



**COMUNE DI
ARDESIO**
Provincia di Bergamo

**STUDIO GEOLOGICO
DI SUPPORTO AL
PIANO REGOLATORE
GENERALE**

Daniele Ravagnani geologo

daniele ravagnani geologo

COMUNE DI ARDESIO
Provincia di Bergamo

**STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO
AL PIANO REGOLATORE GENERALE**

Relazione illustrativa

agosto 1993

INDICE

1.	PREMESSA.....	pag. 3
2.	ARTICOLAZIONE DEL LAVORO.....	pag. 4
3.	PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO.....	pag. 5
4.	DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE.....	pag. 6
4.1.	Carta litostrutturale e litotecnica.....	pag. 7
4.2.	Sezioni geologiche e stratigrafie.....	pag. 18
4.3.	Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto...pag.	22
4.4.	Carta idrogeologica.....	pag. 31
4.4.1.	Osservazioni climatologiche.....	pag. 35
4.5.	Carta di sintesi del rischio geologico.....	pag. 37
4.6.	Carta della fattibilita' geologica di Piano.....	pag. 40
5.	OSSERVAZIONI CONCLUSIVE E RICHIAMI NORMATIVI.....	pag. 47
6.	BIBLIOGRAFIA.....	pag. 50

1. PREMESSA

Il Comune di Ardesio ad un decennio di distanza dall'adozione del Piano Regolatore Generale ne ha intrapreso la revisione con l'obiettivo di verificare *"sia i contenuti sia i meccanismi di attuazione"* alla luce dell'esperienza e delle nuove esigenze maturate nel corso di questo lungo periodo.

Lo strumento urbanistico vigente fu nel 1981 uno dei primi della Regione Lombardia ad essere redatto col supporto di uno studio geologico appositamente realizzato ed ora il Comune di Ardesio, sempre caratterizzato da una sensibile attenzione verso la componente geologica ed ambientale nella gestione del territorio, ha posto tra i suoi indirizzi, esposti nel documento programmatico riguardante la compilazione del nuovo Piano, la decisione di *"promuovere una migliore conoscenza del territorio attraverso l'acquisizione di strumenti cartografici aggiornati, l'approfondimento e l'estensione dello studio geologico"*.

D'altra parte in questo ultimo periodo l'attenzione della Regione Lombardia nel campo geologico si e' concretizzata attraverso specifici atti amministrativi e su questa linea ha ufficializzato con la Deliberazione della Giunta Regionale del 18 maggio 1993 n.5/36147 (pubblicata sul B.U.R.L. 16 luglio 1993, 2° suppl. straordinario al n.28) i *"Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale"*.

E' su queste linee che il lavoro qui illustrato si articola. E' stato nuovamente e piu' approfonditamente rilevato con esami diretti sul terreno tutto il territorio comunale con la conseguente redazione di cartografia tematica in scala 1:5.000 e 1:2.000.

Sono state utilizzate le basi cartografiche aerofotogrammetriche della Comunita' Montana Valle Seriana Superiore in scala 1:5.000 per la redazione della cartografia comprendente l'intero territorio, mentre le carte di fattibilita' sono state compilate sulla nuova base aerofotogrammetrica in scala 1:2.000, appositamente realizzata per appoggiare la pianificazione delle aree urbanizzate.

Questo lavoro non ha lo scopo di affrontare singoli problemi geologico-tecnici, ne' esime l'Amministrazione ed i Cittadini dall'assolvere gli obblighi derivati da specifiche normative di legge concernenti il settore edilizio, geotecnico e/o ambientale. Essendo uno strumento di programmazione, deve raccogliere i principali parametri geologici dell'area esaminata e, osservandoli nella loro globalita' e nelle loro interrelazioni, evidenziare le vocazioni e le limitazioni d'uso del territorio, per poter predisporre in linea generale i provvedimenti di salvaguardia e valorizzazione dei beni ambientali.

Cio' che scaturisce alla fine di questi esami comparati e' una sintesi geoambientale, cioe' una identificazione della qualita' di fatto dell'ambiente fisico, formulata di concerto con i Responsabili della gestione del territorio e che si vuole sia immediatamente leggibile dai fruitori.

Il documento, come e' ovvio, e' di carattere interpretativo e la sua validita' si fonda sulla qualita' ed abbondanza dei dati di base, che vengono forniti dagli elaborati allegati alla presente relazione, e sulla sensibilita' ai problemi ambientali locali acquisita dagli stessi Tecnici che operano sul territorio. I dati forniti saranno recepiti e trasferiti in scelte esecutive dal Progettista del P.R.G. che adattera' le delimitazioni geologiche alle sue unita' areali di lavoro.

Questo lavoro e' stato affidato con deliberazione della Giunta Municipale n.102 del 25 febbraio 1993 allo scrivente professionista, iscritto all'Albo dell'Ordine dei Geologi della Lombardia al n. 319.

2. ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

Nelle prime fasi dello studio si e' proceduto alla raccolta ed alla selezione dei dati geologici gia' disponibili riguardanti il territorio comunale; tali dati derivano per la gran parte dai precedenti rilievi geomorfologici e geologici eseguiti per il Piano Regolatore del 1981 e dall'archivio dei numerosi lavori di carattere geologico-tecnico e idrogeologico eseguiti dallo scrivente nel comune di Ardesio nell'arco di una decina d'anni.

Contestualmente si e' dato corso al rilevamento geologico, strutturale e geomorfologico in scala 1:5000 dell'intero territorio comunale secondo i nuovi criteri dettati dalla Regione. Per le aree urbanizzate di fondovalle i rilevamenti sono stati eseguiti direttamente alla scala 1:2000. I rilevamenti sono stati conclusi nel maggio 1993.

Alla acquisizione dei dati e' seguita la loro rielaborazione, con la compilazione delle carte tematiche litostrutturale e litotecnica, geomorfologica e idrogeologica.

Dal confronto dei diversi tematismi geologici con la zonazione clivometrica del territorio e con lo stato di fatto antropico, si e' infine giunti alla compilazione della carta di sintesi del rischio geologico e della conseguente carta della fattibilita' geologica di Piano. Quest'ultima e' stata redatta in entrambe le scale cartografiche disponibili (1:5.000 e 1:2.000).

3. PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Ardesio appartiene al comprensorio dell'Alta Valle Seriana. Esso si estende per oltre 50 kmq non solamente entro il solco vallivo del fiume Serio, ma comprendendo anche quasi interamente due vaste tributarie: la Valcanale verso Occidente e la valle di Ave (o valle del Rino) nella parte orientale (cfr. fig.1).

