



COMUNE DI BARDONECCHIA
COMUNITA' MONTANA ALTA VALLE SUSA
Provincia di Torino

PIANO REGOLATORE GENERALE

VARIANTE DI ADEGUAMENTO AL PAI

(Art. 18 N.d.A.)

EGE1

***RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA
SUL TERRITORIO COMUNALE
- VOLUME I -***

(Copia conforme a quella depositata all'ARPA Piemonte e alla Direzione OO.PP. di Torino)

LEPORATI dr. geol. PAOLO

ZANELLA dr. geol. EUGENIO

aprile 2008

Sommario

INTRODUZIONE	3
Premessa e riferimenti legislativi	3
La metodologia adottata	7
principali fonti bibliografiche consultate	12
problematiche geologiche, geomorfologiche e idrauliche del territorio comunale	14
INQUADRAMENTO TERRITORIALE DI BARDONECCHIA	17
Inquadramento geografico	17
inquadramento climatico	22
REGIME DELLE PRECIPITAZIONI	22
REGIME TERMOMETRICO	28
LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA	30
inquadramento GEOLOGICO e tettonico dell'alta valle di susa e della conca di bardonecchia. sismicità	30
IL COMPLESSO BRIANZONESE	31
IL COMPLESSO DEI CALCESCISTI CON PIETRE VERDI	32
TETTONICA E SISMICITÀ	35
inquadramento geologico locale	39
IL SUBSTRATO CRISTALLINO PRE-QUATERNARIO	39
LA COPERTURA QUATERNARIA	44
Depositi morenici	45
Detriti di falda	47
Depositi eluviali	47
Accumuli di origine mista	48
Accumuli gravitativi	48
Conoidi alluvionali	49
Depositi alluvionali	50
Caratteristiche fisico-meccaniche e di alterazione dei litotipi presenti	52
assetto geomorfologico prequaternario e quaternario	53
geoidrologia: permeabilità dei litotipi, sorgenti e serbatoi idraulici	59
Caratterizzazione geoidrologica e permeabilità dei litotipi	59
Sorgenti	60
Serbatoi idraulici	61
Il dissesto idrogeologico nel territorio comunale	62
indicazioni della banca dati geologica regionale	64

INTRODUZIONE

PREMESSA E RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Il presente studio fornisce al Comune di Bardonecchia la relazione geologica, geomorfologica e geologico-tecnica a corredo del Piano Regolatore Generale e per le aree interessate dai nuovi insediamenti.

E' noto come, prescindendo da aspetti innovativi di differente rilevanza e di diverso campo di applicazione, un elemento di novità - con fondamentale interesse geoapplicativo - introdotto dalla legislazione regionale in materia di tutela ed uso del suolo, rispetto al modo tradizionale di operare sul territorio, sia l'obbligo di dotare i nuovi strumenti urbanistici comunali di *indagini e rappresentazioni cartografiche riguardanti le caratteristiche geomorfologiche e idrologiche del territorio* (L.R. 56/77 - Tutela e uso del suolo).

Con la Circolare del Presidente della Giunta Regionale del 18 luglio 1989, n. 16/URE viene sancita la rilevanza strategica dell'analisi geologica a livello di progetto preliminare di piano, la quale fornisce risposte circa le caratteristiche geomorfologiche ed idrologiche del territorio. L'articolazione delle indagini avviene in rapporto alle problematiche ambientali emergenti nel contesto territoriale interessato. In tal senso l'analisi geologica, intesa nel senso generale e specifico di cui al Consiglio di Stato, sez. V, n. 701 Reg. Dec. del 7/3/95, deve sempre precedere le scelte urbanistiche.

Successivamente all'evento alluvionale del novembre 1994, in conformità al D.L. n° 646 del 24/11/1994 convertito nella Legge n° 22 del 21/1/1995, l'Autorità di Bacino del fiume Po ha redatto, nel maggio 1995, il "*Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico ed alla prevenzione*

dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione” identificato con la sigla PS 45.

Poiché il Comune è segnalato dal Settore Regionale per la Prevenzione del Rischio Geologico Meteorologico e Sismico e dal PAI (si veda più avanti) quale ambito suscettibile di specifiche cautele in ordine ai possibili rischi collegabili alla protezione idrogeologica del territorio, le scelte di utilizzo del territorio (corredate dalle apposite indagini svolte) saranno certamente oggetto di rigorosi accertamenti del citato Settore Regionale ai fine di pervenire ad una valutazione esaustiva dello strumento urbanistico.

Sia negli ambienti legislativi che prettamente tecnici si fa strada sempre più, in relazione alle analisi territoriali, il concetto di rischio geologico compatibile , come è evidenziato nella Circolare del Presidente della Giunta Regionale dell'8 maggio 1996, n. 7/LAP.

Nella suddetta circolare, a cui si farà esplicito riferimento, vengono illustrate le *specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici*, quindi definite le linee guida metodologiche, le linee guida generali ed operative e gli elaborati di carattere geologico.

Qui si vuole inoltre evidenziare che le scelte urbanistiche devono essere coerenti, a tutti i livelli, con gli scenari di rischio geologico evidenziati.

Oltre la suddetta legge esistono altre normative nazionali e regionali nell'ambito della difesa del suolo.

In particolare qui si fa riferimento al D.M. 11 marzo 1988 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”* e alla L. 183/89 *“Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”*.

Quest'ultima ha come finalità la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi.

Le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione degli interventi destinati alle suddette finalità, prevedono tra l'altro la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari, anche attraverso processi di recupero naturalistico.

In particolare si indicano, per la gestione corretta delle acque di superficie e la difesa dalle inondazioni e dagli allagamenti, i seguenti interventi: difesa, sistemazione e regolazione dei corsi d'acqua e dei loro rami terminali, il controllo delle piene anche mediante serbatoi d'invaso, vasche di laminazione, casse di espansione, scaricatori, scolmatori, diversivi o altro.

Tecnicamente parlando tali soluzioni rendono necessari imprescindibili rapporti di collaborazione, nell'autonomia delle rispettive metodologie e prassi operative, tra le diverse competenze chiamate al compito di progettare il riassetto e la riorganizzazione del territorio.

Per le aree di nuovo insediamento è richiesto, come allegato tecnico, in conformità all'art. 14, punto b), della L.R. 5/12/1977 n° 56 e successive modifiche ed integrazioni (tra cui la Circolare n° 17/Urb.), la relazione geologico-tecnica con la quale si evidenziano le caratteristiche dei terreni interessati, quali eventuali accorgimenti adottare in sede previsionale per le costruzioni e le opere e quindi, in ultima analisi, l'accertamento che le aree prescelte dall'estensore del P.R.G.C. siano idonee, dal punto di vista idrogeologico, ad essere sede di quanto destinatovi.

Pertanto lo studio è stato redatto, come già detto in precedenza, ai sensi della Circolare del Presidente della Giunta Regionale dell'8 maggio 1996 n. 7/LAP - *L.R. 5 dicembre 1977, n. 56 e successive modifiche e integrazioni. Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici* - e della Circolare del Presidente della Giunta Regionale del 18 luglio 1989 n. 16/URE - *L.R. 5 dicembre 1977, n. 56 e successive modifiche e integrazioni. Le procedure, gli atti amministrativi e gli elaborati tecnici richiesti per l'approvazione degli strumenti urbanistici.*

In conformità alle suddette circolari sono state descritte le metodologie di lavoro, il materiale bibliografico raccolto e consultato, il lavoro di terreno, le cartografie prodotte in riferimento a tutto il territorio indagato.

Le prescrizioni di carattere geologico-tecnico relative a ciascuna area indagata sono state redatte sotto forma di scheda monografica con esplicito riferimento al D.M. 11/3/88 - *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*

La presente relazione non può risolvere un problema di fondazione puntuale, ma indica le tendenze geotecniche ed i dati oggettivi che si possono utilizzare nella progettazione. Il segnalare un'area mediocre può, infatti, indirizzare la progettazione esecutiva all'acquisizione di tutti i parametri fisici necessari per il calcolo di valide verifiche di stabilità ai sensi del D.M. 11/3/1988.

Seguendo la metodologia standard, conformemente alle suddette finalità, si è provveduto ad una elaborazione critica dei dati geotecnici ricavati mediante osservazioni *in situ* e nelle zone circostanti ogni insediamento, per valutare la compatibilità effettiva della proposta urbanistica con le condizioni geologiche.

Lo studio è stato svolto in primo luogo esaminando l'area sotto l'aspetto geomorfologico, geotecnico e idrogeologico; quindi si è data una valutazione di sintesi.

L'indagine fornisce quindi i lineamenti geomorfologici generali, la loro tendenza evolutiva e i caratteri stratigrafici e strutturali.

Si dichiara che il Comune di Bardonecchia, in base alle disposizioni in materia di edilizia sismica, non è compreso nelle aree dichiarate sismiche.

L'indagine geologica e geologico-tecnica sul territorio comunale e per le aree interessate dai nuovi insediamenti è stata effettuata tramite le metodologie di seguito esposte.

- Analisi di tutti gli elementi di carattere geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico, ecc. e di quant'altro consenta una valutazione oggettiva della propensione al dissesto dell'area esaminata e, laddove necessario, per un intorno significativo al di fuori dei limiti definiti su base catastale. Per ciò che riguarda l'assetto geomorfologico dell'area esaminata, si è ricorso all'esame su foto aeree con stereoscopio Wild per avere una visione un pò più ampia della situazione, considerato che per terreni come quelli esaminati la possibilità di dissesto idrogeologico può essere legata anche all'eventuale stato di dissesto delle aree limitrofe. La diffusione dei fenomeni di dissesto influenzanti l'esondabilità ha già messo in evidenza l'esistenza di rischi in vasti settori del territorio comunale. Secondo un approccio che affronta i problemi in termini di costi-benefici con una scelta oculata degli interventi, si sono effettuati attenti sopralluoghi ed indagini geologiche e geomorfologiche nell'area in tutto il territorio.
- Valutazione di tipo geomorfologico, intrinseco, che prescinde quindi da valutazioni di tipo probabilistico, della tipologia e della quantità dei processi in atto e/o potenziali.
- Osservazioni geologico-applicate ed indicazioni della necessità o meno di sondaggi o prospezioni penetrometriche distribuite uniformemente entro il perimetro degli edifici in progetto, per la ricostruzione della colonna stratigrafica locale espressa per strati omogenei e per l'utilizzo come fori onde misurare la superficie libera della falda freatica.

- Relativamente alla bibliografia è stata effettuata una ricerca delle pubblicazioni tecnico-scientifiche esistenti e un'analisi critica degli elaborati geologici a corredo dello strumento urbanistico esistente.
- Consultazione della documentazione pubblicata dalla Banca Dati Geologica Regionale.
- Ricerca storica degli eventi avvenuti in passato, condotta presso fonti a livello Comunale, Provinciale e Regionale.
- Confronto dei dati ottenuti dalla ricerca storica con le indicazioni della Banca Dati Geologica.
- Valutazione delle diverse problematiche sia sotto l'aspetto qualitativo che quantitativo.

Pertanto la dettagliata analisi del territorio comunale di Bardonecchia è avvenuta attraverso due tipi d'indagine:

- una *conoscitiva*, mirante ad una lettura globale del territorio tendente a definire gli elementi, i fattori, i processi naturali che hanno caratterizzato e caratterizzano le forme del paesaggio fisico e la sua evoluzione;
- un *operativa*, mirante allo studio approfondito e dettagliato delle componenti fisiche e delle problematiche di aree circoscritte. Per ciascuna di esse, interessate da varianti di P.R.G., è stata redatta, ai sensi dell'art. 14 B, L.R. 56/77, una specifica relazione.

Per quel che riguarda la stesura delle carte tematiche si è percorso l'iter dato dalle seguenti tre fasi successive di lavoro:

- 1) ricerca bibliografica e storica;
- 2) fotointerpretazione;
- 3) rilevamento e controllo di campagna.

Dopo la ricerca bibliografica e storica, realizzata la fase della fotointerpretazione e conseguito il risultato di avere riconosciuto e delimitato

sulle fotografie aeree non solo le unità o le classi litologiche in base ai noti parametri del tono, della tessitura, del drenaggio, della morfologia e della vegetazione, ma anche le forme dovute alla dinamica fluviale e gravitativa, si è passati al controllo di campagna che ha permesso di verificare il dato ricavato dalla lettura dei fotogrammi e di definire meglio, e quindi anche nei dettagli, le caratteristiche dei vari fenomeni.

La situazione generale ha fatto ritenere opportuno concentrare l'osservazione soprattutto sul complesso problema della conservazione del suolo e della tendenza evolutiva del reticolato idrografico, al fine di dare un quadro degli elementi di base del paesaggio fisico individuando:

- le caratteristiche dei terreni presenti sul territorio comunale;
- la degradabilità dei terreni e dei processi degradatori prevalenti in atto;
- gli aspetti del reticolato idrografico, dei suoi lineamenti morfologici e del dissesto idrogeologico in atto.

Ciò ha consentito una migliore precisione e un maggior dettaglio cartografico delle indagini geologiche. Non va dimenticato infatti, che la base cartografica precedentemente disponibile era assolutamente insufficiente e inadeguata alle esigenze di una seria programmazione territoriale. Ne consegue, pertanto, una migliore conoscenza globale del suolo e del sottosuolo in ordine di alla stabilità, all'erodibilità, alle caratteristiche idrogeologiche, alle possibilità di sfruttamento delle risorse, e così via.

L'esigenza che in questo settore il geologo deve soddisfare è quella di sottoporre all'urbanista una suddivisione del territorio in cui vengano indicate:

- a) le aree che non presentano problemi dal punto di vista idrogeologico per le quali non si prevedono vincoli, salvo quanto previsto dalla normativa vigente (Classe I ai sensi della Circolare 7/LAP);
- b) le aree che presentano potenziali, seppur limitati, elementi penalizzanti ai fini edificatori e un certo grado di rischio idrogeologico; all'interno di tali aree ogni nuova opera d'arte impegnativa deve necessariamente essere preceduta da adeguate verifiche di stabilità e fattibilità; la

localizzazione di qualsivoglia insediamento dovrà perciò sopportare costi maggiori (Classe II ai sensi della Circolare 7/LAP);

- c) le aree per cui sussistono o motivi di allarme o elevata propensione al dissesto e alto grado di rischio idrogeologico. Si tratta sostanzialmente di zone franose o inondabili per le quali devono essere indicati i divieti, i vincoli e le misure di salvaguardia (Classe III ai sensi della Circolare 7/LAP, con speciali indicazioni per le zone già edificate).

Per ottenere una tale zonizzazione del territorio è necessario elaborare una serie di carte tematiche e, sulla base di un confronto incrociato delle informazioni in esse riportate, generare una carta di sintesi. Si deve arrivare cioè alla compilazione di un elaborato che possa stabilire l'incidenza dei fattori geologici sulla convenienza dell'urbanizzazione delle aree o sulla loro utilizzazione a scopo agricolo. A tal fine sono state condotte ricerche coordinate di carattere geomorfologico, litologico, geotecnico e idrogeologico.

Lo studio ha inoltre lo scopo di stabilire l'evoluzione generale subita dal territorio soprattutto durante l'ultimo secolo (memorie storiche) per giungere a considerazioni di massima sui dissesti in atto o potenziali nelle varie unità areali.

L'esigenza di consentire e favorire l'uso corretto delle risorse finite ha imposto di operare una prima suddivisione del territorio in funzione della vocazione insediativa che ogni area presenta in relazione alla morfologia superficiale, ai suoi parametri fisici, e questo in vista di precisare quali vincoli all'edificazione debbano essere adottati per ogni tipo di area.

Mentre infatti nell'accezione comune si pensa che le nuove tecniche costruttive consentano di fatto l'edificazione in qualsiasi punto del territorio, va invece rilevato come volendo accuratamente evitare un ulteriore spreco di suolo e danni in occasione delle cosiddette *calamità naturali*, occorre restringere il campo di localizzazione degli insediamenti e controllare accuratamente la loro natura.

