove opere all'esecuzione di una relazione geologico-tecnica corredata da indagini geognostiche e verifiche di stabilità delle scarpate, al fine di accertare il grado di sicurezza dei terreni in relazione al progetto e le eventuali soluzioni tecniche da adottare per garantirne la sicurezza, sia in fase di cantiere, sia ad intervento

realizzato. Anche in questo caso, specialmente se l'intervento risulta ubicato in prossimità del ciglio della scarpata, particolare attenzione dovrà essere posta anche alla regimazione delle acque meteoriche. Le aree con queste caratteristiche sono prevalentemente ubicate a nord della parete rocciosa della Dolomia di Arona ed nel settore di Mercurago.

**Zone prossime ad aree esondabili o con problematiche idrogeologiche:** corrispondono alle parti più distali del settore ascritto al dissesto  $Em_A$  lungo il Torrente Vevera (rif. Carta Geomorfologica e dei dissesti – Tavole 2A e 2B), alle aree prossime alle zone potenzialmente esondabili (rif. Carta SICOD ed eventi alluvionali – Tavole 6A e 6B) e alle zone con scarso drenaggio superficiale (zone palustri – rif. Carta geoidrologica – Tavole 4A e 4B), soggette a modesti allagamenti (centimetrici) a bassa energia, o a risalita della superficie freatica. Per queste zone si prescrive la stesura di una relazione geologico-tecnica ed idrogeologica che verifichi la non interferenza tra le opere da realizzare e la dinamica fluviale e/o le stesse non apportino una significativa variazione dell'andamento della falda; in queste aree inoltre si sconsiglia l'edificazione di locali interrati. A queste condizioni possono essere ascritte le aree prossime ai corsi d'acqua ed il settore pianeggiante dell'abitato di Arona.

**Zone prossime ad aree esondabili o con problematiche idrogeologiche:** corrispondono alle aree prossime alle zone potenzialmente esondabili (rif. Carta SICOD ed eventi alluvionali – Tavole 6A e 6B) e alle zone con scarso drenaggio superficiale (zone palustri – rif. Carta geoidrologica – Tavole 4A e 4B), soggette a modesti allagamenti (centimetrici) a bassa energia, o a risalita della superficie freatica. Per queste zone si prescrive la stesura di una relazione geologico-tecnica ed idrogeologica che verifichi la non interferenza tra le opere da realizzare e la dinamica fluviale e/o le stesse non apportino una significativa variazione dell'andamento della falda; in queste aree inoltre si sconsiglia l'edificazione di locali interrati. A queste condizioni possono essere ascritte le aree prossime ai corsi d'acqua ed il settore pianeggiante dell'abitato di Arona.

**Aree con mediocri caratteristiche geotecniche:** Si tratta di aree (quali l'abitato di Arona, quelle prossime alla sponda del lago, ecc.) costituite da materiali a granulometria da fine a medio-fine (limi, limi sabbiosi e sabbie fini), spesso saturi, con mediocri caratteristiche geotecniche; l'edificazione in queste aree è condizionata all'esecuzione di indagini geognostiche e geotecniche di dettaglio ed alla stesura di una relazione geologico-tecnica che individui le soluzioni tecniche da adottare sia per quanto riguarda le fondazioni che per la stabilità degli scavi.

### **CLASSE IIIA**

A questa classe sono ascritte le porzioni del territorio caratterizzate da elevata acclività ed i settori di parete rocciosa soggetti a potenziali fenomeni franosi, sia di crollo che di scorrimento. Sono inoltre incluse le fasce di rispetto dei corsi d'acqua del reticolo idrografico minore, delimitate su base geomorfologica, le aree non antropizzate lungo il corso del T. Vevera e quelle prospicienti il Lago Maggiore, con quota inferiore a 198,50 m s.l.m., le aree palustri dei Lagoni. Si ricorda che eventuali edifici isolati, non indicati in cartografia, ricadenti in questa classe di idoneità devono essere soggetti ad analisi di dettaglio per la definizione della classe di appartenenza nell'ambito

della classe IIIB.