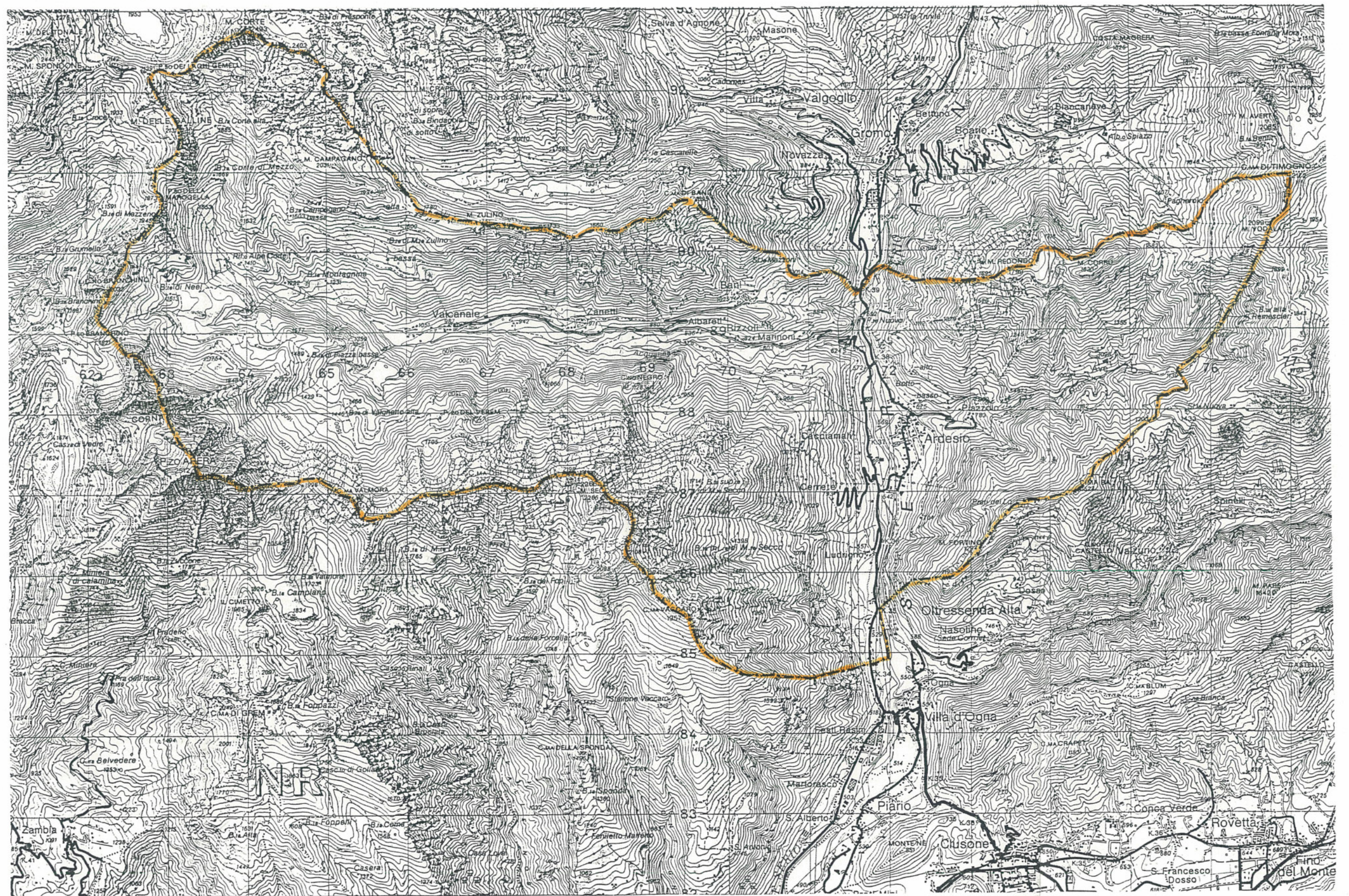
Ardesio confina amministrativamente a Nord con i comuni di Gromo e Valgoglio, ad Est con Rovetta e Oltressenda, a Sud con Villa d'Ogna e Parre, ad Ovest con Premolo, Oltre il Colle, Roncobello e Branzi.

In questo tratto l'orientazione delle valli Seriana e' meridiano, fiancheggiato dalle cime del Vaccaro, del monte Secco e di Bani ad Occidente, e da quelle del monte Fortino e del Redondo sul lato opposto, mentre la Valcanale e la Valle del Rino delineano una struttura trasversale quasi perfettamente allineata secondo la direttrice Est-Ovest, contornata dalla Cima del Fop, dall'Arera, dal Campagano e dal monte di Zulino (dalla parte di Valcanale) e dai rilievi del Corru' e del Timogno (dalla parte di Ave).

Come conseguenza l'esposizione dei versanti e' verso Est e Ovest nella Val Seriana e verso Sud e Nord nelle due valli laterali. Questo fatto ha influenza su diversi fattori ambientali, dalla permanenza delle nevi alla valangosita', dalla presenza di sorgenti alla copertura vegetale, agli insediamenti abitativi.

I tratti fondamentali di carattere morfologico e paesaggistico del territorio ardesiano sono fortemente condizionati dal fattore litologico e strutturale: si osserva qui infatti il passaggio tra le rocce permiane, quarzose, cupe ed aguzze delle Orobie settentrionali e le rocce triassiche, calcareo-dolomitiche biancastre che caratterizzano la fascia meridionale pedemontana.

Pur nell'insieme del paesaggio montano, la grande estensione del territorio comprende svariati e complessi elementi morfologici, tra i quali e' assai evidente la componente dovuta ai ghiacciai quaternari (valli pensili, circhi, etc.), al fiume (terrazzi) ed anche all'assetto strutturale (allineamenti vallivi, versanti asimmetrici) ed alla litologia.



In questo contesto va sottolineata la presenza antropica concentrata nei fondovalle, presenza che nei secoli precedenti, ma soprattutto negli ultimi decenni, ha concorso a modificare gli originari lineamenti fisici del territorio, anche pesantemente, per adattarlo alle proprie esigenze.

Per quanto riguarda l'aspetto strutturale, l'area, che appartiene al dominio delle Alpi Meridionali, e' caratterizzata dalla presenza di unita' rocciose sovrascorse le une sulle altre durante l'orogenesi alpina. In seguito a tali eventi le masse rocciose si sono deformate e fratturate fino ad assumere l'attuale aspetto. Questa complessita' di strutture e' accentuata nell'alta Valcanale e nella Valle del Torrente Rino, dove si ha un riscontro geomorfologico e idrogeologico direttamente collegabile alla tettonica del luogo.

Il principale riscontro idrogeologico e' costituito dalla presenza di un notevole numero di sorgenti anche di buona portata, con acquiferi prevalentemente in roccia o di tipo misto (roccia-coperture). A questa favorevole situazione idrogeologica si aggiunge un regime pluviometrico caratterizzato da precipitazioni medie annue di 1700 mm, con una buona percentuale di precipitazioni nevose; queste ultime tuttavia sono diminuite in modo drastico negli ultimi anni.

4. DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE

Al fine della compilazione delle carte tematiche, il territorio del Comune di Ardesio e' stato suddiviso in quattro fogli: a) "Valcanale", b) "Bani", c) "Ardesio centro", d) "Ludrigno" in scala 1:5000.

La carta della fattibilita' geologica di piano in scala 1:2000 e' stata totalmente elaborata in forma computerizzata e, per una maggior praticita', sono stati prodotti dodici fogli: a) "Sempreneve", b) "Babes", c) "Valcanale", d) "Zanetti", e) "Bani", f) "Marinoni", g) "Ardesio centro", h) "Piazzolo", i) "Ave", l) "Ardesio Sud", m) "Ludrigno", n) "More".