Nell'ambito del piano comunale il problema del rapporto tra morfologia dell'area e insediamenti umani rientra però non solo e non tanto nel senso di vincoli all'edificazione quando questa coinvolga in senso negativo un assetto

preesistente, ma soprattutto rientra in modo positivo, attraverso la correlazione tra struttura geologica e struttura urbanistica al fine di indirizzare ad un'ottimale distribuzione gli insediamenti.

A tale analisi può seguire un secondo tipo di ricerca, relativo alle potenzialità ed alle vocazioni dei diversi tipi di terreni: un tipo di analisi che si può più propriamente definire *agropedologica/forestale*.

Infatti lo scopo principale è quello di fornire, all'Amministrazione Comunale, gli elaborati geologici richiesti dalla Legge Regionale 56/77 "*Tutela e uso del suolo*" e sue modifiche e integrazioni per la riformulazione degli strumenti urbanistici.

Altro obiettivo, non secondario, stante la possibilità di disporre di numerosissime informazioni di carattere naturalistico che, pur non essendo richieste dalla legge, potrebbero interessare la Comunità, è quello di raccogliere, in un corpo unico, tutte le conoscenze di questo tipo sul territorio per la riformulazione degli strumenti urbanistici.

Sarà così costituito un tassello conoscitivo nella politica di gestione dell'ambiente che l'Amministrazione potrà diffondere come elemento stimolante di dibattito, affinché tutte le scelte territoriali, piccole o grandi, siano discusse con trasparenza e partecipazione democratica.

PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE CONSULTATE

Anche se lo studio del territorio è stato compiuto ex novo per tutta l'area comunale (compreso un nuovo rilievo alla scala 1:10.000 sulla base delle Carte Tecniche Regionali messe a disposizione dall'Amministrazione Comunale) si è effettuata comunque una dettagliata ricerca bibliografica.

In particolare l'esame della cartografia geologica, basata sui lavori più recenti e soprattutto di maggior dettaglio, è sempre molto conveniente, per non dire indispensabile, in quanto permette di caratterizzare i terreni affioranti e l'assetto geomorfologico prima che si proceda ad una sistematica analisi delle foto aeree.

In rapida sintesi si accenna alle principali fonti consultate fermo restando che i contributi essenziali vengono riportati in corsivo e gli Autori citati per esteso.

Sono stati esaminati gli studi e le ricerche esistenti, unitamente a tutte le pubblicazioni geologiche-idrogeologiche, ecc... consultabili sia presso gli Istituti specializzati (Regione Piemonte - Direzione Tecnica di Prevenzione, Università, Politecnico, CNR), sia presso altri Enti Locali o gli Enti Pubblici competenti per il settore quali:

- ◇ Cartografie tematiche e studi di dettaglio eseguiti dalla Regione Piemonte - Settore Prevenzione del Rischio Geologico e Banca Dati Geologica (cartografia in scala 1:100.000);
- ◇ Relazioni geologiche di completamento al Piano Regolatore Generale e relazioni di singoli professionisti (in primis L. PERETTI);
- ◇ Quaderni del Territorio - Comunità Montana Alta Valle di Susa - Carta delle Aree a Rischio Ambientale;
- ◇ Progetti inerenti la sistemazione idraulica forestale dei torrenti principali;

- ◇ Contributi del Consorzio Forestale Alata Valle di Susa (S. DURANTE, P. TERZOLO, A DOTTA);
- ◇ Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 132-152-153 BARDONECCHIA, in special modo i contributi di R. POLINO, F. CARRARO, M. GIARDINO E G. BELLARDONE.

Alcuni settori del territorio sono inoltre stati oggetto di indagini particolareggiate eseguite dalla Regione Piemonte (Banca Dati Geologica), dall'IPLA e dal CNR. In particolare ci si riferisce ai contributi di G. BELLARDONE, F. FORLATI, M. RAMASCO, G. SUSELLA, G. BEN, M. GOVI, G. MORTARA E D. TROPEANO.

Il territorio comunale presenta una situazione geomorfologica complessa con numerosi elementi di pericolosità riconducibili a processi di instabilità di versante ed idraulici che concorrono congiuntamente con le presenze insediative a formare una situazione di rischio totale. Al riguardo l'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Piano Stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrografica nel bacino del fiume Po - Bozza di discussione - Luglio 97 - PAI) individua il livello 4 di rischio totale per il Comune di Bardonecchia; tale classificazione, peraltro in sintonia con il quadro conoscitivo regionale (Banca Dati Geologica), è definita classe a rischio molto elevato (R4) *“per il quale sono possibili la perdita di vite umane, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, distruzione di attività socio-economiche”*.

Secondo il PAI *“le Amministrazioni comunali il cui territorio è classificato come a «rischio molto elevato» o a «rischio elevato», procedono, entro un anno dalla data di approvazione del Piano, ad una verifica di compatibilità idraulica e geologica delle previsioni dello strumento urbanistico vigente, con particolare riguardo a quelle non ancora attuate, con la condizione di pericolosità presente o potenziale. Nel caso di inadempienza gli Enti preposti non possono approvare nuovi piani regolatori, varianti a quelli vigenti o strumenti attuativi degli stessi”*.

Il criterio principale per l'individuazione delle priorità d'intervento indicate dal Piano è infatti quello del *rischio totale*, dato dal prodotto di *pericolosità x valore esposto x vulnerabilità* e calcolato a livello comunale.

Si tratta di un problema particolarmente sentito dalla comunità locale che può subire eventi calamitosi conseguenti a processi d'instabilità naturale e che, con comprensibile urgenza, rivendica, verso le istituzioni di riferimento, dalla Provincia, alla Regione, all'Autorità di bacino, interventi atti a progressivamente garantire la difesa del territorio ove si svolge la vita.

In queste sollecitazioni non solo è presente la richiesta di interventi strutturali (argini, difese, opere di sistemazione, ecc...), bensì è presente l'esigenza di una sistematica opera di prevenzione diretta a minimizzare l'impatto e i danni che possono essere indotti da eventi calamitosi.

Per ora il Piano stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del fiume Po, come linee di intervento sulla rete idrografica minore, prevede a Bardonecchia opere di sistemazione spondale "*nelle valli della Rho, Frejus, Stretta, sui rii minori Giau, Coche, Comba della Gorgia*", opere di controllo del profilo di fondo e del trasporto solido "*sui rii Fosse (loc. Les Arnauds), Perilleux*" e l'adeguamento di manufatti di attraversamento "*sul rio Rochemolles S.S. 335, due ponti presso Les Arnauds e sul rio Valle stretta della strada provinciale*".

Del resto la Banca Dati Geologica Regionale cartografa sulla base di memorie storiche nel territorio comunale di Bardonecchia vari tipi di movimenti franosi (frane attive, paleofrane più o meno quiescenti, ecc...), attività torrentizia distruttiva nei fondovalle e in conoide, con la classificazione dei torrenti Rochemolles, Rho, Frejus, Melezet, Fosse, Perilleux, tra quelli più pericolosi del territorio regionale.

Anche se il Piano stralcio per la difesa idrogeologica prevede a Bardonecchia vari interventi, il rischio non può mai essere nullo, non essendo eliminabili i fenomeni naturali di dissesto né potendo le misure di intervento garantire il controllo di qualsiasi evento indipendentemente dalla sua gravosità. Il processo di gestione dello strumento urbanistico deve quindi apporre vincoli conseguenti all'accertamento di condizioni di pericolosità e deve estendersi all'individuazione di interventi di riassetto idrogeologico, di opportunità insediative e di sviluppo in condizioni di sicurezza, fino ad arrivare ad attivare occasioni di rilancio per l'intera economia comunale. A tal fine vanno definite previsioni territoriali e urbanistiche in grado di accogliere insediamenti, meccanismi economici, finanziari ed amministrativi atti a garantire questo processo, interventi di riqualificazione ambientale in grado di coniugare condizioni di sicurezza con la realizzazione di adeguate strutture ed infrastrutture.

La definizione dei livelli di pericolosità idrogeologica delle diverse aree territoriali da conservare ai naturali processi evolutivi costituisce un passo obbligato in questa direzione.

Si consideri, inoltre, che oggi non è perseguibile l'obiettivo di assicurare la difesa del territorio contro qualsiasi evento idrometeorologico, anche disponendo di risorse illimitate.

Diventa quindi necessario impostare una politica di utilizzazione del territorio basata sull'esclusione delle aree a rischio.

Con questa strategia l'Amministrazione Comunale di Bardonecchia ha incaricato i sottoscritti di redigere le indagini geologiche e geomorfologiche preliminari alla variante di piano.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE DI BARDONECCHIA

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Bardonecchia si estende nell'alta Valle di Susa su entrambi i versanti orografici.

Il Piano Comunale di Protezione Civile, redatto dall'Ufficio tecnico LL.PP, riferisce che *"la regione esaminata abbraccia, per ovvie considerazioni di razionale trattazione, tutto il bacino imbrifero del Torrente Bardonecchia entro il suo naturale confine orografico, fino stretta del ponte Bramafan e subito a valle della confluenza dei torrenti Melezet e Rochemolles, cioè tutta la "Conca di Bardonecchia" propriamente detta, per 179.5 Km².*

Essa include anche, dal lato NO, il bacino della Valle Stretta (45 Km²) che ne è parte integrante sotto ogni riguardo, sebbene si trovi situato, dopo l'ultima guerra, al di là dal nuovo confine politico verso la Francia (del resto, per una cospicua aliquota dei suoi terreni tuttora di proprietà del Comune di Bardonecchia).

Anche dal lato SE l'attuale confine amministrativo del Comune di Bardonecchia - comprese le aree della ex-unità comunali di Melezet, Rochemolles e Millaures, si discosta alquanto da quello naturale: include infatti, inoltre, a valle della dorsale spartiacque di Monte Jafferau - Costa del Bosco, un settore triangolare sul versante sinistro della media Val Bardonecchia, fino al corso del Rio Perilleux. e un minore settore sul versante destro a valle dello spartiacque di Monte Colomion - Torre di Bramafan, per un'area totale di circa 4.5 Km².

Spetta viceversa al Comune di Oulx la fascia sommitale del versante sinistro della Valfredda, di qua dallo spartiacque Cima del Vallonetto - Jafferau, per un'area di circa 4 Km².

La conca di Bardonecchia sopradefinita forma la testata della Val Bardonecchia, ramo sinistro dell'alta Valle della Dora Riparia a monte della confluenza ad Oulx con il ramo destro (Valle della Ripa).

Nel tronco di 9 km fra la piana d'Oulx e Bardonecchia, in planimetria leggermente arcuato ma diretto mediamente SE-NO, la larghezza della Val Bardonecchia si mantiene quasi uniforme, circa 6 km, fra le creste subparallele spartiacque dei due versanti laterali. Il fondovalle (così come il profilo trasversale) si restringe gradualmente da valle verso monte, mentre la sua pendenza va aumentando nello stesso senso: da circa 1% in media, dopo la piana di Oulx, a 2%, sotto Bardonecchia.

A monte di Bardonecchia il bacino torrentizio (la "Conca di Bardonecchia") si allarga bruscamente, drenando un'area rettangolare allungata per 18 km, in direzione SO-NE, ortogonalmente al tronco della bassa valle, risultandone una configurazione planimetrica del tutto fuori del Comune (Fogli "Bardonecchia" e "Nevache", scala 1:50.000).

Questa configurazione corrisponde a sua volta ad una notevolissima singolarità geografica del limite orografico delle Alpi Occidentali, che in questa regione segna uno spiccato saliente planimetrico del versante italiano, più accentuato, verso ovest.

Nel dettaglio, le grandi linee dello spartiacque orografico che limitano la Conca, specie nel tratto per buona parte coincidente con lo spartiacque alpino, sono vivacemente movimentate sia nella loro planimetria che nella loro altimetria.

A partire dall'estremità sud della conca lo spartiacque della Catena alpina verso il bacino transalpino del Torrente della Clarèe, dalla Punta Charrà (2854 m s.m.), procedendo verso Ovest per il Col des Acles (2209 m s.m.) la Guglia di Mezzodì (2621 m s.m.) e piega quindi verso Nord lungo la cresta Sueur fino al profondo solco trasversale del Colle della Scala (1774 m, la più bassa quota di valico naturale delle Alpi Occidentali).

Dal Colle della Scala lo spartiacque si sviluppa in destra della valle Stretta spezzato a brevi segmenti rettangolari, dalla piramide della Guglia Rossa (2634 m) diretto verso NO, attraverso la larga depressione della Conca di Thures, alla

cresta parallela, piè esterna e mediamente più elevata, della Rocca di Thures (2676 a) - Punta Riondi (2707 m) - Roche de l'Enfourant (2812 m) - Roccia Bianca (2857 m), spostandosi daccapo alla altra cresta parallela, ancor più esterna e più elevata, di Rocca della Gran Tempesta (3003 m) - Rocca Chardonnet (2947 m). Di qui, spartiacque verso il bacino del T. Arc, la linea di vetta alpina ripiega verso NE per la costiera accidentata di Rocca di Valmenier (3026 m) - Monte Tabor (3177 m) - Dente Bissort (3022 m) - degradante poi fino alla Punta di Valle Stretta (2636 m).

Sempre con andamento planimetrico spezzato e all'incirca con la stessa direzione, lo spartiacque alpino decorre ad alta quota (quasi sempre sopra 3000 m s.m.) alla testata della Valle Rho: dalla Gran Somma (3000 m) per la Gran Bagna (3070 m), la Punta Nera (3041 m) alla Punta Frejus (2097 m); quindi alla testata della Val Frejus, salendo dalla P. del Frejus per la Punta Bagnà (3629 m) alla Cima del Gran Vallone (3164 m); infine alla testata della Val Rochemolles, salendo meno accidentato per la ripida costiera della Cima Guardiora (3124 m), Pierre Menue (3505 m), quota massima del recinto alpino), donde - orientato verso SE, per la Punta S. Michele (3254 m), il Gros Peiron (3048 m), la Rognosa d'Etache (3370 m) il punto più orientale della Conca di Bardonecchia.

Dalla P. Sommellier si distacca dallo spartiacque fra la Conca di Bardonecchia e il versante sinistro Val Dora Riparia - per le Cime di Forneaux (3210 m, 3160 m), la Cima del Vallonetto (3222 m), il Monte Vin Vert (2713 m); in un secondo tratto, diretto verso Ovest, spartiacque verso il versante sinistro della Val di Bardonecchia dal Vin Vert al Mont Jafferou (2785 m), da cui un saliente, appena accennato sul versante, chiude da questo lato la Conca di Bardonecchia.

Dal lato opposto del corso del T. di Bardonecchia, la Conca di Bardonecchia è chiusa verso valle dalla cresta secondaria - spartiacque verso la Val Bardonecchia - che si dirama dalla P. Charrà, declinando diritta verso Nord per la Selletta (2265 m), la Punta Colomion (2028 m) fino alla Torre Bramafan (1445 m)..

Oltre alle due sopracitate, dallo spartiacque alpino che contorna da tre lati la Conca di Bardonecchia, nel suo tratto più elevato fra il M. Tabor e la P. Sommeiller, si distaccano sub-ortogonali alcune altre direttrici orografiche secondarie, lunghe qualche chilometro, che vi delimitano i principali, ben definiti bacini idrologici della conca.

Sono esse: l'alta e complessa Catena dei Tre Re: dalla P. Gran Somma per le Punte Baldassarre (3154 m), Melchiorre (2950 m) e Gasparre (2808 m) e la Punta Quattro Sorelle (2700 m), - spartiacque fra la Valle Stretta e la Valle Rho; la pure diritta, ma più breve dorsale della P. Nera - Cima della Blave (2700 m), spartiacque fra la Valle Rho e la Val Frejus; la regolare cresta della C. del Gran Vallone - Roccia Verde (2842 m) - Croce Chabrière (2206 m), spartiacque fra le Valli del Frejus e di Rochemolles.

Talune tra le numerose, più elevate linee di vetta di terz'ordine definiscono bacini idrologici di ampiezza ridotta, ma nettamente caratterizzati: alla testata della Valle Stretta, a partire dal M. Tabor, la costiera del Piccolo Adret (2741 m) fra il Vallone della Gran Tempesta e il Vallone del Desinare; fra questo e la Val Tavernetta, ulteriormente suddivisa in un ventaglio di valloni, le Rocche dei Serous (2889 m). La Valle di Rochemolles é a sua volta tripartita dalle parallele Costa del Becco e Cresta di Valfredda (culminante nella Tete Pierre Muret, 3031 m) nelle gemelle: Valle di Fond, Valle Almiane, Valfredda.