### **CLASSE IIIB**

Come già precisato nei paragrafi precedenti e come si evince dalla legenda riportata nelle tavole, la classe è stata suddivisa in tre sottoclassi che meglio rappresentano e delimitano le zone a differente gradi di rischio individuate nel territorio comunale.

#### **Zone comprese nella classe IIIB2**

Sono aree dislocate principalmente lungo il corso del T. Vevera (EbA e la parte più prossima al corso d'acqua delle EmA – Carta geomorfologica e dei dissesti – Tavola 2A e 2B), alla base della parete rocciosa in dolomia tra il Moncucco e La Rocca; a tali aree si aggiungono alcuni limitati settori in corrispondenza del Rio Veverino e di Via Gen. Chinotto.

La classificazione è determinata dalla presenza di un grado di rischio da medio ad elevato e dall'assenza di opere di riassetto o dalla presenza di opere ritenute non sufficienti a garantire la minimizzazione o eliminazione del rischio. In dettaglio, al piede della parete rocciosa è presente un rischio legato a processi gravitativi di caduta massi, lungo il corso del T. Vevera la pericolosità è legata alle esondazioni, mentre nei settori in corrispondenza del Rio Veverino e di Via Gen. Chinotto si è in presenza di modesti fenomeni esondativi legati a cattive condizioni di deflusso.

Per queste aree l'edificabilità è condizionata alla realizzazione o completamento delle opere di riassetto, alla verifica dell'efficienza delle stesse ed alla stesura di un cronoprogramma delle stesse che ne preveda anche il costante controllo e manutenzione.

#### **Zone comprese nella classe IIIB3**

Si tratta degli edifici ubicati all'interno della fascia i rispetto dei corsi d'acqua, di due piccole aree legate all'elevata acclività ed al settore soggetto a possibile esondazione lacustre con quote comprese tra 196,5 e 198,5 m s.l.m.; a questo proposito si è ritenuto opportuno, a fini cautelativi in funzione di eventuali futuri colmi eccezionali di piena, porre il limite di potenziale esondazione lacustre, e di conseguenza il limite della classe IIIB3 (o IIIA per i terreni inedificati), in corrispondenza dell'isoipsa 198,50 m s.l.m., aumentando dunque leggermente il limite massimo raggiunto dal colmo di piena il 16.10.2000, pari a 197,94 m s.l.m.

Nel tratto settentrionale, lungo la S.S. 33 del Sempione, la fascia si estende sino al lato di valle della strada, a causa dell'assenza di punti quotati sulla cartografia a disposizione che consentano una corretta stesura del limite. Pertanto, in fase esecutiva, è opportuno effettuare una verifica della quota geodetica.

Corrispondono ad aree con rischio molto elevato, nelle quali non è consigliabile prevedere espansioni urbanistiche, in considerazione degli intensi processi geomorfologici che le caratterizzano. Anche a seguito della realizzazione delle opere di riassetto e alla stesura del cronoprogramma, in queste zone può essere consentito solamente un modesto aumento del carico antropico, con esclusione di nuove unità abitative.

#### **Zone comprese nella classe IIIB4**

Sono costituite dalla fascia lacustre con quota geodetica inferiore a 196,50 m s.l.m.

Corrispondono alle aree con rischio molto elevato, nelle quali non è consigliabile prevedere espansioni urbanistiche, in considerazione degli intensi processi geomorfologici che le caratterizzano. A anche a seguito della realizzazione delle opere di riassetto, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento del carico antropico.