Nel complesso gli elaborati sono costituiti da:

- | | |
|---|----------------|
| 1. Carta litostrutturale e litotecnica | (scala 1:5000) |
| 2. Sezioni geologiche | (scala 1:5000) |
| 3. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto | (scala 1:5000) |
| 4. Carta idrogeologica | (scala 1:5000) |
| 5. Carta di sintesi del rischio geologico | (scala 1:5000) |
| 6. Carta della fattibilita' geologica di Piano | (scala 1:2000) |
| 7. Carta della fattibilita' geologica di Piano | (scala 1:5000) |

4.1. Carta litostrutturale e litotecnica

(tavola n.1a, 1b, 1c, 1d)

Questo elaborato contiene le informazioni di carattere litologico e strutturale, elementi primari per la definizione del territorio, base per la comprensione dei suoi lineamenti geomorfologici, idrogeologici e per valutazioni tecniche relative all'utilizzo urbanistico.

A tal fine e' stata rappresentata la distribuzione superficiale delle formazioni rocciose secondo i criteri litostratigrafici correnti, mentre nella legenda sono evidenziati i corrispondenti caratteri geomeccanici di massima, individuati attraverso l'indice RQD che e' direttamente dipendente dal grado di fratturazione della roccia.

Per quanto riguarda i terreni, che rappresentano i supporti maggiormente interessati dalle attivita' antropiche ed edilizie in particolare, sono evidenziate distinzioni piu' fini, per ottenere una migliore caratterizzazione geotecnica. I terreni sono percio' stati classificati in base ai processi di formazione dai quali derivano, ma sono stati descritti anche attraverso i loro parametri geotecnici: angolo di attrito e capacita' portante limite.

Per ogni litotipo sono dati i valori entro i quali possono variare i parametri sopra indicati; va precisato che tali valori sono di orientamento, come necessario per gli scopi di programmazione di questo lavoro, e dunque non esimono gli utenti dall'eseguire, quando previste, le indagini e le prove geotecniche a livello di singolo progetto (D.P.R. 21.03.1988).

TERRENI DI COPERTURA

Tra i terreni di copertura si possono operare tre grandi distinzioni in base ai fenomeni che hanno concorso alla loro formazione; si hanno cosi' DEPOSITI DI VERSANTE, DEPOSITI GLACIALI, DEPOSITI FLUVIALI. Si aggiungono infine i RIPORTI connessi all'azione dell'uomo.

DEPOSITI DI VERSANTE

La genesi dei depositi di versante e' essenzialmente legata all'azione della forza di gravita' e alla disgregazione fisico-chimica operata sulle masse rocciose dagli agenti atmosferici e climatici; in questa categoria sono stati distinti:

- coperture eluviali (e): si tratta dei prodotti derivati dalla alterazione fisico-chimica in sito del substrato roccioso (eluvium). Sono costituiti da terreni argillosi e sabbioso-limosi prodotti da substrati calcareo-marnosi e sabbie piu' o meno grossolane derivate da

rocce silicee; in entrambi i casi sono presenti molti frammenti spigolosi della roccia sottostante. Si tratta di depositi di spessori generalmente ridotti, al massimo pochi decimetri: l'estensione e' spesso discontinua, con frequenti affioramenti del substrato roccioso.

Gli eluvium di rocce silicee sono presenti unicamente sul versante sinistro della Valcanale; eluvium di rocce carbonatiche si osservano sui versanti del M. Secco, Cima del Fop, Cima di Valmora, Cornapiana e del M. Redondo; eluvium di rocce marnose fino ad argillose sono presenti in modo diffuso in tutta l'area rilevata.

Angolo di attrito = 23-32 gradi; $Q_a = 0.8-1.5 \text{ kg/cmq}$

- detriti di falda sciolti (dt): sono generati per il lento agire della forza di gravita' su pareti rocciose piu' o meno disgregate, ai piedi delle quali formano fasce e coni detritici. Sono costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose con clasti spigolosi e blocchi a volte di notevoli dimensioni. Sono privi di vegetazione perche' sono in fase di accumulo attivo. Il loro spessore varia da pochi decimetri ad alcuni metri.

Questi detriti sono presenti prevalentemente sul versante destro della Valcanale e sopra Cacciamali, alla base delle ripide pareti calcaree della dorsale M. Secco-M. Arera.

Angolo di attrito = 30-35 gradi; $Q_a = 1.5-2.5 \text{ kg/cmq}$

- detriti di falda colonizzati (dti): hanno significato analogo ai precedenti ma si tratta di accumuli che hanno raggiunto un maggior grado di stabilizzazione o che presentano una velocita' di formazione piu' bassa, tale da permettere lo sviluppo di suolo e la crescita della vegetazione. Anche per le caratteristiche tecniche si fa riferimento ai valori espressi alla voce precedente.

Questi depositi si rinvencono nelle zone periferiche dei detriti sciolti e al passaggio tra i versanti e il fondovalle.

- detriti di falda cementati (dte): anche questi hanno le stesse modalita' di formazione dei precedenti, ma si tratta di depositi piu' antichi, in alcuni casi riferibili a una topografia diversa dall'attuale; essi hanno conseguito un maggior grado di stabilita' per effetto di una cementazione che spesso ha raggiunto un grado intenso, tanto da rendere difficile di primo acchito la distinzione del detrito dalle rocce.

Si tratta di brecce carbonatiche (localmente "tuff") con matrice sabbiosa e cemento aragonitico, alternate a livelli sabbiosi poco coerenti che evidenziano una grossolana bancatura parallela al pendio. Gli spessori di questi depositi variano da alcuni decimetri fino ad alcune decine di metri.

Gli affioramenti principali sono sul versante orientale del M. Secco e del M. Vaccaro e sul tratto di versante della Valcanale prospiciente gli abitati di Valcanale e Babes; la loro distribuzione areale fa pensare che vi possa essere un collegamento tra i detriti di falda cementati e l'affioramento delle principali superfici di sovrascorrimento delle formazioni triassiche. Queste brecce costituiscono inoltre il substrato su cui sorge l'abitato di Albareti.

Angolo di attrito = 30-45 gradi; $Q_a = 1.8-3.7 \text{ kg/cm}^2$; RQD = 18-70

- accumuli di frana (af): si tratta di accatastamenti caotici di blocchi anche di dimensioni plurimetriche, in matrice grossolana legati ad eventi gravitativi improvvisi e sovente non unici per un certo sito. A monte vi può essere una situazione di rocce particolarmente fratturate o, più frequentemente, instabilità di accumuli morenici quaternari. La forma anomala prominente dell'accumulo di frana ed ancor più la depressione corrispondente alla nicchia di stacco in genere si evidenziano nettamente nella morfologia dei versanti e dovrebbero contribuire ad attivare un certo livello d'attenzione nell'utilizzo dell'area.

Gli accumuli individuati nel territorio di Ardesio sono per altro di notevoli dimensioni, appartenenti a frane molto antiche (paleofrane) e successivamente incisi dai corsi d'acqua, rispetto ai quali oggi si trovano in posizione notevolmente più rilevata. Un deposito si ubica in Valcanale, dove attualmente sorge l'abitato di Zanetti; un altro è appena sopra la località Valzella, sulla destra del Serio. Il primo è reso particolarmente evidente e singolare dal fatto di essere costituito unicamente da rocce bianche calcaree provenienti dal versante opposto della valle, mentre esso poggia su un substrato di rocce quarzose rossastre permiane.