Nel sistema delle direttrici orografiche di primo e second'ordine sopraillustrato si evidenzia ancora un'altra caratteristica fuori d'ordinario:

distribuzione planimetrica a rete di maglie tendenzialmente rettangolari, secondo la coppia di direzioni coniugate: NE-SO, NO-SE, che si sviluppa poi anche all'esterno della Conca di Bardonecchia. Ad essa si adegua, all'incirca, la rete dei solchi vallivi coincidente con la rete idrografica; quelli di primo ordine per lo più si innestano ancora fra loro ad angolo retto (ad esempio: la Valle Stretta nella Val Melezet), oppure si sviluppano allineati in corrispondenza (ad esempio: la Val Melezet e la Val Rochemolles ai due lati di Bardonecchia).

L'altimetria della Conca di Bardonecchia é compresa fra la quota minima di 1237 m s.m., alla confluenza del T. Melezet e Rochemolles, e la quota massima di 3505 m della Pierre Menue. Le curve ipsografiche dei principali

bacini idrologici hanno andamenti abbastanza disformi, in rapporto al diverso sviluppo longitudinale dei fondovalle.

Si osserva nell'insieme che, nell'area globale della Conca di Bardonecchia (179,5 Km²), é limitata da una decina di chilometri quadrati l'area sottostante l'isoipsa 1500, con estensione pressoché nulla nella Valle Stretta, e con sviluppo longitudinale di 2.5, 2.5, 4, 4.5 km, rispettivamente nei bacini del T. Rho, del Frejus, di Rochemolles e di Melezet. La fascia arealmente più estesa è quella delimitata dalle isoipse 2000 e 2500".

Regime delle precipitazioni

A. Dotta, direttore del Consorzio Forestale Alta Valle di Susa, riferisce che *“nella Valle della Dora Riparia si nota che è più accentuato, rispetto alle altre valli montane piemontesi, il fenomeno di riduzione delle precipitazioni da valle verso monte, con tassi inferiori a 1000 mm annui sotto l'isoipsa dei 2000 m slm. Il minimo assoluto, pari a 750 mm/a si riscontra nella Conca di Oulx e nelle sue diramazioni, ove la dorsale Assietta-Rocciavrè (quota elevata) e il massiccio d'Ambin costituiscono un ostacolo ai venti umidi che provengono da E.*

Nella Conca di Bardonecchia, a Rochemolles-diga si registrano 778 mm/a, dato che andrebbe ritoccato in meno se si considera che le precipitazioni aumentano rapidamente man mano che ci si sposta verso NO. Comunque si può assumere come ragionevole un tasso di precipitazione media annua sensibilmente inferiore a 1000 mm. Questo valore subisce notevoli variazioni a seconda delle annate. Tale variazione può essere rappresentata da un coefficiente di irregolarità ottenuto come rapporto fra l'altezza di pioggia dell'anno più piovoso e quella dell'anno meno piovoso considerati. Il suo valore è pari a 2.

La ripartizione stagionale locale delle precipitazioni è quella tipica "piemontese d'alta montagna", con tassi stagionali così elencati in ordine decrescente: autunno, primavera, estate, inverno. Nella zona i tassi autunnali e primaverili sono sostanzialmente equivalenti, e allo stesso modo quelli estivi non si discostano da quelli invernali. In alcuni casi (Rochemolles-diga) la precipitazione media invernale (182mm/a) supera quella estiva.

A Bardonecchia si registrano in media 88 giorni piovosi all'anno, con caduta media giornaliera di 9 mm di pioggia. I mesi più piovosi sono settembre e novembre (82 mm). La massima precipitazione registrata con durata pari a 24 ore è stata di 43 mm a Bardonecchia e 45 mm a Rochemolles-diga”.

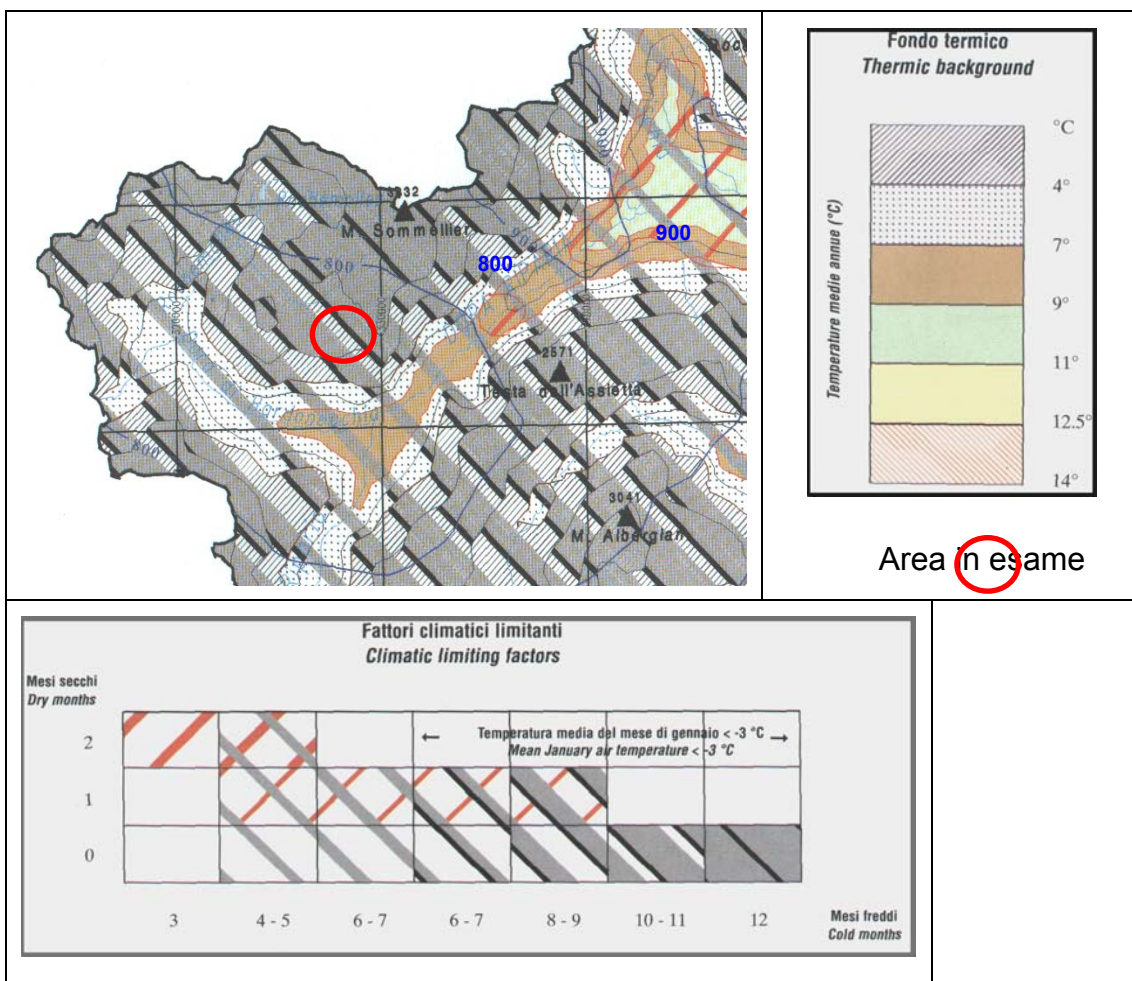
Per un inquadramento generale della situazione nivometrica si rimanda ai rendiconti dell'attività della rete nivometrica regionale a cura di S. BOVO dei Servizi Tecnici di Prevenzione della Regione Piemonte.

In questi brevi cenni sul clima è necessario ricordarne la notevole ventosità ad effetto evaporante a forte prevalenza da W che apporta bel tempo e fa sì che la valle goda di un notevole numero di giorni sereni.

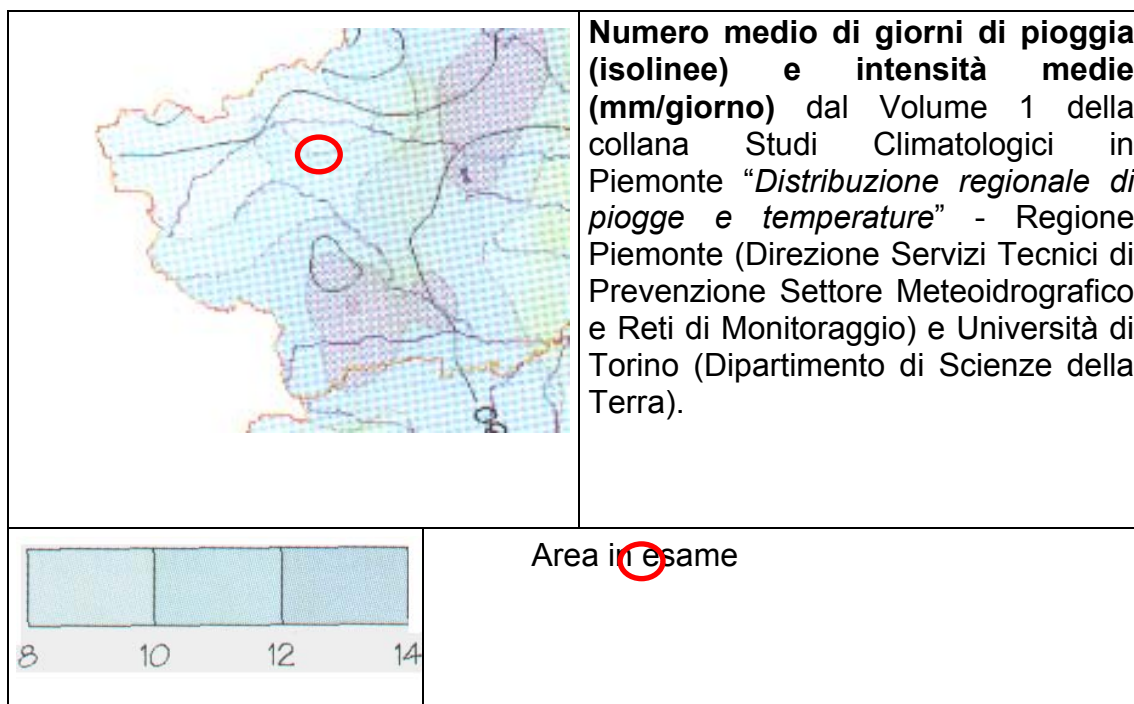
I venti apportatori di pioggia giungono dall'est; nel loro cammino verso ovest arrivano nella media valle ormai impoveriti di umidità.

Per quanto riguarda il regime pluviometrico dell'area in esame si è fatto inoltre riferimento alla recente edizione (1998) del Volume 1 della collana Studi Climatologici in Piemonte "*Distribuzione regionale di piogge e temperature*", redatto a cura della Regione Piemonte (Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione e Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio) e dell'Università di Torino (Dipartimento di Scienze della Terra), in cui sono indicati, per l'intera regione piemontese, dati significativi su precipitazioni e temperature (sino al 1986).

Dal suddetto lavoro risulta che l'area in esame è localizzata tra l'isoieta 700 e l'isoieta 800 (si veda la figura seguente).



Nella “Carta del Numero medio di piogge (isolinee) e delle intensità medie”, di cui quello che segue rappresenta uno stralcio, l’area in esame è compresa tra le isolinee 70 e 80 giorni di pioggia ed è caratterizzata da 8-10 mm/giorno.

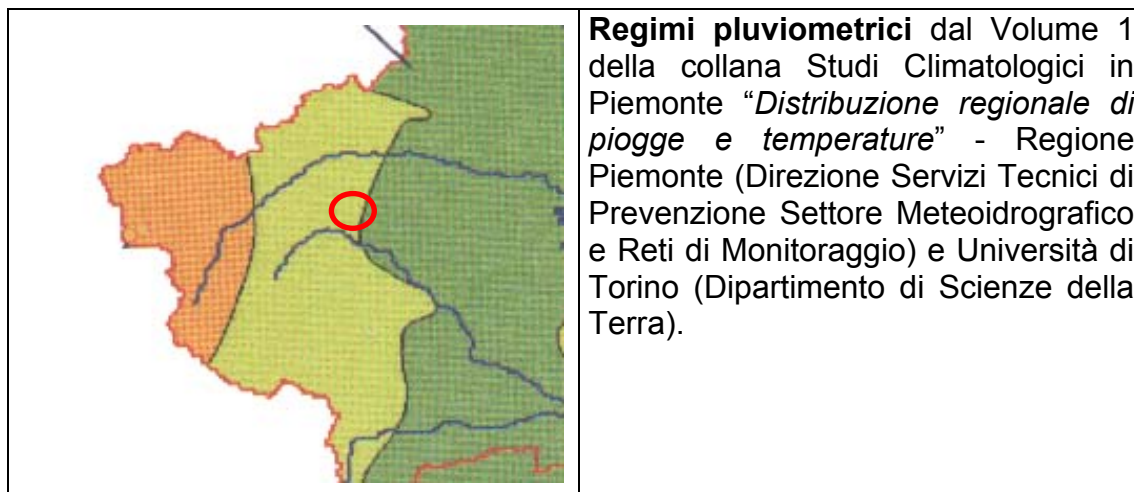


Inoltre nelle carte dedicate alla rappresentazione delle precipitazioni medie stagionali e dei giorni di pioggia emerge che l'area in esame è caratterizzata dai regimi pluviometrici rappresentati nella tabella seguente:

Stagione	Precipitazioni medie (mm)	Numero giorni di pioggia
Primavera	150-200	24-26
Estate	150-200	24-26
Autunno	200-250	20-22
Inverno	150-200	20-22

In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario vengono distinti, nel già citato studio climatico redatto dalla Regione Piemonte e Università di Torino, quattro regimi

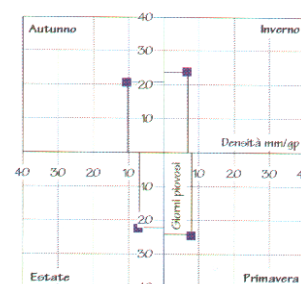
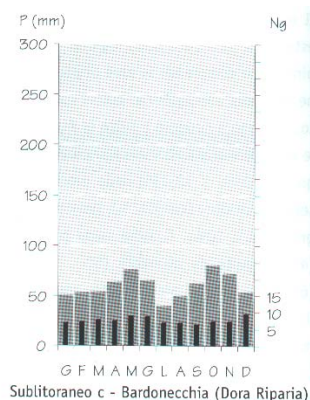
pluviometrici. L'area in esame è compresa nel regime *sublitoraneo* e caratterizzato da un minimo principale in estate, massimo principale in autunno e secondario in primavera (si veda a tale riguardo la tabella seguente). In particolare a Bardonecchia i valori autunnali sono più bassi dei valori medi mentre sono più elevati i valori estivi.