## **7. MECCANISMO ATTUATIVO DELLE OPERE DI RIASSETTO-CRONOPROGRAMMA (TAVOLE 9A E 9B)**

Come previsto dalla Circolare 7/LAP, viene redatto il documento di massima relativo agli interventi di riassetto necessari per la minimizzazione o l'eliminazione della pericolosità geomorfologica delle aree in classe IIIB, documento che dovrà essere elaborato in dettaglio nella fase attuativa di Piano Regolatore. Per le aree già interessate da opere di difesa, dovrà essere compito dell'Amministrazione comunale verificarne la validità, in base a valutazioni tecniche redatte da professionisti competenti in collaborazione con l'Ufficio Tecnico Comunale, che dovranno stabilire se l'area risulta a rischio minimizzato oppure se necessitano ulteriori opere di completamento.

La procedura per la realizzazione delle opere di riassetto potrà essere gestita dall'Amministrazione comunale o, in alternativa, da altri soggetti pubblici o da privati che hanno specifico interesse nell'attuazione delle previsioni urbanistiche. Gli interventi dovranno essere finalizzati alla messa in sicurezza dell'intera area classificata IIIB e non potranno quindi essere ridotti alla scala del singolo lotto edificatorio, o delegata a professionisti in fase di progettazione esecutiva.

Al completamento delle opere, che hanno specifica valenza di messa in sicurezza dell'area ad esse sottesa, ai fini urbanistici, sarà compito dell'Amministrazione comunale verificare il raggiungimento degli obiettivi di mitigazione del rischio e consentire l'attuazione delle previsioni del piano regolatore. Nel quadro normativo di riferimento, che dovrà divenire parte integrante delle Norme di Attuazione di Piano, saranno esplicitate le procedure di utilizzo delle aree in classe IIIB, successivamente alla realizzazione delle opere di riassetto.

Secondo quanto riportato al punto 7.10 della N.T.E. alla Circolare 7/LAP, per interventi che rivestono una certa importanza, è possibile prevedere una ottimizzazione dei tempi di esecuzione, avviando contemporaneamente la costruzione dell'opera di riassetto e la realizzazione delle opere di urbanizzazione o di edificazione, consentendo però la fruibilità degli edifici solo a seguito del completamento delle procedure previste dal cronoprogramma.

Inoltre si rammenta che parte integrante della messa in sicurezza dell'area è il programma di manutenzione ordinario e straordinario delle opere di riassetto presenti e la redazione del Piano di Protezione Civile per l'intero territorio comunale, quale misura non strutturale di intervento, che tenga in particolare considerazione le zone inserite in classe III di idoneità urbanistica.

Sulla tavola 8 sono indicati gli interventi da realizzare nelle classi IIIB; tali interventi possono essere sinteticamente ricondotti alle seguenti tipologie.

### **SETTORE SOTTOSTANTE LA PARETE ROCCIOSA DOLOMITICA (TAVOLA 9A)**

Le tipologie di intervento possono interessare una o più delle categoria che verranno qui di seguito descritte:

- indagine di controllo di dettaglio a firma di geologo circa la stabilità delle aree;
- disgaggio e taglio vegetazione;
- opere di difesa passiva (barriere o strutture paramassi)

- opere di difesa attiva (rafforzamenti corticali, chiodature, ecc.)

#### SETTORE TORRENTE VEVERA (TAVOLA 9B)

Le tipologie di intervento possono essere ricondotte alle seguenti tipologie:

##### Manutenzioni idraulico-forestali

- taglio della vegetazione infestante l'alveo del corso d'acqua;
- pulizia dell'alveo da tronchi e disalveo degli accumuli di sabbie e ghiaie che diminuiscono in modo significativo la sezione di deflusso.

##### Opere di difesa in aderenza alle sponde

- difese in legname e massi;
- copertura con astoni;
- scogliere in massi non cementati.

##### Opere di contenimento della piena

- rilevati arginali in terra.

##### Opere di stabilizzazione del fondo

- soglie a raso in pietrame;
- lastricatura del fondo.

##### Attraversamenti stradali

- rifacimento ponti.