È probabile che stessa origine abbia la massa detritica allo sbocco della val Las, di fronte ad Albareti.

Angolo di attrito = 30-45 gradi; $Q_a = 1.8-3.7 \text{ kg/cm}^2$

DEPOSITI FLUVIALI

Sono connessi all'azione delle acque incanalate; sono stati distinti:

- alluvioni attuali (a): sono i sedimenti presenti negli attuali alvei fluviali e nelle zone di esondazione delle piene normali. Si tratta di depositi sciolti ghiaiosi, sabbie con blocchi e/o debolmente limose, non colonizzati dalla vegetazione.

Il deposito principale e' legato al letto del Fiume Serio.

Angolo di attrito = 28-35 gradi; $Q_a = 1.4-2.8 \text{ kg/cm}^2$

- alluvioni recenti (ar): sono depositi analoghi ai precedenti come genesi e caratteristiche geotecniche, ma piu' antichi e presenti in aree non piu' percorse dalle acque (se non in casi eccezionali). Per questo essi sono coperti di suolo e colonizzati dalla vegetazione e in alcuni casi risultano terrazzati a livelli piu' elevati di alcuni metri rispetto all'attuale corso del fiume.

La possibilita' che tra i sedimenti piu' grossolani siano intercalate anche grosse lenti di limi e limi argillosi richiede una certa attenzione nell'utilizzo di questi terreni a scopi edili (capacita' portante molto ridotta $Q_a=0,7 \text{ Kg/cm}^2$).

I depositi alluvionali nel loro complesso sono presenti in modo ampio lungo la valle del Fiume Serio (su di essi sorge l'area industriale di Ardesio) e in minor misura lungo la Valcanale. Lo spessore di questi sedimenti lungo l'asta del Serio e' molto variabile, passando da una situazione in cui il letto roccioso e' affiorante (ponte delle Seghe) ad un'altra in cui esso si trova a profondita' superiori al centinaio di metri (misurata con pozzi al Villaggio Festi Rasini di Villa d'Ogna).

Da segnalare anche il caso messo in luce da alcuni sondaggi eseguiti recentemente al ponte Nuovo, dove pochi metri a monte rispetto all'alveo ed alla forra rocciosa del Serio sono stati misurati oltre quaranta metri di spessore di ghiaie, sabbie e limi.

- depositi fluvioglaciali (fg): si tratta di sedimenti elaborati dai corsi d'acqua postglaciali quaternari e disposti a formare vaste superfici pianeggianti che, incise a loro volta dai fiumi attuali, sono oggi sopraelevate di circa una trentina di metri rispetto al fondovalle e delimitate da ripide scarpate a costituire la tipica morfologia a "terrazzi".

Questi terrazzi sono formati da conglomerati poligenici ("ceppo") con diffusi livelli sabbioso-limosi che ne sottolineano la grossolana bancatura suborizzontale. La diffusa cementazione conferisce loro caratteristiche prossime a quelle della roccia. Gli spessori stimati sono di alcune decine di metri.

Su terrazzi fluvioglaciali sorgono gli abitati di Ardesio e Ludrigno.

Angolo di attrito = 30-45 gradi; $Q_a = 1.8-3.7 \text{ kg/cm}^2$; $RQD = 18-70$

- depositi di conoide (co): presentano una tipica morfologia a ventaglio, si collocano allo sbocco di valli minori in una principale. Si tratta di ghiaie sabbiose con lenti di sabbia e limo, solo localmente cementate.

Eventuali problemi di stabilit  possono essere connessi con la presenza di orizzonti limosi, che possono manifestare cedimenti se sovraccaricati, e con le circolazioni idriche, sia superficiali che sotterranee, che caratterizzano queste forme.

Esempi di conoidi si possono osservare in vari punti lungo le valli principali, gli esempi piu' significativi sono costituiti dalla conoide allo sbocco della Valcanale e del Torrente Rino: su quest'ultima sorge gran parte del centro storico di Ardesio (non   stata cartografata per evidenziare la copertura urbana)

Angolo di attrito = 28-35 gradi; $Q_a = 1.4-2.8 \text{ kg/cm}^2$

DEPOSITI GLACIALI E NIVALI

Rappresentano gli accumuli frontali, laterali e di fondo connessi alla presenza di apparati glaciali dell'ultima glaciazione e di apparati nivali attuali.

In Valcanale, dove queste forme sono particolarmente presenti, si tratta di depositi alimentati con materiali provenienti da rocce presenti in loco (Calcare di Esino nell'alta Valcanale e Verrucano nella parte medio-alta), dovuti ad apparati glaciali localizzati; lungo l'asta del Serio e all'imbocco della valle di Ave la natura poligenica dei clasti denuncia la provenienza dei sedimenti dai settori piu' settentrionali del territorio orobico, e la loro probabile connessione con ghiacciai di maggior estensione.

In questo gruppo sono stati inseriti anche gli accumuli di valanga.

- depositi morenici (mo): sono costituiti da ghiaie grossolane, sabbie, limi e argille con blocchi sparsi e grossi trovanti; localmente sono dotati di una certa coerenza. Il loro spessore varia da pochi decimetri ad alcuni metri.

Le qualita' geotecniche di questi terreni possono essere fortemente compromesse da abbondanza di componente argillosa, per cui il loro utilizzo dovrebbe essere valutato in funzione di verifiche puntuali.

Le morene sono presenti in modo diffuso in Valcanale, nel fondovalle e nella parte medio-alta della valle; si osservano piu' sporadicamente sul versante a N-E di Cerete e all'imbocco della valle di Ave.

Angolo di attrito = 23-32 gradi; $Q_a 0.8-1.5 \text{ kg/cm}^2$

- depositi di valanga (av): si tratta di accumuli frontali e di coni di materiali trasportati dalle valanghe lungo il loro percorso. Sono costituiti da ghiaie con blocchi eterometrici, caotiche e con poca sabbia, localmente coerenti. Gli spessori sono variabili non solo dalla posizione apicale a quella distale, ma anche all'interno dello stesso deposito: si misurano da pochi decimetri ad alcuni metri.

Depositi di valanga di maggiori dimensioni sono quello a Nord di Ludrigno, quelli di fronte a Zanetti e ai Grini, quelli in prossimità degli impianti sciistici di Valcanale.

Angolo di attrito = 30-35 gradi; $Q_a = 1.5-2.5 \text{ kg/cm}^2$

RIPORTI ANTROPICI

Per quanto riguarda i depositi connessi alla attività dell'uomo sono stati distinti:

- terreni di riporto e discariche (r): si tratta di materiali detritici grossolani e terrosi provenienti da scavi e demolizioni edili, talora con rifiuti di varia origine.

Anche nel caso in cui si tratta di semplici spostamenti di terreno per livellamenti, le caratteristiche caotiche dell'insieme, il carente assestamento di questi materiali e le loro condizioni di giacitura e drenaggio, difficilmente consentono un loro corretto inserimento nella situazione naturale, per cui risulta importante la loro distinzione.