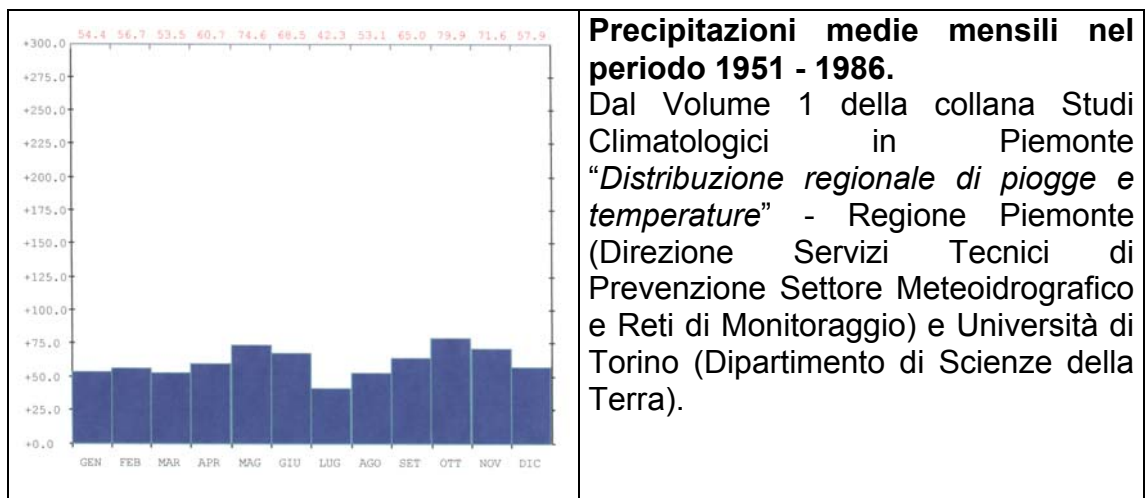
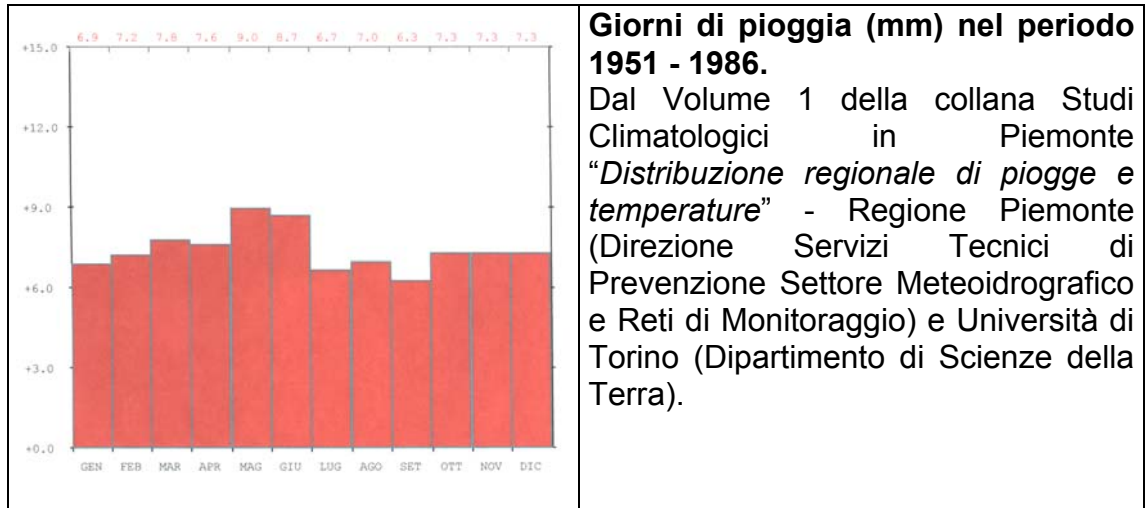
Precipitazioni medie mensili espresse come percentuale del valore medio annuo
Mean monthly rainfall as percentage of the mean rainfall

		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
		jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Subalpino		3.9	5.4	7.8	10.0	12.0	10.0	6.7	8.8	8.8	11.0	10.0	4.9
	Subalpine												
Prealpino	a	3.6	5.1	7.6	11.0	13.0	12.0	7.1	8.7	8.0	10.0	8.8	4.6
	b	4.1	5.6	8.4	11.0	13.0	11.0	5.5	7.8	8.2	11.0	8.7	5.4
	c	5.3	6.8	8.9	10.2	11.5	9.2	5.7	7.6	7.7	10.0	10.4	6.3
Subcontinentale		3.7	4.9	6.8	9.4	11.0	10.0	7.3	10.0	11.0	11.0	9.4	4.7
Sublitoraneo	a	7.3	7.7	9.6	7.9	8.2	5.3	4.1	6.0	8.0	14.0	13.0	8.4
	b	6.2	7.4	9.5	9.3	10.0	7.0	5.0	6.7	7.2	12.0	12.0	7.5
	c	7.6	8.1	7.6	8.6	9.6	9.0	5.3	7.4	8.3	10.0	9.5	8.0
Sublittorale													

Area in esame



Le figure seguenti, sempre tratte dal lavoro effettuato dalla Regione Piemonte - Università di Torino, rappresentano il regime pluviometrico mensile di Bardonecchia (periodo 1950-1986) e il numero di giorni piovosi (analogo periodo).



Analizzando la distribuzione delle precipitazioni annue, il numero medio annuo di giorni di pioggia, le intensità medie e la distribuzione stagionale emerge che l'area in esame è caratterizzata, nell'ambito della regione piemontese, da una piovosità medio-bassa.

Il regime idrologico di Bardonecchia non è caratterizzato da evidenti massimi e minimi. Le piogge appaiono in linea di massima omogeneamente distribuite durante l'anno. Comunque intensità maggiori sono attribuibili ai mesi maggio e giugno. Secondo lo studio climatico realizzato da Regione Piemonte - Università di Torino i valori medi annuali nel periodo 1951-1986 sono i seguenti: 737.8 mm e 89.1 giorni di pioggia.

Infine la tabella seguente riporta le precipitazioni di massima intensità della durata di 24 ore per alcuni tempi di ritorno.

TEMPI DI RITORNO (anni)	PRECIPITAZIONI MASSIME (mm)
2	50
5	50
10	100
20	100
50	150
100	150

Regime termometrico

A. Dotta riferisce che *“il regime meteorologico della Conca di Bardonecchia è condizionato dalla sua posizione alquanto addentrata nell'interno delle Alpi Occidentali. Le creste, che raggiungono e talora superano i 3000 m di quota, proteggono su tre lati la Conca dai venti freddi, conferendo al clima di Bardonecchia caratteri di spiccata singolarità”*.

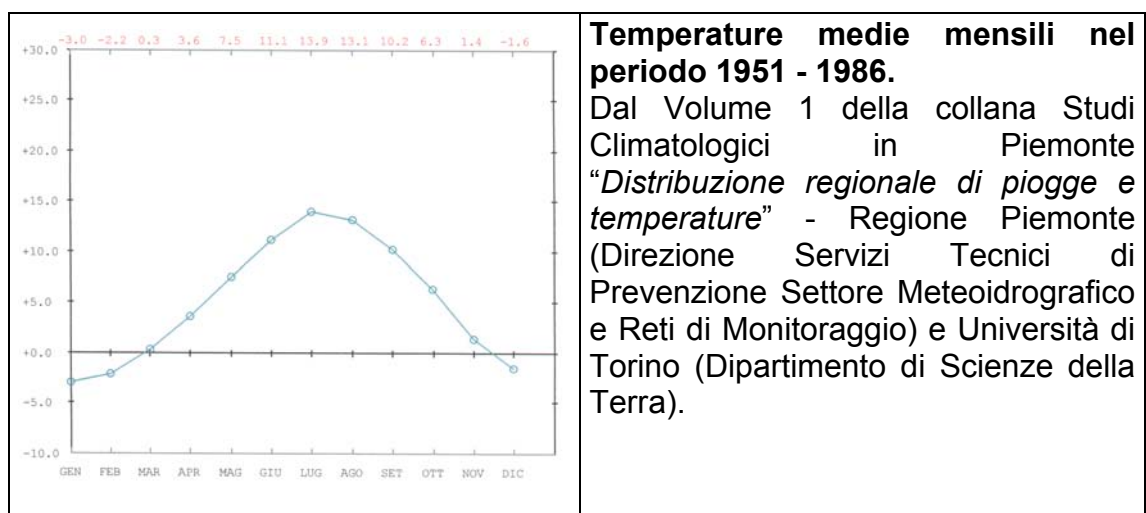
Per quanto riguarda il regime delle temperature afferma che *“la media annuale delle temperature registrate a Bardonecchia è $t_m = 8^{\circ}\text{C}$, notevolmente superiore a quella registrata a Oulx, anomala in eccesso rispetto alle altre stazioni delle Alpi Cozie e Marittime. Sono tali anche i massimi estivi annui, che*

nella maggior parte dei casi superano sensibilmente i 30°C; il minimo assoluto registrato è -20°C (ma a Rochemolles-diga = -26,7°C).

Comunque i massimi e i minimi registrati sul versante italiano sono mediamente superiori, di alcuni gradi, e inoltre più ravvicinati tra loro, dei corrispondenti valori sul versante francese.

Il regime termometrico è relativamente mite, se rapportato alla quota della stazione (circa 1300 m slm). I dati registrati a Rochemolles-diga indicano che in media, annualmente, 36 sono i giorni in cui la temperatura media supera lo 0°C e 211 quelli in cui la temperatura è scesa sotto tale valore, con quasi totale esclusione dei mesi estivi”.

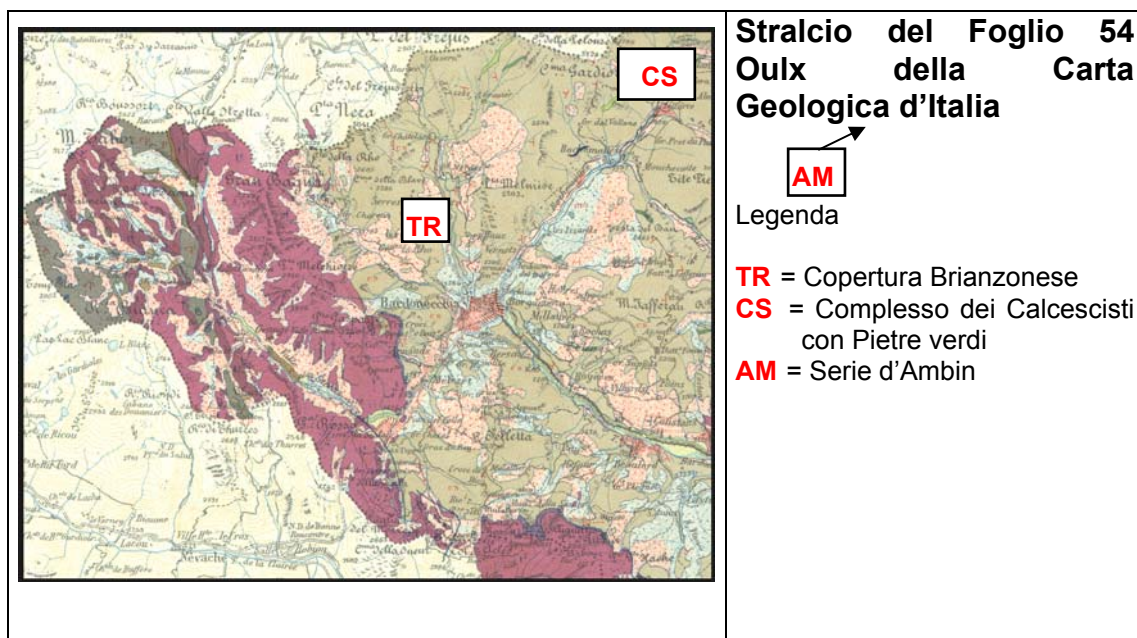
Nel Volume 1 della collana Studi Climatologici in Piemonte “Distribuzione regionale di piogge e temperature”, redatto a cura della Regione Piemonte (Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione e Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio) e dell’Università di Torino (Dipartimento di Scienze della Terra) risulta che l’area in esame presenta temperature essenzialmente di tipo continentale che possono essere riassunte nel seguente diagramma ad andamento regolare, in cui è presente un valore minimo in gennaio e un valore massimo, non troppo pronunciato, in luglio.



LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DELL'AREA

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO DELL'ALTA VALLE DI SUSA E DELLA CONCA DI BARDONECCHIA. SISMICITÀ

Il settore in esame è rappresentato nel foglio n° 54, Oulx, della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, e nei Fogli n. 132, 152 e 153 della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e ai quali si rinvia per l'inquadramento regionale.



Nel settore si incontrano i seguenti complessi geologico-strutturali:

- Copertura Brianzonese;
- Complesso dei Calcescisti con Pietre verdi;
- Serie di Ambin che costituisce il substrato, piegato a cupola, su cui è sovrascorsa la formazione dei Calcescisti (tale complesso interessa solo marginalmente l'area in esame).

Il Complesso Brianzonese

PERETTI e M. BUGNANO riferiscono che: *“La formazione dei calcescisti ingloba pure presso i margini degli affioramenti, talvolta delimitati da superfici di contatto meccanico, lembi lenticolari di rocce sedimentogene, appartenenti alle formazioni triassiche estesamente affioranti in aree contigue: calcari, dolomie, quarziti, ecc.*

Le aree di affioramento di queste formazioni del Trias si estendono ai due lati della grande sinclinale dei calcescisti:

- *sul lato Est, nell'involuppo autoctono del massiccio d'Ambin, su una fascia larga in media 2.5 Km negli alti valloni di Rochemolles, allungata in direzione N-S dalla Punta di S. Michele al monte Vin Vert;*
- *sul lato Ovest. assai più estesamente nella cordigliera Brianzonese (dove ai termini triassici si affiancano termini precarboniferi), oltre una linea diretta all'incirca NO-SE dal Colle della Rho alla Punta Charrà: sul versante destro della Valle della Rho, per tutta la Valle Stretta, alla testata e su un settore del fianco sinistro della Val Melezet.*

La serie stratigrafica si presenta con i suoi litotipi più profondamente metamorfosati (a facies piemontese) a levante della sinclinale dei calcescisti, nell'involuppo del massiccio d'Ambin (appartenente come Dominio alla Falda del Monte Rosa); meno metamorfosati (a facies Brianzonese) a ponente della sinclinale, nell'affioramento della Falda del Gran S. Bernardo.

La formazione di gran lunga più sviluppata arealmente è quella del Trias medio-superiore, rappresentata dal termine dolomia passante a calcare magnesiaco: la dolomia si ritrova fossilifera, grigia, a tessitura microgranulare, in banchi potenti (facies Brianzonese), oppure con tessitura subsaccaroide, netta stratificazione, di colore chiaro, con giunti a spalmature micacee e con passaggi a calcescisti (facies piemontese), in ogni caso finemente reticolata da litoclasti calcitiche.

Più spesso nella fascia superiore, ma anche in quella inferiore, le dolomie includono lenti di anidrite e di gesso, saccaroidi, candidi, intorno alle quali la roccia è trasformata in carniola; brecciata, cariata, d'aspetto tufaceo e di colore rossastro. Banchi di gessi e carniole risaltano per la loro vistosa colorazione (e per la loro degradazione superficiale) sulle pareti della Valle Stretta e alla testata della Val Melezet.

Alta sommità detta serie stratigrafica triassica (Retico) compare un sottile livello di calcari più o meno magnesiaci, talora brecciati, fossiliferi, con giunti a spalmature ocracee (banchi nel passaggio dolomia-calcescisto nell'alta Val Melezet).

Concordano stratigraficamente con queste formazioni mesotriassiche quelle dei Trias inferiore, con litotipi rappresentati da quarziti subsaccaroidi a sottili e distanziati letti muscovitici paralleli, localmente passanti alla base ad anageniti (a facies brianssonese).

Come si osserva per tuffo il fianco destro della Valle Stretta, alle quarziti triassiche sottostanno direttamente le formazioni terrigene del Permo-Carbonifero, che vengono a giorno planimetricamente intercalate in due larghe fasce parallele, orientate in senso NW-SE".

II Complesso dei Calcescisti con Pietre Verdi

I principali tipi litologici riconoscibili nel Complesso dei Calcescisti sono i seguenti: calcescisti, calcemicascisti, calcari cristallini ed altre rocce ad essi associati.

Affioramenti di calcescisti piuttosto estesi sono presenti in tutta la Conca di Bardonecchia.

Nei loro tipo litologico più comune, i calcescisti sono costituiti prevalentemente da carbonati, quarzo, mica bianca e clorite con contenuti variabili di grafite. La pirite accessoria, spesso contenuta in buona quantità, conferisce a questo litotipo la peculiare colorazione rossastra che contraddistingue le superfici di alterazione.

Il tipo litologico "standard" è comunemente intercalato a varietà che si differenziano per la presenza di minerali particolari (cloritoide, tormalina) o per la diversa abbondanza relativa dei costituenti carbonatici e delle miche. Al limite, per progressivo aumento della componente micacea, si può passare a veri e propri micascisti o a rocce filladiche.

Al contrario, un progressivo aumento della componente carbonatica conduce alla formazione di marmi o calcari cristallini. Talvolta, all'interno delle sequenze dei calcescisti si ritrovano intercalazioni stratiformi di gneiss albitici, di prasiniti o di altre rocce ofiolitiche.

In generale i calcescisti sono rocce molto laminate, poco coerenti, con forte tendenza superficiale allo sfaldamento ed allo scivolamento di masse intere quando la struttura si trova a franapoggio.