Oltre alle opere sopra descritte si potrà prevedere

- l'inserimento di alcuni edifici nel Piano comunale di Protezione Civile;
- Il mantenimento in efficienza delle opere di difesa idraulica esistenti.

Nella tavola sono riportati i perimetri delle aree la cui idoneità all'utilizzo urbanistico è subordinato all'esecuzione dell'intervento di riassetto.

#### SETTORE TORRENTE VEVERINO

Rispetto al cronoprogramma presentato nel 1999, sono già stati realizzati quasi tutti gli interventi previsti: punti b (i fenomeni di esondazione nel settore tra Via Crosa ed il Palazzetto dello Sport) e c (possibilità di esondazione presso il Liceo Scientifico) e parte del punto a (insufficienza dell'attraversamento in corrispondenza di Via Dormelletto); resta da completare l'insufficienza dell'attraversamento in corrispondenza di Via Crosa.

#### RIO DI VIA GENERAL CHINOTTO

Anche in questo caso, il settore compreso tra Via Gen. Chinotto e Via Gen. Lamarmora è già stato oggetto di un intervento di riassetto.

Per il tratto a valle di Via Gen. Chinotto si dovrà procedere nel futuro, ove possibile, alla messa a giorno dei tratti intubati e, per quanto riguarda l'area PEEP in prossimità del rilevato ferroviario, si dovrà procedere alla regimazione delle acque mediante la realizzazione di una canaletta in pietrame (lungo il perimetro dell'intervento) che conduca le acque al sottopasso del rilevato stesso.

## ESONDAZIONE LACUSTRE

Le aree ubicate al di sotto della quota 198,5 m s.l.m. dovranno essere inseriti nel Piano di Protezione Civile Comunale.

## 8. BIBLIOGRAFIA

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO – Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Quaderno delle opere tipo, (1999)

BERTOLOTTI G. P. - La malacofauna del Pliocene di Arona, (1986) - Università degli Studi di Milano - Tesi di laurea (non pubblicata).

BERTOLOTTI G. P., MARINI M. - La Dolomia di Arona, (1987) - Regione Piemonte-Comune di Arona.

BERTOLOTTI G.P. & MARINI M. – Geologia, (1994) – La Rocca di Arona, Alberti Librario Editore pp. 11-29 Arona

BISCI C. & DRAMIS F. – Il concetto di attività in geomorfologia: problemi e metodi di valutazione, (1991) – Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14, 193-199.

BORIANI A., BURLINI L., CAIRONI V., ORIGONI GIOBBI E., SASSI A. & SESANA E. - Carta Geologica dei Graniti dei Laghi, 1:50.000, (1988) - Rend. Soc. It. Mineral. e Petrol., vol. 43/1988, fasc. 2.

BORIANI A., BURLINI L., SACCHI R. - The Cossato-Mergozzo-Brissago line and the Pogallo line... - "Tectonophysics", (1990) - Amsterdam, v.182, pp.91-102.

BORIANI A., GIOBBI ORIGONI E., BORGHI A. & CAIRONI V. - The evolution of the "Serie dei Laghi" (Strona-Ceneri and Scisti dei Laghi): the upper component of Ivrea-Verbanò crustal section: Southern Alps, North Italy and Ticino, Switzerland., (1990) - Amsterdam, "Tectonophysics", 182, pp. 103-118.

BORIANI A. & POTENZA R. - Segnalazione di un livello conglomeratico tra Scisti dei Laghi e vulcaniti permiane nel Vergante (Novara), (1968) - Boll. Soc. Geol. It., 87, 217-222, 1 f.

BRANCUCCI G. & MAIFREDI P. - Contributo alle tecniche di elaborazione delle carte dell'acclività, (1980) - Geologia Tecnica, Anno XXVII n° 4, 23-29.