Gli accumuli più evidenti sono costituiti dalla discarica Enel di Piazzolo, dal riporto dove sorge l'industria di macellazione suini, da quelli delle ex cave di calcare, dalle discariche di Albareti e Zanetti, dai riporti in corrispondenza degli impianti sciistici di Valcanale.

Angolo di attrito = 25-32 gradi; $Q_a = 0.7-1.5 \text{ kg/cm}^2$

- aree urbanizzate (u): con questo termine sono stati distinti terreni di varia natura, rimaneggiati e coperti da pavimentazioni e strutture edilizie.

LE FORMAZIONI ROCCIOSE

I litotipi presenti nell'area studiata appartengono a formazioni sedimentarie permiane e triassiche della "copertura permo-mesozoica delle Alpi Meridionali":

Verrucano Lombardo:	rocce quarzose rossastre massicce
Servino:	rocce quarzose verdi stratificate
Carniola di Bovegno:	rocce dolomitico gessose gialle
Calcare di Angolo:	rocce calcaree grigie stratificate
Calcare di Prezzo:	rocce marnose nere stratificate
Formazione di Buchenstein:	rocce calcaree nere stratificate
Formazione di Wengen:	rocce arenaceo marnose verdi stratificate
Calcare di Esino:	rocce calcaree biancastre massicce
Calcare Rosso:	rocce calcaree rosse stratificate
Formazione di Breno:	rocce calcaree grigie stratificate
Calcare Metallifero Bergam.:	rocce calcaree nere stratificate
Formazione di Gorno:	rocce marnose nere stratificate
Formazione di S.Giovanni B.:	rocce argillitiche gessose giallastre
porfiriti alpine:	rocce verdastre in filoni

Le formazioni rocciose su indicate vengono qui descritte in ordine dalla piu' antica alla piu' recente:

- Verrucano Lombardo (V), Permiano Superiore: conglomerati, arenarie e siltiti quarzosi e micacei di colore rosso vinato, massicci o in banchi metrici. Lo spessore totale della formazione e' di circa 500 m. Il Verrucano affiora in modo esteso lungo tutto il versante sinistro della Valcanale.

Le caratteristiche geomeccaniche di queste rocce sono generalmente molto buone; qualche problema si ha a causa della loro locale fratturazione che, nonostante sia a spaziatura metrica, determina fenomeni di caduta massi dai pendii, come accade in particolare a monte di Albareti.

RQD = 50-100

- Servino (S), Scitico Inferiore: arenarie e siltiti grigie e nocciola stratificate e con laminazioni sottolineate da differenze cromatiche. Lo spessore totale della formazione e' di circa 200 m.

Il Servino affiora in modo discontinuo sul versante sinistro dell'alta Valcanale, in particolare a monte dell'abitato di Valcanale, e nel torrente Acqualina in corrispondenza dell'abitato di Zanetti.

Le caratteristiche geotecniche sono generalmente buone.

RQD = 5-80

- Carniola di Bovegno (Ca), Scitico Superiore: carnirole gessose di colore giallo o rosso mattone, dolomie fittamente stratificate grigie e nocciola, brecce dolomitiche grigio chiare. Lo spessore totale della formazione e' al massimo di 150 m.

La Carniola affiora nell'alta valle del Torrente Rino nei pressi delle baite Vodala, e nell'alta Valcanale in modo diffuso: i suoi principali affioramenti si trovano a monte di Babes, nei dintorni del rifugio Alpe Corte, e nei pressi delle baite di Neel di Mezzo e Piazza di Mezzo.

Le caratteristiche geomeccaniche delle rocce che compongono questa formazione sono generalmente scadenti, sia a causa della composizione litologica, sia per il fatto che la Carniola affiora in corrispondenza di zone fortemente tettonizzate.

La forte componente gessosa contribuisce a rendere delicati ed instabili anche i suoli eluviali che ricoprono i pur dolci pendii della Carniola; frequenti sono i ristagni d'acqua e intensi i fenomeni erosivi che la interessano.

Caratteristiche migliori presentano masse di brecce carbonatiche nella zona a monte di Babes, dove tuttavia la fratturazione a scala metrico-decimetrica determina lo stacco di blocchi, con conseguente caduta massi sul sottostante abitato.

RQD = 0-50

- Calcarea di Angolo (A), Anisico inferiore e medio): calcari nerastri o grigi ben stratificati, a volte nodulari e con vene di calcite bianca. Lo spessore totale della formazione e' di circa 250 m.

Il Calcarea di Angolo affiora ampiamente nella medio-alta valle di Ave (Monte Corru', Colle Palazzo), a quote superiori ai 1000 m e sul versante destro della Valcanale oltre i 1000 m dove mette in particolare risalto il sovrascorrimento del Monte Secco; gli affioramenti circostanti gli impianti sciistici risultano particolarmente fratturati e tettonizzati.

Le caratteristiche geomeccaniche di queste rocce sono da discrete a buone, ad eccezione di scadimenti dovuti a locale forte fratturazione.

RQD = 20-70

- Calcarea di Prezzo (P), Anisico Superiore: calcari e marne nere fossiliferi, in strati sottili e fissili. Gli spessori totali variano da 70 a 150 m.

Il Calcarea di Prezzo affiora unicamente sul versante sinistro della valle di Ave a quote superiori ai 1200 m (Valli Marce).

Le caratteristiche geomeccaniche di queste rocce sono scadenti trattandosi di litotipi marnosi fittamente stratificati e con la tendenza a suddividersi in piccole scaglie.

RQD = 0-15

- Formazione di Buchenstein (Bu), Ladinico Inferiore: calcari grigio nerastri stratificati, con liste e noduli di selce. Lo spessore totale e' di circa 40 m.

La formazione di Buchenstein affiora unicamente sul versante sinistro della valle di Ave, direttamente al tetto del Calcarea di Prezzo.

Le caratteristiche geotecniche sono da mediocri a medie.

RQD = 20-50

- Formazione di Wengen (W), Ladinico Inferiore e Medio: arenarie grigio verdastre in alternanza con marne nere sottili. Lo spessore totale e' di circa 40 m.

La formazione di Wengen affiora unicamente sul versante sinistro della valle di Ave, direttamente al tetto della formazione di Buchenstein.

Le caratteristiche geomeccaniche sono da mediocri a medie.

RQD = 20-50

- Calcarea di Esino (E), Ladinico Medio e Superiore: calcari e calcari dolomitici grigio chiari, biancastri in alterazione, massicci e frequentemente carsificati. Sono diffuse strutture algali, fossili di coralli, bivalvi e gasteropodi. Lo spessore complessivo della formazione varia da 750 a 850 m.

Il Calcarea di Esino costituisce i principali rilievi della zona, dal Monte Secco al Pizzo Arera in Valcanale, dal Monte Redondo al Monte Fortino sul fianco sinistro della valle Seriana. Tracce di una antica cava di marmo sono ben visibili lungo la Val Sino, sotto Bani.

Le caratteristiche geotecniche sono generalmente da buone a ottime nelle zone non interessate da particolari accidenti tettonici, mentre diventano mediocri in corrispondenza di fasce a intensa fratturazione come, ad esempio lungo la strada che sale agli impianti sciistici di Valcanale, lungo le stesse piste e in qualche tratto presso Marinoni, dove si risente l'effetto della "faglia di Valcanale".