Sulle creste spartiacque le giaciture diventano molto variabili perché connesse. a fenomeni locali di "scoscendimento ad uncino" che hanno colpito le testate degli strati. In genere sono assai alterati superficialmente per la facile vulnerabilità agli agenti atmosferici e risultano coperti da una coltre di eluvium argilloso.

Soltanto nelle zone a rilievo accentuato o lungo il letto di torrenti tale strato superficiale di alterazione viene a mancare.

Con la listatura, che per lo più si identifica con l'originaria stratificazione, coincide di norma la scistosità, a giunti piano-paralleli materializzati da fasci di cristalli lamellari di muscovite con grafite e clorite subordinata (calcemicascisto), per lo più di tinta nera e vivamente lucenti ("scistes lustrès).

E' normale entro i calcemicascisti grafitiferi riscontrare la presenza di sottili filoni-strato e filoni (di età posteriore) d'origine idrotermale, a tessitura granulare di calcite spatica prevalente, con quarzo, ankerite, ecc..., di spessore centimetrico, che si intersecano secondo più sistemi variamente orientati, sfruttando la fratturazione conseguente all'evoluzione e deformazione tettonica.

Sono appunto le "vene" calcitiche, che spiccano per la loro tinta bianca sul fondo scuro dello scisto, ad evidenziarne la microtettonica, evidenziata da ripetizioni innumerevoli di superfici di scorrimento locale (fragile) e da pieghettature a piccolo raggio in cerniera ed a fianchi isoclinali (duttile).

Per gradi le microstrutture passano a pieghe e pieghe-faglie di crescenti dimensioni, sempre più regolarmente associate: la configurazione locale, sinclinalica, del ricoprimento dei calcescisti si presenta in grande come un ampio sinclinorio a fianchi subparalleli, a costituire una struttura apparentemente monoclinale.

La varietà normale del litotipo fa passaggio a varietà differenziate per diversità tessiturali o mineralogiche (a causa di un protolite di composizione più o meno differente). Tra queste varietà si riconoscono: filladi calcitifere con alta percentuale di aggregati micacei sericitici a tessitura finemente squamosa e tinta grigio piombo lucente; termini più riccamente muscovitico-quarzosi, non grafitiferi, prossimi ai micascisti; calcefiri marmorei, con una proporzione di calcite molto elevata e scistosità appena accennata, tinta grigio chiaro; calcescisti ad albite e zoisite, ecc.

Associate ai calcescisti sono le prasiniti e le serpentiniti. Nell'area in esame gli affioramenti di queste rocce sono piuttosto ridotti e in genere di piccole dimensioni.

I tipi più comuni e tipici sono gli ortoscisti a silicati ferromagnesiaci (Pietre Verdi), cioè prodotti metamorfici di masse rocciose di composizione basica e ultrabasica che costituivano in origine il basamento magmatico oceanico o le iniezioni filoniane, alla base o intruse all'interno della copertura sedimentaria nel fondo della geosinclinale (spreading oceanico della Tetide mesozoica).

Altrove nella Valle della Dora Riparia le Pietre Verdi affiorano ininterrottamente su aree estese fino a molte decine di chilometri quadrati; nella Conca di Bardonecchia invece le intercalazioni di Pietre Verdi sono localizzate quasi esclusivamente sul fianco orientale del sinclinorio, negli alti valloni sul fianco sinistro del T. Rochemolles, in alcune lenti concordanti allungate per oltre un chilometro, ma di ridotto spessore. Altrimenti, la loro presenza in nuclei isolati è sporadica.

Fra le Pietre Verdi il litotipo in genere statisticamente più rappresentato è la serpentinite, con tessitura normale crittomera ("massiccia"), a minuto feltro di crisotilo, oppure scistosa, ad aggregato compatto di antigorite lamellare

(serpentinoscisto), oppure a tipo di breccia tettonica, con rilegature calcitiche (oficalce).

Le serpentiniti comunemente si presentano massicce, a grana mediamente fine, con caratteristico colore verde, verde scuro, talvolta bluastro sulle superfici fresche e rossastro su quelle alterate. Esse mostrano nel complesso una grande omogeneità mineralogica e strutturale e sono costituite essenzialmente da antigorite ed in quantità nettamente subordinata da magnetite finemente dispersa in cristalli raramente ben formati.

Nelle località dove hanno subito maggiori deformazioni (contatti tettonici ed aree periferiche) le serpentiniti diventano scistose fino a passare a veri e propri serpentinoscisti.

Le prasiniti comprendono numerose varietà: nel tipo più comune presentano una tinta d'insieme verde chiaro, grana medio-fine e tessitura ocellare. Oltre all'albite queste rocce contengono quantità più o meno equivalenti di clorite, clinozoisite/epidoto ed anfibolo verde.

Tettonica e sismicità

Durante l'orogenesi alpina il sovrascorrimento della formazione dei calcescisti e le correlative e intense azioni meccaniche reciproche lungo il contatto, determinarono la quasi totale asportazione della copertura triassica (calcari, carniole).

L'intensa tettonizzazione delle rocce ha prodotto su vasta scala fenomeni come laminazione, ripiegatura degli strati, disintegrazione delle strutture cristalline e fratturazione.

L'areale di affioramento dei calcescisti risulta complessivamente limitato per la diffusa presenza di una coltre di depositi di età quaternaria (depositi morenici e detritici).

L'arco delle Alpi Occidentali, che può essere limitato a N dalla linea di Centovalli e a S dalla fascia del T. Stura che lo sblocca dall'elemento della Liguria di Ponente, è di particolare interesse regionale.

In esso è opportuno distinguere un Arco Piemontese interno, comprendente il Pinerolese e la zona di Ivrea (corrispondenti ad un massimo di anomalia gravimetrica positiva) caratterizzati da una sismicità locale bene individuata, ed un Arco Piemontese esterno (dal Vallese al nodo di Cuneo) con vicino una fascia di massima anomalia negativa della gravità.

Comparando l'andamento dei precedenti elementi strutturali significativi con la distribuzione degli epicentri dei terremoti si vede che nelle Alpi Occidentali sono individuabili due allineamenti di massimo rilascio dell'energia sismica che seguono la curvatura della catena. Essi corrispondono rispettivamente all'Arco Piemontese interno ed esterno e confluiscono a Sud nel nodo di Cuneo.

Già l'ENEL aveva messo a punto a suo tempo un "Catalogo dei terremoti avvenuti in Italia dall'anno 1000 al 1975", consegnato poi al CNR che, attraverso il proprio "Progetto Finalizzato Geodinamica", lo aveva sostanzialmente avallato ed adottato. Recentemente lo stesso CNR-PFG ha pubblicato una versione aggiornata al 1980 dell'originario Catalogo ENEL (CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica: Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980).

La sismicità, nell'insieme abbastanza debole, dell'arco alpino piemontese nasce da una situazione di notevole complessità geodinamica che vede nell'apertura dei bacini del Mar Ligure e del Tirreno, e nella trasformazione conseguente della Pianura Padana da retropaese della Catena Alpina ad avampaese dell'Appennino, il motore dell'evoluzione geotettonica recente ed attuale. Gli elementi salienti di tale processo sono schematicamente i seguenti:

- compressione dell'elemento crostale padano sui due margini, settentrionale e meridionale, più evidente sul secondo, al contatto Appennino-Pianura Padana;
- tendenza allo scorrimento in blocco verso Ovest dell'intero elemento crostale padano lungo fasce di taglio complesse;
- compressione sul fronte dell'arco delle Alpi Occidentali, e trascorrenze ad esso trasversali che lo segmentano;

- generica distensione nel versante tirrenico dell'Appennino settentrionale, segmentato da svincoli trasversali;
- settore esterno nord-occidentale dell'Appennino in regime di deboli sforzi compressivi, che in alcune zone potrebbero essere nulli, in accordo con la generale bassa sismicità di alcune aree tettoniche a SE della regione allo studio, e con la presenza di molte piccole zone a comportamento sismologico e geologico omogeneo.

La Regione Piemonte è stata interessata negli ultimi anni da numerosi eventi sismici di modesta intensità. Con Decreto Legge n. 82 del 4/2/1982 il Ministero dei LL.PP ha provveduto all'aggiornamento delle zone dichiarate sismiche con l'inclusione di 41 Comuni piemontesi con grado di sismicità $s = 9$ (2° categoria).

Una serie di disposizioni legislative e tecniche sono state introdotte in prospettiva di prevenzione e di adeguamento delle strutture esistenti ai rischi sismici.

Parte del Pinerolese, Val Chisone, Pellice e la Bassa Valle Susa, sono caratterizzati da una frequente attività sismica con eventi prevalentemente di bassa energia, ma a volte anche di discreta intensità.

Negli ultimi due secoli, gli eventi più importanti risentiti sono stati i seguenti:

Data	Lat.	Long.	Io (M.S.K.)
02/04/1908	44° 52'	7° 16'	VIII
01/11/1858	44° 50'	7° 20'	VIII
05/09/1886	45° 50'	7° 22'	VII
26/10/1914	45° 05'	7° 20'	VII
22/05/1943	45° 06'	7° 30'	VI - VII
17/02/1947	44° 54'	7° 18'	VII - VIII
05/01/1980	44° 58'	7° 19'	VII

Si veda, per approfondimenti la “*Regolamentazione delle indagini geotecniche in zone sismiche nella Regione Piemonte*”, opera dei Geologi G. BEN - E. GANDINO - A. LAZZARI del Servizio Geologico della Regione Piemonte - da cui sono stati ripresi i dati che precedono. BARATTA (1901) individua la massima sismicità del Piemonte nella zona compresa tra il Pellice e la Dora Riparia, e nota un centro secondario nei pressi di Susa.

MALARODA e RAIMONDI mettono in relazione la sismicità della valle con la presenza di piani di movimento esistenti nella zona, e localizzano quattro epicentri tutti nella bassa valle: uno al suo imbocco, altri due a metà della bassa valle spostati verso la Val Chisone e l'ultimo, incerto, a Susa.

Da ricordare è anche il terremoto del 1758 che provocò crolli di case e che fu sentito fino a Torino ed in Francia, a Briançon e Grenoble; quelli del 1884, con epicentro a Briançon, ma che fu avvertito in tutta la valle di Susa; del 1886 con danni a Susa ed in Val Chisone, del 1892, leggero, ad Exilles.

Più recentemente, nel Piemonte, si sono registrati vari terremoti con epicentro nel Cuneese, risentiti anche nella bassa Valle di Susa: quello del maggio 1968 che raggiunse il 6° grado della scala Mercalli, avvertito distintamente nella Valle di Susa e quello del 3 luglio 1969, che registrò il 5° grado con epicentro proprio all'imbocco della Valle.

Applicabilità norme tecniche per la costruzione in zona sismica - Per quanto riguarda le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (D.M. del 3/3/ 1975 e successivi) le norme medesime non si devono applicare al Comune di Bardonecchia in quanto in Valle di Susa solo i territori comunali di Villarfocchiardo e di S. Antonino di Susa sono state dichiarate zone sismiche con il grado di sismicità S=9 con decreto del Ministero LL.PP del 4/2/1982.

L'assetto geologico dell'area in esame è caratterizzato da una notevole complessità strutturale, tipica della catena alpina occidentale. Tale complessità emerge chiaramente dall'esame del Foglio n. 153 "Bardonecchia" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000¹.

Ai fini della descrizione geologica dell'area è utile distinguere il substrato cristallino pre-quadernario dalla copertura quadernaria.

Il substrato cristallino pre-quadernario

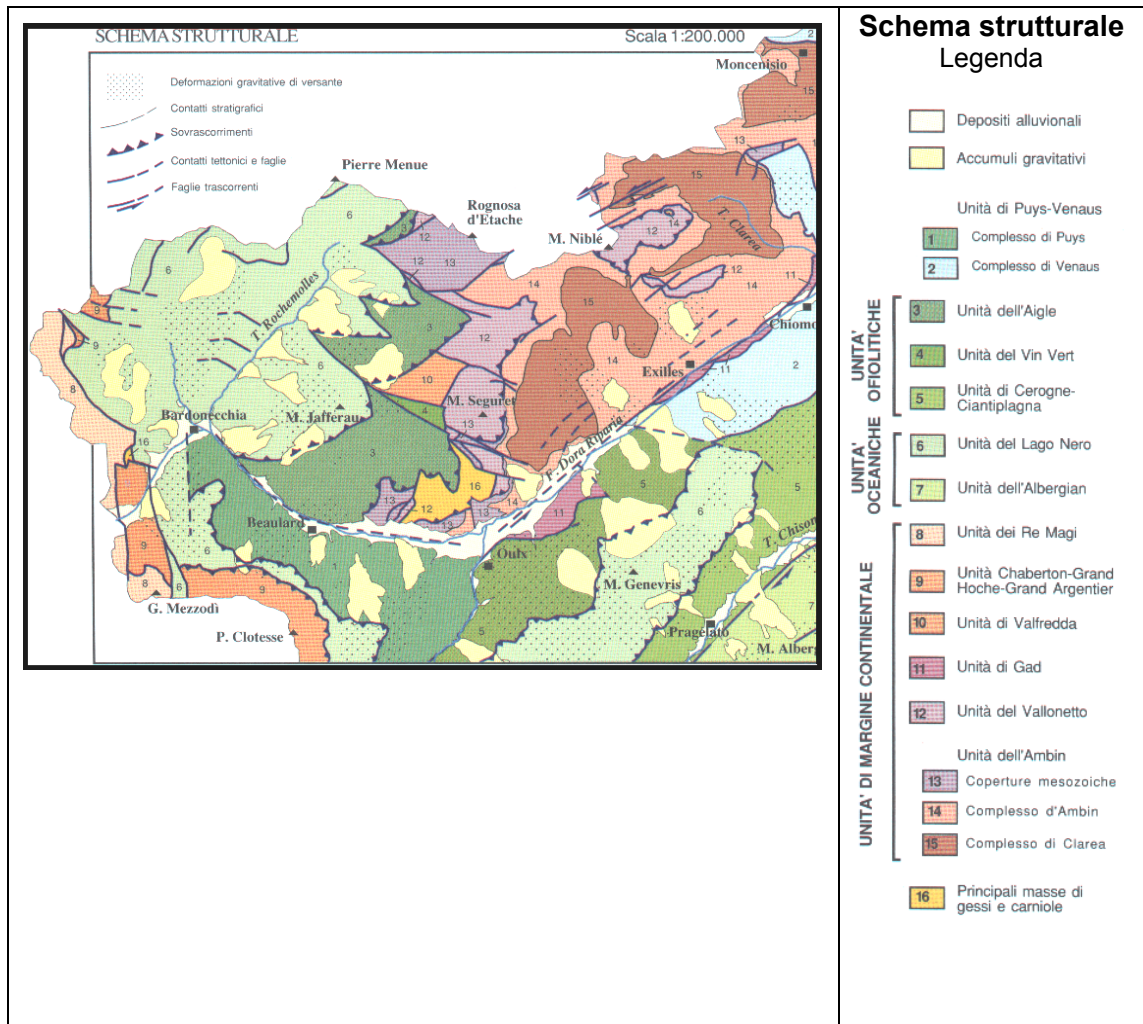
all'interno del primo è possibile distinguere diverse zone, ognuna delle quali è caratterizzata da una particolare successione stratigrafica e da una propria evoluzione tettonica e metamorfica.

Infatti, M. Giardino e G. Fioraso, riferiscono che *"l'area del Foglio "Bardonecchia" è contraddistinta da una serie di unità tettonostratigrafiche (De La Pierre et al. 1997) riferibili ad un basamento cristallino polimetamorfico (Massiccio d'Ambin), a successioni metasedimentarie di margine continentale (Unità calcareo-dolomitiche brianzonesi) e a crosta oceanica con coperture metasedimentarie ("Calcescisti con Pietre Verdi" del Dominio Piemontese). Le unità sono separate da piani di taglio a basso angolo e/o da faglie subverticali originatisi rispettivamente per effetto delle fasi deformative tardo-orogeniche alpine e della tettonica recente. Una zona di taglio plurichilometrica (Susa Chisone Shear Zone; Giardino e Polino, 1997), evidenziata da faglie subverticali a direzione prevalente N60E, interessa la media Valle di Susa, che ha il proprio asse orientato nella stessa direzione, e la zona di spartiacque con la Vai Chisone; la zona di taglio coinvolge il substrato prequadernario, le formazioni superficiali e condiziona lo sviluppo di imponenti fenomeni di*

¹ La copia consultata al momento della stesura del presente lavoro è distribuita dalla Regione Piemonte (Ente realizzatore) come *copia di prova*.

deformazione gravitativa profonda di versante (Mortara e Sorzana, 1987; Puma et al., 1989; Giardino e Polino, 1997)”.