CARRARO F. & FORNO M.G. – Un caso di cattura carsica postwürmiana nel lembo calcareo di Arona (Lago Maggiore), (1979) - "Geografia Fisica e dinamica del quaternario 2"

CARRARO F. & PETRUCCI F. – Some neotectonic data from northern Italy, (1975) - An. Acad. Brasil. Cienc. 47

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA. - F. 31 Varese, scala 1:100.000, (1932) - Roma.

CASATI P. - Tettonismo e sedimentazione nel settore occidentale delle Alpi Meridionali durante il tardo Paleozoico, il Triassico e il Giurassico, (1978) - Milano

CELLA G.D., DEGIULI C. & SEBASTIANI F. – Fenomeni carsici presso Arona, (1981) - Labirinti CAI Novara n° 2, pp. 8-23

CELLA G.D. & GUANELLA B. – Nuove cavità dell'Aronese, (1987) - Labirinti CAI Novara n° 7, pp. 26-38

CITRINI D. & NOSEDA G. – Idraulica, (1996) – Casa Editrice Ambrosiana, Milano

DEL CALDO A. – Il Vergante ed il granito di Baveno, (1928) – Milano, Lavoro non pubblicato

- DUCHAUFOR Ph. - 1. Pedogénese et classification. (1983) - Masson, Paris.
- GIOBBI ORIGONI E., TESTA B. & CARIMATI R. - Contributo alla ricostruzione stratigrafica della "Serie dei Laghi", (1982/1983) - Rend. Soc. Ital. Mineral. Petrol., 38(3): 1337-1350.
- KAECH M. - Zona dei porfidi tra il Lago Maggiore e la Valsesia, (1903) - Università di Basilea
- ISOLI I. - Studi geologi per i Piani Regolatori Generali Comunali di Verbania e Ornavasso, (1998) - Legenda della carta di idoneità urbanistica
- MARINI M. - La Dolomia di Arona, (1990) - Sottotesi di Laurea (non pubblicata) - Università degli Studi di Milano
- NANGERONI G. - I terreni pleistocenici dell'anfiteatro morenico del Verbano e del territorio varesino, (1954) - Atti Soc. It. Sc. Nat. 43
- NOÈ E. - Relazione tecnica sui giacimenti di pietra calcarea di Arona, (1934) - Cave F.lli Fogliotti
- PANIZZA M. - Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio, (1972) - Bollettino della Società Geologica Italiana, 91, 207-237.
- PANIZZA M. - Carta geomorfologica del territorio di Febbio tra il Monte Cusna e il Fiume Secchia, (1982) - Geografia Fisica e Dinamica del Quaternario, 5.
- PARONA C. F. - Sull'età della Dolomia di Arona, (1892) - Rendiconti Istituto Lombardo
- READING H. G. - Sedimentary environments and facies, (1986) - Department of Earth Sciences University of Oxford.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA, REGIONE DEL VENETO - Manuale tecnico di ingegneria naturalistica, (1993) - Centro di Formazione Professionale "O. Malagutti".
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE - Carta Geologica d'Italia (Scala 1:50.000) - Guida al rilevamento, (1992) - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Quaderni Serie III, Volume 1.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE - Carta Geomorfologica d'Italia (Scala 1:50.000) - Guida al rilevamento, (1994) - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Quaderni Serie III, Volume 4.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE - Carta Idrogeologica d'Italia (Scala 1:50.000) - Guida al rilevamento e alla rappresentazione, (1995) - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Quaderni Serie III, Volume 5.
- SOC. GEOL. IT. - Guida geologica regionale - Le Alpi dal M.te Bianco al Lago Maggiore, (1992).
- SOC. GEOL. IT. - Guida geologica regionale - Alpi e Prealpi Lombarde, (1992).
- STRAHLER A. N. - Dimensional analysis applied to fluviially eroded landforms, (1958) - Bull. Geol. Soc. Amer., 69, pp. 279-300.
- VANONI E. - Piano Regolatore Generale Comunale di Arona - Relazione ed elaborati geologico-tecnici, (1996)