RQD = 30-100

- Calcare Rosso (CR), Ladinico superiore: calcari marnosi rossi e brecce policrome stratificati. Sono diffuse nella roccia strutture di emersione e laminazioni sottolineate da tipiche differenze cromatiche. Lo spessore e' di circa 20 m.

Questa formazione, oltre ad essere scarsamente rappresentata, e' stata in passato ampiamente cavata lungo tutto il fronte di affioramento per la produzione di graniglia, palladiane e, in subordine, lastre da rivestimenti interni. Questo fronte e' ben visibile a partire dal ponte delle Seghe sul versante occidentale del Monte Redondo e, sul lato opposto, all'imbocco della Valcanale. Affioramenti discontinui sono anche visibili tra il Monte Redondo e il Corru', a quote di circa 1600 m.

Situazioni di instabilita' negli ammassi rocciosi di questo tipo sono legati a scavi non opportunamente sostenuti (localita' Brill).

RQD = 10-80

- Formazione di Breno (B), Carnico Inferiore: calcari da grigio chiari a grigio scuri stratificati, a volte in banchi di spessore metrico, sovente carsificati. Lo spessore massimo riscontrato e' di 100 m.

La formazione di Breno affiora ampiamente sul fianco sinistro della valle Seriana e nella valle di Ave. Presso il Ponte delle Seghe essa e' interessata dalla presenza di una antica cava di "Grigio Orobico" storicamente molto importante; nella valle di Ave nel "Breno" si osservano mineralizzazioni a barite. Affioramenti piu' ridotti di questa formazione sono visibili sul versante occidentale del Monte Fortino, sul Monte Vaccaro e all'imbocco della Valcanale.

Le caratteristiche geomeccaniche sono generalmente buone; valori mediocri sono stati riscontrati in prossimita' di zone fratturate. Fenomeni di instabilita' dei versanti, con frane di blocchi anche di notevoli dimensioni, sono collegate a sfavorevoli giaciture degli strati ed alla dissoluzione carsica (Ponte delle Seghe).

RQD = 20-100

- Calcare Metallifero Bergamasco (M), Carnico Inferiore: calcari neri stratificati presenti in modo discontinuo al tetto della formazione di Breno alla quale sono assimilabili anche per caratteri geomeccanici. Lo spessore riscontrato e' di pochi metri, fino a qualche decina.

Il Calcare Metallifero affiora unicamente sul versante Sud del Corno Branchino e nei pressi della Baita Bassa di Vodala nell'alta valle di Ave; un sottile banco presente nella cava della Madonna ha fornito in passato un eccezionale marmo nero assoluto.

RQD = 20-100

- Formazione di Gorno (G), Carnico Medio: calcari marnosi nerastri stratificati, con intercalazioni argillitiche nerastre, fissili, marne nere e arenarie verdastre. Sono frequenti livelli fossiliferi a prevalenti bivalvi. Lo spessore massimo riscontrato e' di circa 400 m, tuttavia questa stima e' inficiata dalle notevoli deformazioni plicative che hanno interessato questa formazione particolarmente duttile.

La formazione affiora ampiamente a monte dell'abitato di Ardesio, nella valle di Ave, sul versante che va dalla valle del Las a Cacciamali e presso il lago Branchino.

Le caratteristiche geomeccaniche sono da medie a scarse, in funzione del prevalere dei livelli di argilliti su quelli calcarei e del grado di fratturazione dell'ammasso.

RQD = 5-50

- Formazione di San Giovanni Bianco (SGB), Carnico Superiore: dolomie grigie sottilmente stratificate e spesso cariate, argilliti e siltiti giallastre e verdine, carnirole, gessi. Lo spessore e' difficilmente valutabile nell'area per le deformazioni subite da questa formazione che rappresenta l'orizzonte preferenziale di scivolamento dei sovrascorrimenti alpini. Una stima ragionevole puo' indicare spessori da alcune decine a oltre cento metri. Le caratteristiche geomeccaniche delle rocce che compongono questa formazione sono molto scarse, sia a causa della loro natura litologica (sono classificabili come "roccia debole"), sia per le deformazioni tettoniche subite nel complesso.

Il "S. Giovanni Bianco" affiora in modo diffuso nella valle di Ave alla base di un esteso sovrascorrimento, come sul versante tra Cacciamali e la valle del Las; in modo limitato si rileva in prossimita' del lago Branchino.

RQD = 5-15

- Porfiriti (n), eta' alpina: filoni di rocce vulcaniche ipoabissali di colore verdastro con evidenti fenocristalli feldspatici e anfibolitici, sovente molto alterati e argillificati. Questi corpi, discordanti rispetto alle stratificazioni delle rocce incassanti, sono di preferenza allineati lungo zone di frattura. Data la loro esigua estensione non riveste alcuna importanza pratica la loro caratterizzazione geomeccanica.

Le porfiriti sono state osservate unicamente sul versante destro della valle di Ave, entro le compagini calcaree dell'Esino, Breno e Gorno.

Nella carta litologica, oltre alle campiture in colore ed alle sigle che distinguono i diversi tipi di rocce e terreni presenti in superficie, vengono usati dei simboli coi quali si intendono indicare i principali caratteri strutturali dei corpi rocciosi: lo stato di fratturazione, le principali dislocazioni a basso angolo (sovrascorrimenti) e ad alto angolo (faglie), le pieghe, la giacitura degli strati.

Altre simbologie ubicano le località fossilifere, le sorgenti, i lavori minerari, le tracce delle sezioni geologiche, i punti nei quali si hanno a disposizione informazioni geognostiche di dettaglio a mezzo di perforazioni e prove in sito.

Le stratigrafie tratte da queste ultime situazioni sono schematizzate in fig. 2 e vengono descritte nel capitolo successivo.

4.2. Sezioni geologiche e stratigrafie

(tavola n.2)

Le sezioni geologiche sono degli "spaccati" del territorio costruiti a partire dalla carta geologica di superficie, assieme alla quale permettono la visione tridimensionale delle strutture geologiche.

Le quattro sezioni presentate in questo lavoro sono state scelte in modo da illustrare chiaramente sia l'assetto strutturale della masse rocciose sia i principali lineamenti morfologici del territorio di Ardesio.

Le campiture e i simboli adottati sono gli stessi della carta litostrutturale e litotecnica.

Dall'osservazione delle sezioni geologiche si comprende che l'assetto tettonico del territorio di Ardesio è fortemente caratterizzato da una serie di sovrascorrimenti di grosse unità calcaree i cui piani di movimenti sono sensibilmente inclinati verso Sud. Sui versanti le separazioni tra le diverse unità rocciose sovrascorse sono visivamente molto ben percepibili da cambiamenti cromatici, caratteristiche rotture di pendenza e cenge, che costituiscono un altro elemento tipico del paesaggio locale.

Tali sovrascorrimenti sono il prodotto dei raccorciamenti crostali conseguenti alla orogenesi alpina, e hanno determinato l'accavallamento di rocce più antiche su rocce più giovani, come ben si osserva sul versante Sud della Valcanale (monte Secco e Cima Fop), nella valle di Ave (monte Corru') e sui due versanti Seriani (monte Redondo, monte Fortino e Cacciamali).