La figura seguente riproduce lo schema strutturale dell’Alta valle di Susa presente sul Foglio n. 153 della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000.



Nel territorio comunale in esame M. BUGNANO sulla scorta delle prime indagini di L. PERETTI riferisce che il “*Complesso dei Calcescisti con Pietre Verdi pur avendo un assetto strutturale locale grossomodo monoclinale, è in realtà rappresentato da una struttura costituita da una sinclinale coricata, con piano assiale immergente verso WNW.*”

A levante la formazione dei calcescisti si sovrappone a bancate d'altre rocce "cristalline" (dolomie e quarzoscisti) del Mesozoico inferiore (Trias), che a loro volta avviluppano l'ellissoide gneissico di età presecondaria del gruppo montuoso dell'Ambin.

Verso ponente i calcescisti s'immergono sotto un fascio di pieghe ad assi orientati NNW-SSE, costituite da litotipi triassici con al nucleo delle strutture anticlinali terreni filladico-arenaceo-conglomeratici del Paleozoico Superiore.

Omettendo in questa sede ogni riferimento alle più recenti, dibattute interpretazioni della struttura geologica delle Alpi Occidentali in genere, per il settore delle Alpi Cozie settentrionali in esame si può ragionevolmente assumere come tuttora sostanzialmente valida (e del resto idonea per tutte le deduzioni di natura geoapplicativa) l'ipotesi, elaborata alcuni decenni addietro e confermata da numerosi dati di fatto, della struttura alpina a grandi falde sovrapposte.

In tale struttura a ricoprimenti il Complesso dei Calcescisti costituirebbe appunto una potente falda che durante l'orogenesi alpina sarebbe stata estesamente dislocata verso Ovest (ricoprimenti Pennidici), sovrascorrendo sulla più profonda Falda del Gran S. Bernardo (Brianzone). Nella regione interna dell'arco alpino affiorano i salienti (fra cui quello del massiccio d'Ambin) d'una falda più superficiale (Falda del Monte Rosa) avviluppati e già convogliati dal ricoprimento dei calcescisti".

Nel Foglio n. 153 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 il territorio comunale di Bardonecchia è caratterizzato dalla presenza dell'Unità tettonostratigrafica del Lago Nero. Le note illustrative relative alla suddetta carta riportano che essa è costituita da un basamento oceanico formato da serpentiniti e oficalciti, su cui poggia una successione sedimentaria ad affinità ligure comprendente breccie di serpentiniti e di basalti, radiolariti dell'Oxfordiano superiore - Kimmeridgiano medio (?), marmi a patina di alterazione chiara (Titoniano - Neocomiano ?), filladi alternanti a scisti carbonatici con bordi silicizzati (F. della Replatte, Cretacico inferiore?), filladi nere in facies di *black shales* (Cretacico inferiore?) ed infine scisti carbonatici "arenacei" alternati a

peliti carbonatiche (Cretacico superiore?). Caratteristica di questa unità è la presenza di intercalazioni detritiche e di olistoliti di origine sia ofiolitica che continentale, diffuse a tutti i livelli stratigrafici ma soprattutto nella porzione sommitale (cretacica) della successione.

L'area tipo di affioramento di questa unità tettonostratigrafica, descritta in dettaglio da POLINO (1984) e POLINO & LEMOINE (1984), è localizzata immediatamente a Sud del Foglio "Bardonecchia". In quest'ultimo non affiora il basamento oceanico e solo localmente i termini più bassi della copertura sedimentaria. Tuttavia i caratteri litostratigrafici, la posizione strutturale e soprattutto la continuità geometrica permettono di delimitare questa unità anche nell'area del Foglio "Bardonecchia".

I metasedimenti appartenenti a questa unità sono caratterizzati da una foliazione regionale mostrante caratteri traspositivi, definita da un'associazione a mica bianca, clorite, cloritoide e relitti di lawsonite e glaucofane. In condizioni statiche tardive è cristallizzata albite a spese di mica bianca e rara biotite. E' inoltre presente una foliazione tettonica relitta, preservata all'interno di porfiroblasti di lawsonite.

L'unità del Lago Nero è stata riconosciuta e cartografata nel territorio comunale di Bardonecchia:

- in destra orografica della Dora di Bardonecchia, ove è compresa tettonicamente tra l'unità dello Chaberton - Grand Hoche a tetto e l'unità a calcescisti di Puys-Venaus a letto (complesso del Puys);
- tra la Punta delle Tre Croci ed il Colle della Rho, ove è sovrascorsa dall'unità dei Re Magi e localmente (Grand Argentier) da quella dello Chaberton -Grand Hoche - Grand Argentier;
- affiora inoltre estesamente nei valloni del Frejus e di Rochemolles sino alla Cresta di San Michele ed al M. Jafferau, ove riposa tettonicamente sull'unità della Roche de l'Aigle.

La successione stratigrafica che affiora nel territorio comunale di Bardonecchia è costituita da:

Quarziti : si tratta di quarziti listate varicolori, correlabili con i sedimenti silicei (Radiolariti e diaspri) di età giurassica superiore (Calloviano - Kimmeridgiano) delle successioni liguri non metamorfiche. Questi metasedimenti sono stati riconosciuti in un solo sito, ubicato nell'alto Vallone del Frejus, a sud della Punta del Frejus, lungo un piano di taglio interno all'unità e associati a ofioliti.

Marmi: si tratta di marmi massicci dalla tipica patina di alterazione biancastra, grigio-scuri in frattura fresca, in bancate massicce potenti 40-60 cm. Questi metasedimenti sono ritenuti essere l'equivalente metamorfico dei Calcari a Calpionelle delle successioni di copertura ofiolitica liguri e sono pertanto riferibili all'intervallo Titoniano-Neocomiano. Oli affioramenti più significativi sono stati rinvenuti nei pressi del Lago dell'Assietta, al Monte Genevris, al Monte di Mucrons e a Sud della Punta del Frejus. In quest'ultima località , i marmi sono associati a prasiniti e contengono lenti di scisti cloritici, interpretabili come livelli detritici ofiolitici che testimoniano un'intensa attività tettonica sinsedimentaria durante il Giurassico superiore (POLINO & LEMOINE, 1984).

Complesso del Lago Nero : questa unità litostratigrafica comprende le successioni a prevalenti calcescisti, ritenute essere la porzione di età cretacea della copertura ofiolitica. Essa è costituita da tre sub-unità litostratigrafiche informali distinte in carta quando cartografabili:

- 1) alternanze più o meno regolari di marmi a patina bruna, spesso a trame rossastre e con bordi silicizzati e di filladi nerastre in livelli da centimetrici a decimetrici. Questi metasedimenti sono confrontabili con la Formazione della Replatte, distinta da LEMOINE (1971) nell'area del Monginevro, che rappresenta l'equivalente metamorfico degli Scisti a Palombini delle successioni di copertura ofiolitica liguri e pertanto è riferibile al Cretacico inferiore. Oli affioramenti più estesi nell'area in esame si rinvengono lungo la cresta di confine con la Francia, negli alti valloni della Rho e del Frejus;

- 2) filladi nerastre, lucenti, con subordinate intercalazioni di calcescisti carbonatici e marmorei. Questi metasedimenti sono generalmente interpretati come derivanti da sedimenti ricchi in sostanza organica e vengono collegati all'episodio anossico, diffuso a scala tetidea al limite tra il Cretacico inferiore ed il Cretacico superiore (Aptiano-Albiano). Essi sono stati riconosciuti a nord di Bardonecchia;
- 3) calcescisti carbonatici a patina di alterazione ocra, ricchi in ankerite, in bancate massicce di spessore metrico. Questi metasedimenti, interpretabili come depositi detritici, sono stati riferiti al Cretacico superiore per inquadramento stratigrafico e per confronto con analoghe facies presenti in tutta la catena alpina (DEVILLE et alii, 1992). Essi sono diffusi in tutto l'areale di affioramento dell'unità, dal Colle dell'Assietta alla Pierre Menue. All'interno di questa successione a prevalenti calcescisti sono presenti prasiniti (versante meridionale della Punta del Frejus e della Punta Bagnà), serpentiniti (Vallone del Frejus) e brecce a matrice carbonatica (Colle della Rho).

La copertura quaternaria

Il fondovalle è ricoperto da un materasso di alluvioni quaternarie, a cui si innestano, in corrispondenza delle valli secondarie, poderose conoidi di deiezione.

Sui versanti, estese placche di depositi di origine glaciale, di frana e di detrito completano il quadro dei depositi di età quaternaria. La quantità di questi depositi è ingente soprattutto poiché in tutta la valle della Dora di Bardonecchia, i calcescisti l.s. fratturati e tettonizzati, come evidenziato nelle pagine precedenti, diventano facilmente degradabili ad opera dell'erosione meteorica e dell'alternanza di cicli di gelo e disgelo, tendendo a scindersi in scaglie sottili e fornendo così abbondanti prodotti detritici mobilizzabili ad opera del ruscellamento superficiale.

I depositi quaternari presenti nell'area in esame sono riconducibili ai seguenti tipi: morene, detriti di falda, depositi eluviali, accumuli di origine mista, accumuli gravitativi, conoidi alluvionali, alluvioni recenti.

Essendo essi sono molto importanti dal punto di vista geoapplicativo, se ne farà una descrizione dettagliata.

DEPOSITI MORENICI

Tra i depositi quaternari dell'area rilevata prevalgono nettamente quelli di tipo morenico. Essi si estendono fino a notevole altezza non solo nella valle principale, ma anche nelle valli tributarie.

Nel fondovalle sono spesso rimaneggiati dai torrenti tributari della Dora a formare coni di deiezione.

Risulta evidente che tale morfologia è legata alla attività glaciale, pertanto si spiegano i ripidi pendii e le spalle legate alle fasi successive di ritiro dell'antico ghiacciaio.

I depositi quaternari sono disposti in gradinate ad anfiteatro ed incisi nei solchi vallivi più profondi per l'azione erosiva delle acque per cui mostrano, lungo gli alvei, vasti smottamenti sempre facili a verificarsi in questi terreni incoerenti.

Nelle morene di entrambi i versanti sono particolarmente abbondanti gli erratici che raggiungono a volte notevoli dimensioni.

Depositati morenici di minore estensione si rilevano infine in lembi addossati ai fianchi delle valli tributarie.

Nell'area costituita dai calcescisti la facies morenica non è facilmente rilevabile perché commista, mascherata o sostituita da quella di detrito franoide causato dallo sfasciame della roccia per cui i depositi morenici si presentano di interpretazione problematica.

La coesione dei depositi morenici asciutti è talvolta notevolissima e consente la stabilità di scarpate subverticali. Ma per il noto comportamento delle argille, l'angolo di attrito interno e quindi la coesione, diminuiscono a contatto con l'acqua, tanto più quanto maggiore è la percentuale di materiali

siltoso-argillosi che, d'altro canto, conferiscono una impermeabilità talora assai alta a questi depositi.

I depositi morenici infatti sono formati da materiali di dimensioni assai varie e di costituzione litologica diversa. Li caratterizzano la mancanza assoluta di stratificazione, la forte eterometria, la presenza di ciottoli a volte con superfici levigate.

La copertura morenica della parte più alta delle valli tributarie è esclusivamente costituita da rocce rinvenibili in posto, sui versanti vicini. Ciò fa evidentemente pensare che essa abbia avuto origine dall'azione dei ghiacciai minori indipendentemente dal grande ghiacciaio impostato nella valle principale.

Restano da citare ancora alcuni fenomeni tipici della morfologia glaciale: cordoni ed archi morenici, circhi e soglie.

Là dove importanti ghiacciai laterali confluivano con quello principale i depositi morenici si accumularono, talora si intrecciarono variamente e presentarono quindi un'importanza notevole, come per es. nelle vicinanze di Millaures.

In sintesi si osservano talora lembi morenici che per la loro orientazione subortogonale all'asse vallivo sembrano indicare punti di convergenza di ghiacciai secondari laterali con il principale vallivo.

Nella morena sono caoticamente associati elementi anche di cospicue dimensioni, freschi, angolosi o rotolati, con una frazione limosa ("argilla glaciale") in varie proporzioni. Depositi glaciali di fondo, in buona parte rielaborati ed eluviati, messi in posto dal ghiacciaio pleistocenico, rivestono largamente i versanti in roccia calcescistosa, dai fondovalle su per 300-500 m d'altezza, dove passa ad eluvione verso l'alto. Evidenti per la loro tessitura e la loro configurazione sono le brevi e basse arcate di morena frontale grossolana, sciolta, fresca, depositata in epoca molto recente (Olocene) alla soglia dei numerosi, alti circhi glaciali sotto le creste. Quasi sempre attualmente questi depositi glaciali si rinvengono rielaborati ed associati ad altri tipi di deposito, cosicché risulta difficile riconoscerli e separarli cartograficamente dai depositi eluviali, detritici e colluviali presenti sui versanti a varie quote.

DETRITI DI FALDA

I detriti di falda sono molto abbondanti in tutta la zona. Essi si presentano sotto forma di placche assai estese o di coni ai piedi di ripide pareti rocciose. Talora risultano mescolati a materiale morenico e sono distribuiti su entrambi i versanti.

Si hanno, ad esempio tra le serpentiniti, poderosi accumuli di detrito che ricoprono quasi completamente il ripido versante, mentre tra i calcescisti si ha una notevole attenuazione (lei pendio con tratti quasi pianeggianti, interrotti da piccoli archi, in relazione alla copertura morenica del terreno).

Gli accumuli di rocce della prima categoria sono riconoscibili anche a distanza, gli altri, invece, molto meno vistosi, frammisti ad abbondante terriccio, risultano meno riconoscibili perché ricoperti da vegetazione e da ottimi pascoli. Solo lungo le creste spartiacque i calcescisti, per fenomeni di scoscendimento ad uncino, si sono assestati verso il fondovalle provocando grandi spaccature ed accumuli non coperti di vegetazione.

Vasti pendii detritici, incoerenti, uniformi, si sviluppano ai lati dei fondivalle, rivestendo per centinaia di metri in altezza i versanti di roccia dolomitica, sul lato destro dell'alta Valle della Rho e su ambo i lati della Valle Stretta. Meno estese e meno tipiche sono le falde detritiche da disgregazione di roccia calcescistosa, che spesso sfumano in coltri di eluvione dalla quale non è facile distinguerle.

DEPOSITI ELUVIALI

Il deposito eluviale, a materiale detritico monogenico alterato fino a risolversi parzialmente in sabbia e limo argilloide d'aspetto terroso (che nel livello superficiale, arricchito di sostanza organica, forma il suolo vegetale) semicoerente o pseudocoerente, di tinta bruna, riveste i pendii mediamente inclinati, dove insensibilmente fluisce in basso (creeping). Scarso ed in placche sottili sopra la roccia dolomitica, forma coltri estese e continue anche per molti chilometri quadrati sui versanti di roccia calcescistosa sotto quota 2200-2000 m.

Su pendii a debole inclinazione l'accumulo di eluvione scoscesa dall'alto origina sacche più spesse, naturalmente rimaneggiate, di colluvium. La precipitazione di carbonato di calcio dalle acque freatiche dilavanti il detrito calcareo in qualche punto ha cementato l'eluvione formandovi placche e incrostazioni superficiali di travertino spugnoso, poco significative (Val Rochemolles). Alle attitudini più elevate il glacionevato è alimentato periodicamente da estesi valangamenti. Placche glacionivali persistono nella stagione estiva nei fondovalle e sui pendii meno soleggiati.