Gli stessi raccorciamenti si sono manifestati in modo duttile nelle rocce piu' argillitiche e marnose sottostanti i sovrascorrimenti, esse risultano infatti intensamente piegate (Corna Rondinina, Piazzolo, Camnare, Branchino).

La generale disposizione inclinata verso Sud delle unita' strutturali e delle giaciture degli strati rocciosi e' messa ben in evidenza dagli spaccati naturali offerti dalle valli laterali del Serio, i versanti delle quali risultano decisamente asimmetrici (pareti ripide rivolte a Nord e pendii molto piu' dolci rivolti a Sud).

Altri lineamenti strutturali di rilievo sono determinati da alcune grosse faglie, a carattere regionale, che tagliano il territorio ardesiano; alcune con andamento subverticale e direzione NE-SO e NO-SE sono ben visibili in Valcanale (faglia "Valtorta - Valcanale"), altre con direzione E-O e N-S si colgono facilmente nella valle di Ave. Queste faglie generalmente dislocano anche le superfici di sovrascorrimento, delle quali dunque risultano piu' recenti.

Considerazione particolare va posta sulla "faglia di Valcanale", che percorre tutta l'omonima valle mettendo a contatto le rocce continentali del Verrucano, quelle del Servino e della Carniola del versante Nord con la successione carbonatica triassica del versante Sud. Si tratta, secondo le prevalenti interpretazioni ed i riscontri osservati, di una faglia inversa immersa a Sud con una elevata inclinazione; essa ha importanti risvolti anche dal punto di vista geomorfologico e idrogeologico.

Per i terreni detritici di copertura vengono presentate sette colonne stratigrafiche ricavate da sei sondaggi geognostici e da una trivellazione per un pozzo d'acqua eseguiti nel territorio di Ardesio. L'ubicazione delle stratigrafie della figura n.2 e' indicata sulla carta litostrutturale e litotecnica con i numeri corrispondenti a quelli in figura.

I sondaggi eseguiti presso il bacino di Zanetti riguardano prevalentemente terreni grossolani a dominante componente carbonatica, appartenenti alla paleofrana sulla quale sorge l'abitato di Zanetti; in essi e' presente anche un modesto apporto di sedimenti morenici.

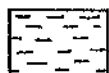
I sondaggi eseguiti presso il tornante Marinoni mettono in evidenza la presenza di un antico solco vallivo (oltre 35 m!) colmato da depositi argillosi morenici e lacustri.

Le perforazioni eseguite nel pressi del Ponte Nuovo e del macello industriale hanno attraversato unicamente livelli di sabbie e ghiaie grossolane del fiume Serio.

LEGENDA DELLE STRATIGRAFIE



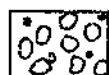
terreni argillosi



terreni limosi



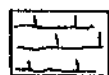
terreni sabbiosi



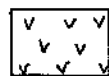
terreni ghiaiosi con blocchi arrotondati



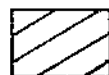
terreni ghiaiosi con blocchi spigolosi



substrato roccioso e trovanti calcarei



substrato roccioso e trovanti quarzosi

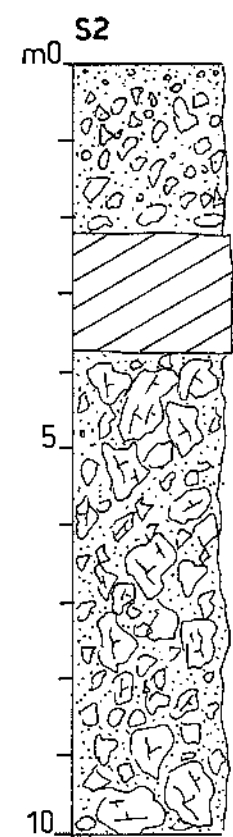
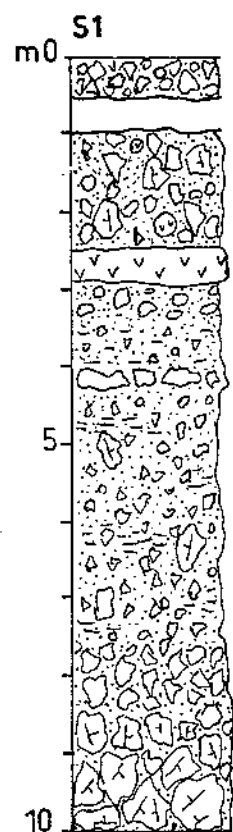


strutture in calcestruzzo

Fig. 2 - Stratigrafie

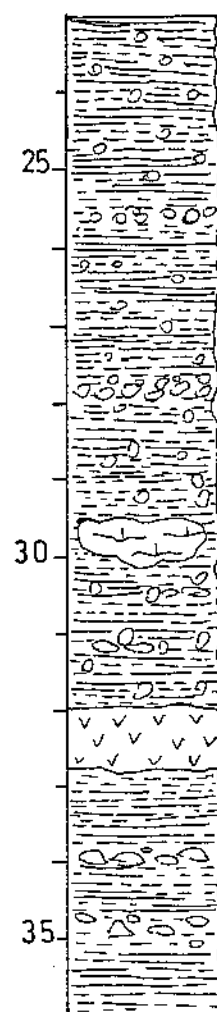
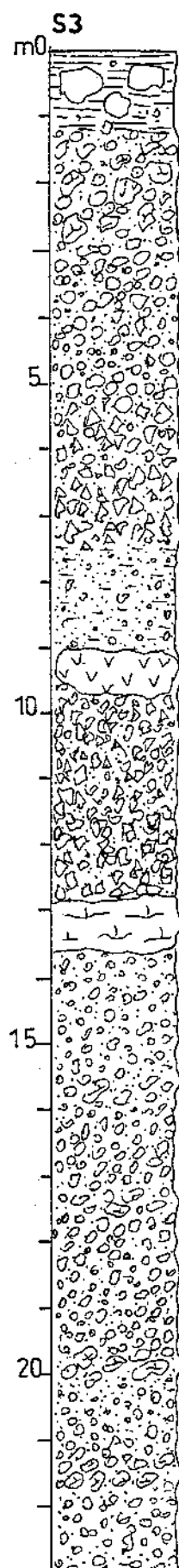
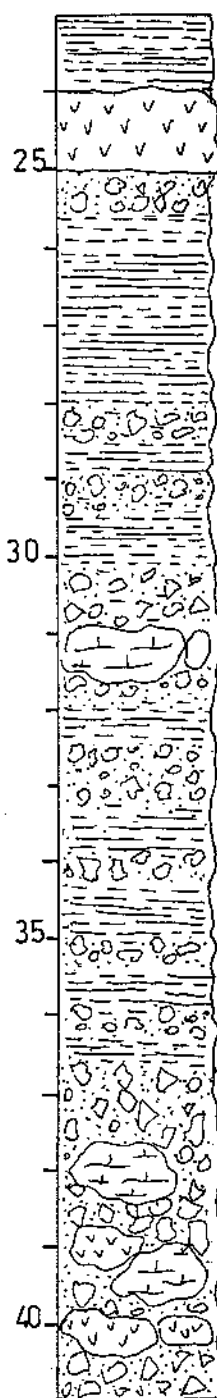
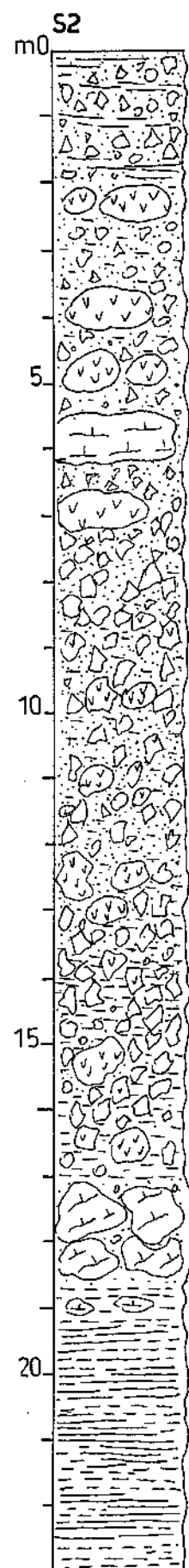
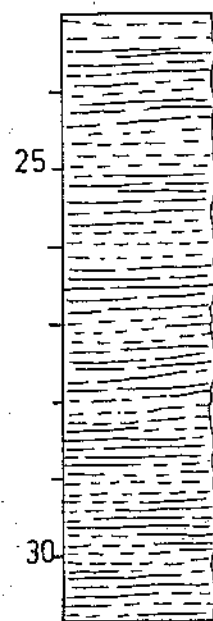
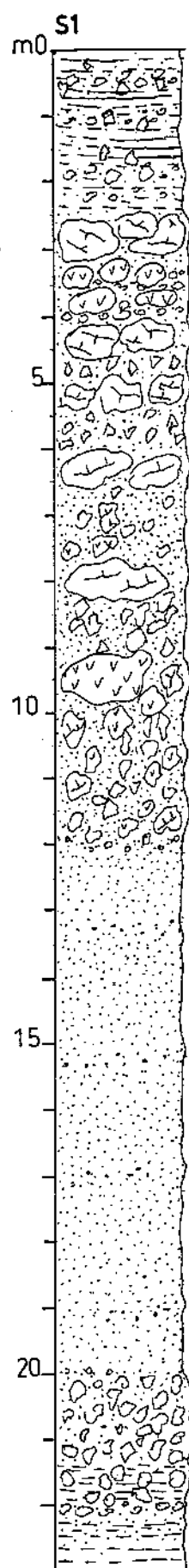
①