ACCUMULI DI ORIGINE MISTA

Nel Foglio Bardonecchia alla scala 1:50.000 sono cartografati in questo ambito accumuli di origine mista. Le note illustrative allegate alla suddetta cartografia riferiscono che *“L'ambiente alpino è caratterizzato dall'azione di processi fisici differenti che possono agire, eppure con modalità e in momenti diversi, nell'ambito di uno stesso ristretto settore. In tal senso il termine "deposito misto" è stato utilizzato con l'accezione di sedimento avente carattere poligenico, ora di origine gravitativa, ora di debris flow, ora torrentizio e ora di valanga. La facies più comune è rappresentata da diamicton massivi a matrice sabbiosa o ghiaioso-sabbiosa; la petrografia e la forma dei clasti e dei blocchi variano alquanto in funzione della natura degli originari sedimenti a spese dei quali si sono formati i depositi misti. Conoidi piuttosto acclivi, originatisi allo sbocco di ripidi e stretti canali, costituiscono l'espressione morfologica più tipica di questi depositi”*.

ACCUMULI GRAVITATIVI

Nel Foglio Bardonecchia alla scala 1:50.000 sono cartografati in questo ambito accumuli gravitativi. Le note illustrative allegate alla suddetta cartografia riferiscono che *“Il Bacino della Dora Riparia è caratterizzato dalla notevole diffusione degli accumuli gravitativi, alcuni dei quali con estensione superiore al chilometro quadrato e potenza visibile conservata dell'ordine delle decine e in qualche caso del centinaio di metri. La distribuzione degli accumuli riflette le differenti caratteristiche petrografiche, strutturali e di giacitura delle rocce e la*

varia composizione e distribuzione delle coperture superficiali. I settori che presentano una maggiore frequenza di fenomeni gravitativi corrispondono agli areali di affioramento delle successioni metasedimentarie a prevalenti calcescisti del dominio piemontese, mentre sui versanti modellati nelle successioni carbonatiche brianzonesi e nel substrato cristallino del Massiccio d'Ambin gli accumuli sono visibilmente meno numerosi.

I caratteri sedimentologici degli accumuli sono determinati in parte dalla natura del substrato e delle formazioni superficiali coinvolte, in parte dalla tipologia del movimento gravitativo. Dinamicton massivi a supporto di matrice contraddistinguono gli accumuli legati a fenomeni di fluidificazione della coltre detritico-eluviale e di depositi glaciali, oppure a fenomeni di tipo complesso che hanno coinvolto porzioni di substrato intensamente fratturate. Accumuli caotici di blocchi angolosi o subangolosi sono invece riconducibili a meccanismi di ribaltamento e crollo oppure a fenomeni rototraslativi; i blocchi possono talvolta essere di dimensioni rilevanti (decine o centinaia di mc). Accumuli di grandi dimensioni presentano invece caratteri di facies generalmente assai differenziati da punto a punto e costituiscono il prodotto di fenomeni ripetuti nel tempo, che risulta però impossibile delimitare”.

CONOIDI ALLUVIONALI

Le conoidi costituiscono zone di grande accumulo alluvionale, laddove il torrente sbocca nel fondovalle con netta prevalenza di materiali grossolani. Questi depositi sono caratterizzati da giacitura in lenti sovrapposte di vario spessore e continuità laterale. Si tratta generalmente di accumuli di ghiaie e sabbie con ampio spessore e notevole estensione, caratterizzati da una classificazione granulometrica a largo raggio, con mescolanza di tutti i tipi di granulometria (quindi abbondanza anche di materiali fini).

Le dimensioni delle conoidi variano a seconda dell'estensione della copertura vegetale, della litologia e della morfologia del bacino idrografico del corso d'acqua che ha edificato la conoide. In linea generale i bacini dove prevalgono terreni morenici facilmente erodibili, con pendenze notevoli, sono

in grado, a parità di dimensioni, di costruire conoidi di dimensioni maggiori e più frequentemente soggette a disalvei.

Vaste, tipiche conoidi si sviluppano nel fondo della Valle di Melezet, per buona parte assestate, nelle loro fasce centrali ancora in corso d'alluvionamento attivo. Sopra le due vaste conoidi, giustapposte lateralmente, allo sbocco delle valli Rho e Frèjus, artificialmente stabilizzate, si è sviluppato l'abitato di Bardonecchia.

DEPOSITI ALLUVIONALI

Osservando la valle risulta evidente che ad avere una parte attiva nel determinare l'attuale configurazione sono stati sia i processi glaciali sia l'azione dei torrenti e delle acque di dilavamento.

Depositi alluvionali torrentizi si ritrovano in fasce allungate nei fondovalle, depositate nel Quaternario superiore, in qualche tratto nettamente distinti ai lati delle scarpate detritiche o delle falde colluviali, altrove raccordati con esse. I depositi alluvionali sono formati da elementi poligenici arrotondati, eterometrici (blocchi, ciottoli, ghiaie e sabbie) a granulometria mediamente decrescente da monte verso valle; rimaneggiati frequentemente negli alvei di piena; nelle spianate laterali terrazzate, sopraelevate di pochi metri, si presentano maggiormente assestate.

Contemporanea all'azione della Dora era l'azione dei torrenti affluenti che continuavano a creare imponenti conoidi di deiezione e a incidervi in relazione al regime incostante delle acque.

La Dora in corrispondenza delle conoidi descrive ancora oggi ampie curve per poi riprendere un andamento all'incirca rettilineo, ciò indica una progressiva migrazione dell'alveo fluviale tendente ad aggirare l'ostacolo.

Nelle valli tributarie, ove si hanno contropendenze e conche dovute all'esarazione glaciale, i ruscelli hanno dato origine a depositi alluvionali di scarsa entità fortemente impregnati di acqua, favorendo lo sviluppo di una spessa cotica erbosa.

Per quel che riguarda il materiale, le pietre verdi, gli gneiss, i calcari sono le rocce che, essendo le più resistenti, sono anche le più abbondanti nella parte grossolana delle alluvioni, mentre i calcescisti ed i micascisti, meno resistenti, costituiscono la parte più minuta.

L'alluvione torrentizia-fluviale, che colma il fondovalle della Dora risulta dall'apporto del corso assiale e da quelli dei torrenti secondari. La proporzione di blocchi, ciottoli e ghiaie, sabbie e limi così come le proporzioni dei diversi litotipi varia lungo l'asse della valle, ma in modo irregolare. Gli elementi di grosse e medie dimensioni sono arrotondati per rotolamento o subangolosi, a spigoli smussati. L'alluvione recente è formata da materiali litoidi per lo più freschi, sciolti o, in qualche punto, interessati da un principio di lapidificazione per riprecipitazione di carbonato di calcio.

La permeabilità primaria è elevata e consente la presenza di una falda di subalveo; anche l'erosività è elevata.

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE E DI ALTERAZIONE DEI LITOTIPI PRESENTI

In rapporto soprattutto alla loro composizione mineralogica (a specie minerali più o meno alterabili chimicamente), alla loro tessitura e alle loro condizioni microtettoniche che ne favoriscono la disgregazione meccanica, gli svariati litotipi di rocce elencati nelle pagine precedenti dimostrano ognuno un proprio differenziato comportamento all'azione di degradazione naturale, continuamente esercitata sull'affioramento dagli agenti esogeni, climatici biologici, ecc... .

M. BUGNANO riferisce che *“I calcescisti, più o meno micacei, tendono a scindersi piuttosto rapidamente in scaglie sottili, dalle quali la calcite viene asportata per dissoluzione. A compiuta degradazione il prodotto residuale è costituito da una sabbia quarzosa con abbondanti lamelle muscovitiche e tracce di grafite e infine da un prodotto eluviale di colore bruno ed elementi di roccia frantumata, con scheletro sabbioso e scarsa frazione argilloide.*

Calcari e dolomie scolorano presto e si disciolgono lentamente in superficie: i calcari in modo uniforme, le dolomie talora conservando un residuo di cristallini di dolomite. La dissoluzione e la naturale fessurazione predeterminano la gliptogenesi, risultandone superfici lisce, irregolarmente concoidi, con solcature orientate secondo i sistemi di giunti presenti e incavature isolate. La roccia tende a risolversi in detrito ad elementi subprismatici angolosi freschi, associati con assai scarso materiale “terroso” rosso-bruno.

I costituenti metamorfogeni delle Pietre Verdi sono in genere poco alterabili: le serpentiniti assumono a giorno una patina ocracea rossastra per ossidazione di minerali ferrosi; i serpentinoscisti scolorano in una tinta giallastra; gli altri litotipi conservano a lungo la loro tinta propria. Si digregano naturalmente in frammenti poliedrici o scagliosi; la formazione dell'eluvione procede molto lentamente”.

L'assetto geomorfologico di una regione dipende da svariati fattori, endogeni ed esogeni, che si combinano reciprocamente e la cui azione è variabile sia nel tempo che nello spazio. Tra i fattori endogeni è necessario considerare sia quelli passivi (litologia e assetto strutturale ereditato da precedenti fasi tettoniche) che quelli che attivamente incidono, se presenti, sulle modalità dell'evoluzione morfologica. Tra questi ultimi un ruolo fondamentale, almeno nelle Alpi occidentali, è esercitato dall'attività tettonica, che dislocando in vario modo i diversi settori del territorio, crea i dislivelli su cui possono operare i fattori esogeni

Tra i principali fattori esogeni che agiscono in una regione alpina è necessario ricordare l'azione delle acque correnti superficiali e incanalate, la dinamica gravitativa, l'azione esarante dei ghiacciai, fenomeni di disgregazione e di alterazione degli ammassi rocciosi, a loro volta strettamente connessi al clima, all'attività biologica e all'intervento antropico.

L'assetto geomorfologico generale della Valle di Susa è connesso al sollevamento recente della catena alpina realizzatosi in un lungo periodo di tempo a partire dal Neogene e probabilmente tuttora in atto. All'entità notevole del sollevamento subito dalla catena alpina in corrispondenza del settore considerato sono collegati alcuni tratti particolari del territorio, come la forte energia del rilievo e la prevalenza dei fenomeni erosivi su quelli sedimentari. Recenti studi hanno messo in rilievo come il sollevamento della catena non abbia avuto la stessa entità né sia stato perfettamente sincrono in tutti i settori considerati. Le parti più esterne della catena avrebbero subito infatti un sollevamento più accentuato e più recente rispetto ai settori interni.

La non perfetta contemporaneità del sollevamento sarebbe riflessa anche dalla progressiva migrazione verso Ovest dello spartiacque principale della catena alpina.

Per quanto concerne lo stabilirsi iniziale delle direttrici oroidrografiche, è ipotesi generalmente accettata e abbastanza convincente che ancora durante il Pliocene lo spartiacque alpino decorresse a levante del Massiccio d'Ambin.

I deflussi superficiali ne scendevano verso Ovest conformi all'immersione monoclinale della sinclinale dei calcescisti, lungo le seguenti direttrici, incise appunto nei calcescisti più erodibili:

- bassa valle Rochemolles → Val Melezet → solco del Colle della Scala → confluenza finale nel bacino del T. Clarèe;
- valle della Dora Riparia da Chiomonte a Oulx → valle del T. Ripa → colle del Monginevro → confluenza nel bacino del T. Durance.

Verso la fine del Pliocene e prima delle grandi glaciazioni quaternarie, l'intensa ed accelerata azione erosiva esercitata dalla Dora Riparia alla testata del suo bacino nella conca di Susa, molto più approfondito di quelli contigui oltralpe, sfondò il diaframma spartiacque estendendosi verso monte, forse in due fasi consecutive: in un primo tempo fino a "catturare" l'attuale conca di Oulx; in un secondo tempo, proseguendo l'erosione regressiva, ampliando la cattura alla conca di Bardonecchia, fino all'attuale saliente planimetrico dello spartiacque alpino.

Deviati i deflussi verso SE, incanalati nel solco della val Bardonecchia, nella Conca di Bardonecchia i livelli erosivi si adeguarono a quelli della soglia subito a valle di Bardonecchia, gradualmente erosa e abbassata per effetto dell'intenso richiamo delle acque da valle. Nel punto topografico attualmente a quota minima presso Bardonecchia, l'abbassamento intervenuto come somma di tutti i processi erosivi durante il Quaternario si può valutare dell'ordine di almeno 700 m, assumendo come riferimento l'altitudine dei Colle della Scala. Fra gli effetti dell'obsequenza prequaternaria della Conca di Bardonecchia al bacino della Dora Riparia, è particolarmente interessante l'inversione dei deflussi nella val Melezet, richiamati verso NE a partire appunto dal Colle della Scala.

L'evoluzione morfologica durante il Quaternario risenti sostanzialmente del modello erosivo glaciale, sovrainpostosi alla rete dei solchi vallivi, ormai planimetricamente definita e pressoché stabilizzata. I profili longitudinali delle principali valli secondarie affluenti del collettore assiale si modificarono in complesso abbassandosi e raccordandosi ai livelli di sbocco, che a loro volta si spostarono in funzione delle modificazioni intervenute nel profilo trasversale della valle assiale durante le successive grandi glaciazioni pleistoceniche. Nelle sue fasi positive di sviluppo (anaglaciali) il ghiacciaio, che rivestiva gran parte della conca, emergendone soltanto le creste sommitali perimetrali e radiali, esercitò soprattutto un'azione di asportazione del detrito e di abrasione della roccia al piede dei versanti (esarazione), cosicché i profili trasversali delle valli ne risultarono allargati e raccordati nella fascia inferiore (profili "a doccia").

Caratteristico è il profilo a doccia dei versanti rocciosi della valle Melezet: tale, più ristretto e ad alte pareti laterali, quello della Valle Stretta: tali soltanto a tratti i profili esarativi nelle altre valli.

Nelle fasi di regresso cataglaciali si accentuò l'erosione subglaciale da parte dei torrenti alimentati dalle acque di fusione, talora in forma di incisioni ristrette e profonde, anche per un centinaio di metri, in tronchi rettilinei lunghi alcuni chilometri, in parte tuttora conservati (basse valli Rho e Frejus, alta Valle Stretta).

Per processi esarativi analoghi ad elevata altitudine alla base delle creste sommitali, nella zona di alimentazione dei ghiacciai, le originarie depressioni compluviali vennero allargate a cavità con fondo pianeggiante e con altri recinti semiellittici (circhi glaciali), talora affiancati, ora disposti a gradinata. Serie di numerosi piccoli circhi si osservano sotto la cresta del versante destro della media valle di Rochemolles nell'alta Valle Stretta, ecc... .

Nel dettaglio l'esarazione modellò i versanti rocciosi a superfici lisce e largamente raccordate ("montonate") talora levigate e striate, sulle quali la roccia in genere si ritrova fresca già a pochi millimetri dall'esterno.

Contemporaneamente si evolsero i processi d'accumulo: estensivi durante il cataglaciale dell'ultima glaciazione (Wurmiano), col deposito delle estesissime coperture glaciali sulla fascia inferiore dei versanti; localizzati in corrispondenza

delle minori fasi di sosta (fasi stadiarie) durante il definitivo, ultimo regresso postwurmiano, che si concluse durante l'Olocene con l'attuale, pressoché totale ablazione dei ghiacciai nella Conca di Bardonecchia. Morene degli ultimi stadi, preistorici o storici, sono le basse. cordonate frontali, talora multiple, ubicate nelle cavee dei circhi.

Anche il modellamento ha vistosamente risentito la diversa influenza dei due principali litotipi dell'imbasamento roccioso: le dolomie e i calcari e i calcescisti.

Le rocce dolomitiche, a giacitura molto più. varia, ma spesso suborizzontale, hanno reagito all'esarazione cedendo a frequenti estesi sparetamenti, delimitati dai giunti delle grandi diaclasi subverticali. Ne è risultato un modellamento attuale aspro della roccia nuda, a grandi toni e cime tronco-piramidali, con guglie e creste secondarie fra segmenti di pareti diritte, che solo in qualche settore mostrano impronte sicure dell'esarazione glaciale, meglio evidente invece nelle conche ondulate degli alti valloni (bacini di Thures e Traversetta in Valle Stretta, Pian dei Morti in valle della Rho, testata della Valfredda).

I calcescisti molto più facilmente erodibili, hanno favorito la formazione di uniformi versanti ad ampi pendii non accidentati, rivestiti da terreni di copertura, conformi alla giacitura degli strati (fianco sinistro delle valli Rho, Frejus, Rochemolles), mentre sui versanti di testata più ripidi lo spianamento erosivo ha conservato tuttavia salienti e depressioni compluviali in roccia nuda, a mezzacosta fin sotto le soglie dei circhi. Ne risulta nei bacini sopraindicati un nettissimo contrasto nell'assetto degli opposti versanti.

L. PERETTI e M. BUGNANO riferiscono che *“per quanto concerne l'evoluzione morfologica in atto, proseguendo tuttora l'azione degradante fisico-chimica diretta degli agenti climatici, alla esaurita attività morfogenica dei ghiacciai nella Conca di Bardonecchia si è sostituita, come fattore sostanziale ed estensivo, quella delle acque superficiali dilavanti e incanalate, principali responsabili del dissesto idrogeologico generalizzato di questo settore montano.*

Su tutta l'area dei pendii all'infuori degli alvei torrentizi, le acque di ruscellamento di precipitazione pluviale diretta o di fusione delle nevi

concorrono alla degradazione dei terreni di copertura eluviali. Vi esplicano in più un'azione meccanica di dilavamento, normalmente particellare, inavvertita, ma anche (a intervalli di tempo e su aree localizzate) accentuata fino a provocarvi fenomeni di fluidificazione e colamento del suolo.

L'azione morfogenica delle acque correnti incanalate, limitata agli alvei di vario ordine (per una lunghezza globale di centinaia di chilometri) vi si manifesta anche a scala geologica, modificandone i reali profili longitudinali, che tendono irreversibilmente ad adeguarsi alle curve teoriche di equilibrio. Un aspetto vistoso di tale processo in atto è fornito dalle citate gole, in parte singlaciali, per parte postglaciali, nelle valli laterali. Incisioni di angusti solchi per erosione regressiva di gradini trasversali rocciosi sono tuttora in atto, per esempio, nella Val Frejus, all'altezza delle Grange Chatelard, e lungo l'affluente di destra rio Gautier.

In ogni caso è ancora la natura litologica dei terreni che predetermina, volta a volta, gli aspetti dell'erosione torrentizia e il suo regime. Entro le rocce essa procede relativamente accelerata in complesso nei calcescisti, meno rapida nelle dolomie, assai più lenta nelle quarziti, anageniti, ecc., assai rapida nei gessi e nelle carniolate. Entro i terreni di copertura il ritmo dell'erosione incanalata si misura con altre più brevi unità di tempo: colmate alluvionali, coltri di morena profonda o di eluvione, ecc. possono subire rilevanti scalzamenti e asportazioni per lunghe e ristrette tratte a lato degli alvei durante un solo periodo di precipitazioni e di deflussi eccezionali.

Una certa modica influenza morfogenica esercitano infine le acque sotterranee della falda più superficiale (f. freatica), sviluppata irregolarmente nella fascia sconnessa delle rocce affioranti, regolare e continua e in lento deflusso gravitativo nelle coperture detritiche, eluviali, ecc.: concorrono a ridurre l'azione erosiva delle acque selvagge sui pendii, assorbendone una parte. Al contrario, quando la superficie di saturazione si avvicini al suolo, aumentano la franosità dei terreni, riducendone la coesione.

Sebbene in misura assai minore che per effetto della fenomenologia erosiva, l'assetto morfologico locale venne modificato sensibilmente anche dai

processi di sedimentazione, per i quali si definirono e si incrementarono i depositi dei terreni di copertura, specie dopo la definitiva scomparsa del ghiacciaio wurmiano, poche decine di millenni addietro.

La formazione di terreni sedimentogeni è tuttora in atto, salvo che per i materiali morenici, alimentata dagli stessi processi di erosione. Le falde di detrito tipico degli alti valloni s'incrementano, conservando l'angolo limite di scarpata naturale. Non subisce invece un incremento rilevante lo spessore delle coltri eluviali, regolate dalla continua solifluzione. Tendono soprattutto ad ampliarsi le alluvioni dei fondovalle, soggette a cicli di incisioni, sovralluvionamenti, sovraincisioni, ecc. rilevati in qualche punto dalle terrazzature longitudinali delle sponde degli alvei. Sulle colmate alluvionali ancor più rapidamente le conoidi torrentizie laterali s'incrementano in estensione e spessore.

Le cause del generalizzato dissesto idrogeologico che caratterizza, in misura più o meno grave, la testata di tutti i sottobacini presenti nel territorio in esame, possono ben essere spiegate proprio attraverso il riconoscimento della sopracitata vasta cattura del bacino del T. Bardonecchia ad opera della Dora Riparia in epoca recente (secondo la scala cronologica geologica), fatto che ha provocato il riassetto del bacino del T. Bardonecchia e valle di Bardonecchia, tuttora attivamente in corso. Di conseguenza, sono tuttora in atto, con ritmo accelerato, le variazioni naturali dei profili dei torrenti affluenti a Bardonecchia, con intensissimi processi di erosione regressiva.

In conclusione, l'attuale evoluzione morfologica del territorio di Bardonecchia si può considerare nel suo insieme in fase giovanile, con una fenomenologia di mutazioni dell'aspetto superficiale in media più intensa che non nelle altre valli delle Alpi Occidentali italiane”.

GEOIDROLOGIA: PERMEABILITÀ DEI LITOTIPI, SORGENTI E SERBATOI IDRAULICI

CARATTERIZZAZIONE GEOIDROLOGICA E PERMEABILITÀ DEI LITOTIPI

Sotto il profilo idrogeologico, il territorio comunale di Bardonecchia può essere suddiviso in due ambiti:

- 1) i versanti vallivi, contraddistinti dalla presenza di rocce compatte, essenzialmente impermeabili o localmente permeabili per fratturazione e/o carsismo;
- 2) il materasso alluvionale di fondovalle, a cui si possono associare per analogia di circolazione idrica sotterranea le placche di depositi glaciali, detritici, di frana e di conoide, tutti variamente permeabili per porosità, presenti in maggior misura sul versante orografico destro.

In base alle caratteristiche di granulometria e di permeabilità delle rocce, è possibile operare una suddivisione in complessi idrogeologici omogenei:

- 1) rocce impermeabili o localmente permeabili per fessurazione: sono rappresentate dai Calcescisti con Pietre Verdi e dagli gneiss e micascisti; si tratta di litotipi essenzialmente impermeabili o con locali circuiti idrici sotterranei legati alla presenza di sistemi di fratture ed evidenziati in superficie dalla presenza di sorgenti o comunque di emergenze idriche a volte diffuse;
- 2) rocce impermeabili o localmente permeabili per fessurazione e carsismo: corrispondono ai lembi discontinui delle rocce a componente carbonatica e ai livelli di rocce carbonatiche intercalate ai calcescisti;
- 3) rocce permeabili per porosità: vi appartengono coni e fasce detritiche, a granulometria grossolana ed elevata permeabilità; depositi morenici con caratteristiche di permeabilità variabili a seconda della dimensione dei clasti e della quantità di materiale fine

presente nella matrice; depositi alluvionali di fondovalle, altamente permeabili, costituiti prevalentemente da sedimenti ghiaioso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso-limosi.

Permeabilità e percolabilità delle formazioni affioranti concorrono in misura sostanziale a definire la densità di drenaggio naturale:

$$d_{dr} = \frac{\sum l}{S}$$

che rappresenta il rapporto tra la somma delle lunghezze l (Km) dei corsi d'acqua di vario ordine a direttrici di deflusso definite e la superficie S (Km²) del bacino idrologico. Per la Conca di Bardonecchia d_{dr} si avvicina a 2, valore molto elevato determinato dall'esistenza di versanti ripidi in roccia.

La fittezza della rete idrografica è massima negli alti versanti in rocce calcescistose, dove si raggiungono valori $d_{dr} > 5$; molto minore nei versanti in rocce dolomitiche, fino a $d_{dr} = 1$; valori minimi si registrano nelle grandi falde detritiche.

SORGENTI

L'approvvigionamento di acqua potabile in Comune di Bardonecchia è assicurato da sorgenti poste negli alti versanti montani, la cui ubicazione appare nell'allegato successivo.

Attorno ad esse sono osservati i vincoli disposti dal D.P.R. 236.

Sono sorgenti "di falda" (detritica, morenica, eluviale) la massima parte delle sorgenti perenni - alcune decine indicate sulle carte topografiche - e la totalità delle sorgenti temporanee, ancor più numerose fino a quota 2600. Per le prime le portate variano fra decine di l/sec (la sorgente Giolitti, sulla destra del T. Melezet all'altezza di Bardonecchia eroga 37 l/sec nei mesi estivi, 24 nei mesi invernali; la sorgente Orgera, nella porzione media Valle Rho, 40 l/sec d'estate, 12 l/sec d'inverno) ad alcuni centesimi di l/s.

Dalle dolomie della Valle Stretta sgorgano anche alcune sorgenti di tipo diaclasico. Il gruppo di sorgenti detto "le Sette Fontane" allo sbocco della Valle Stretta fuoriesce alla base del versante destro con una portata globale non misurata, ma dell'ordine di qualche centinaio di l/sec. E' alimentato verosimilmente pro parte da acque diaclasiche, convogliate lungo la faglia quasi conforme al versante, pro parte dalle abbondanti acque defluenti nel subalveo alluvionale, ricondotte a giorno dalla soglia rocciosa in contropendenza che sbarra il solco vallivo.

SERBATOI IDRAULICI

I due maggiori impianti idraulici industriali esistenti nell'area in esame, destinati alla produzione di energia elettrica, risalgono all'inizio di questo secolo.

L'impianto localizzato in Valle di Rochemolles comprende il serbatoio (col ciglio della diga di ritenuta a quota 1981 ed invaso di 3.800.000 mc), il canale di derivazione, pro parte in galleria, lungo circa 5 Km sul fianco sinistro della valle, la condotta forzata di quasi 2 Km alla Centrale di Bardonecchia.

Il modesto impianto delle Sette Fontane è costituito dal serbatoio localizzato nella suddetta località (con diga di ritenuta a quota 1499, invaso di 50.000 mc) e del canale-galleria di derivazione lungo circa 4.5 Km sul fianco sinistro della Val Melezet, fino alla condotta forzata di 1.5 km alla Centrale di Bardonecchia.

L'analisi condotta da moltissimi soggetti (CNR, Servizio Geologico Regionale, Università, Provincia, ecc..) ha posto in evidenza come i dissesti idrogeologici presenti in Valle di Susa siano in parte attribuibili alle caratteristiche geologiche della Valle ma anche da ricondursi ad una inadeguata gestione dell'uso del territorio e delle misure di prevenzione (costituite dalle opere di difesa idrogeologica, dalle norme, dai vincoli e dalle procedure di gestione stessa).

Sulla base di dettagliate notizie storiche raccolte dall'IRPI CNR è possibile affermare che nel secolo scorso e in tutto il secolo attuale gli eventi di piena furono numerosissimi e di dimensioni comparabili a quelli dei nostri anni. Si constata invece un progressivo, impressionante aumento nell'entità dei danni prodotti ogni volta che un fenomeno alluvionale si ripete in ciascun bacino; le cause di tutto ciò sono necessariamente riconducibili, per la maggior parte, ai vari fattori di squilibrio introdotti dall'uomo sia nei bacini montani che lungo il corso della Dora, e più in particolare nelle conoidi e nella fascia di pertinenza fluviale.

La particolarità della conformazione orografica della valle e l'effetto combinato dell'abbandono degli insediamenti umani nelle aree montane e dell'aumento delle infrastrutture turistiche, hanno evidenziato anche una situazione di grande vulnerabilità alle frane in un territorio predisposto, per motivi geomorfologici, a vasti scoscendimenti dell'epoca protostorica (paleofrane) che portarono alla formazione di accumuli di frana, soggetti spesso a locali riprese di moto.

Le informazioni seguenti, redatte a cura di G. BELLARDONE e ricavate dagli archivi del Sistema Informativo Geologico della Regione Piemonte, sono pubblicate nelle note illustrative del Foglio Bardonecchia alla scala 1:50.000.

“A partire dal secolo scorso, per il settore dell’alta Valle di Susa comprendente i Comuni di Bardonecchia, Oulx, Salbertrand, Exilles, Chiomonte, Gravere e Giaglione, si hanno informazioni riguardo a 121 eventi di instabilità naturale, datati.

I territori comunali maggiormente colpiti sono quelli di Bardonecchia e Oulx.

L’abitato di Bardonecchia è soggetto soprattutto a processi di tipo torrentizio legati ai torrenti 'Rho, Frejus e, subordinatamente, Valle Stretta e Rochemolles.

Particolarmente frequenti sono risultate le piene del torrente Rho che fino agli anni '50, e soprattutto nel periodo compreso tra il 1860 ed il 1880, ricorrentemente causarono all’abitato danni talora anche gravi. In particolare si ricorda l’evento del 25 maggio 1873, in cui il torrente Rho distrusse molte abitazioni in regione Bertrand e, dove sorge l’attuale Palazzo delle Feste, venne distrutta la cappella detta del S. Sepolcro o di S. Croce. Altri eventi, sempre legati al torrente Rho, si susseguirono tra il 1873 e il 1880 e coinvolsero più o meno gravemente il capoluogo (in particolare un trasporto in massa verificatosi tra settembre e ottobre 1880 causò gravissimi danni al Borgo Vecchio).

Ancor prima, il 20 maggio 1728, un trasporto in massa, riattivò, a partire dall’apice del conoide, antichi canali in sinistra orografica, investendo il Borgo Vecchio, con deposito di molto materiale entro gli stessi edifici.

A partire dai primi decenni di questo secolo iniziarono i lavori di regimazione e di sistemazione che probabilmente concorsero a limitare il numero degli eventi di piena non contenuti: infatti in base ai dati disponibili a partire dagli anni '60 non vennero più registrati danni significativi, pur permanendo quella del Rho una situazione ad alto rischio, che ha condotto fino agli '90 alla realizzazione di interventi di regimazione”.

La Banca Dati Geologica, del Settore Prevenzione del Rischio Geologico Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte, mette a disposizione strumenti cartografici specifici incentrati sugli aspetti fisico-ambientali e sulla compatibilità ed interrelazioni tra i caratteri fisico-ambientali e le possibili trasformazioni del territorio.

In particolare in questo studio sono stati analizzati gli elaborati cartografici inerenti i processi lungo le rete idrografica (aree inondabili: ricorrenza e materiali depositati), le caratteristiche della rete idrografica (alveo-tipi e processi) e i fenomeni gravitativi.

Corre l'obbligo di riferire che il lavoro qui presentato è stato facilitato dagli studi e dalle metodologie pubblicate dal C.N.R. – I.R.R.P.I. e dalla Regione Piemonte – Servizio Geologico – Banca Dati Geologica (**G. BELLARDONE e F. FORLATI**).

Dalla carta degli alveo-tipi risulta che nel territorio comunale di Bardonecchia il corso d'acqua principale (con pendenze oscillanti intorno allo 0.1%) ha alveo poco inciso e un andamento sinuoso irregolare. I processi prevalenti sono: trasporto sul fondo e in sospensione, locali erosioni laterali, allagamenti talora anche estesi e deposito di materiali fini.

I tributari della Dora sono classificati come tronchi d'alveo (con pendenze mediamente uguali o superiori al 16%) incisi in roccia e/o in materiali sciolti. I processi prevalenti sono: trasporto in massa di quantità rilevanti di materiali solidi per piene torrentizie impulsive e violente, erosione laterale e di fondo.

La "*Carta dei tributari minori e delle conoidi potenzialmente attive*", F° 54 "Bardonecchia", edita in scala 1:100.000 a cura del Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte, indica le conoidi potenzialmente attive, individuate come tali "in base alla caratterizzazione tipologica dei bacini, ricavata in finzione della maggiore o

minore disponibilità in alveo di materiali sciolti", che risultano quindi facilmente trasportabili dalla corrente.

Le inondazioni sono caratterizzate da deposito di materiale prevalentemente ghiaioso-sabbioso.

Le informazioni della B.D.G. sono state considerate per la stesura della *Carta geomorfologica e dei dissesti* realizzata alla scala 1:10.000 e facente parte integrante del presente lavoro.

Dott. Paolo Leporati

Dott. Eugenio Zanella