Bacino Zanetti



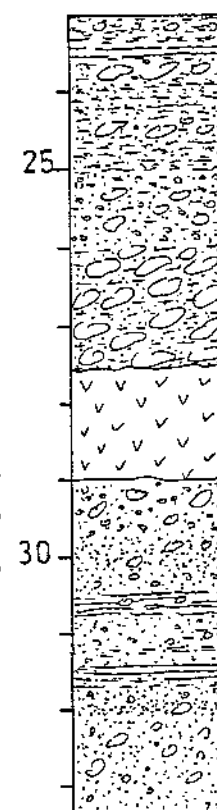
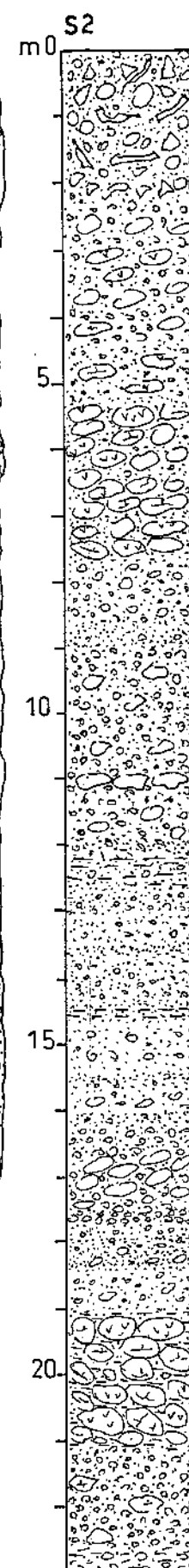
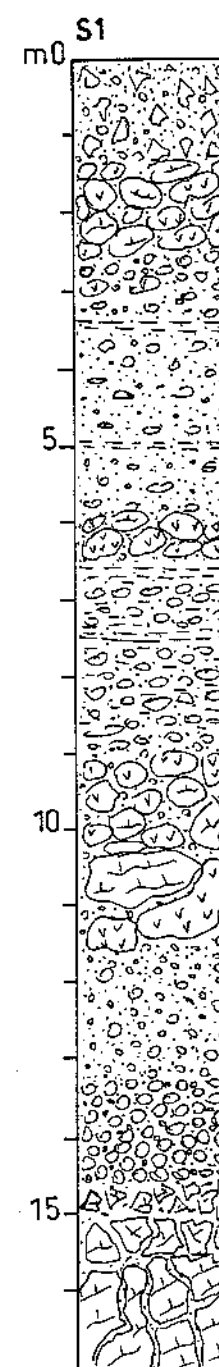
②

Tornante Marinoni



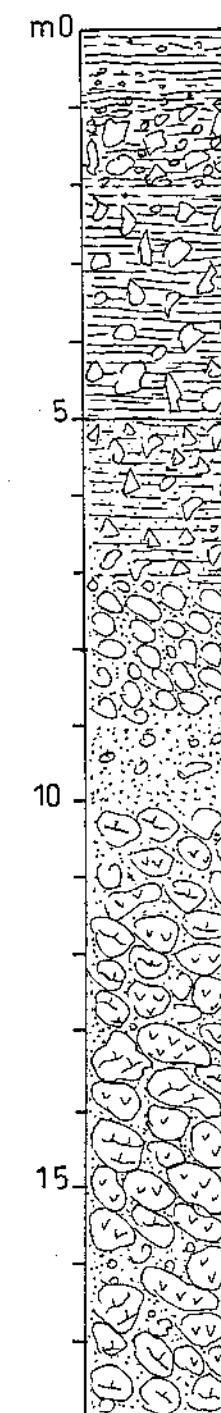
③

Ponte Nuovo



④

I.M.S. Ardesio



4.3. Carta geomorfologica e dei processi geomorfici in atto

(tavola n.3a, 3b, 3c, 3d)

Questa carta pone in evidenza i processi fisici e fisico-chimici che hanno agito e che tuttora agiscono sul territorio e che sono responsabili della sua attuale morfologia e della sua dinamica.

La morfologia di questo territorio e' il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia, strutture), di fattori climatici (precipitazioni, temperatura, umidita', ecc.) e di agenti del modellamento (forza di gravita', acque, ghiaccio) che comprendono, talora in modo rilevante, l'azione antropica.

Nella carta geomorfologica sono stati distinti, mediante campiture e simboli, gli elementi che compongono il paesaggio fisico e i processi geomorfici in atto, quiescenti o potenziali, raggruppati in base alla loro tipologia generativa:

- versanti detritici con prevalenti terreni sciolti (VDS): comprendono i versanti coperti da morene, coltri eluviali, detriti di falda sciolti e inerbiti.

Questi terreni, pur essendo stati generati da diversi agenti geomorfici (ghiacciai, erosione e alterazione chimica ad opera delle acque, gravita'), sono attualmente in molti casi interessati dagli stessi processi evolutivi e di instabilita' (soliflusso, ruscellamento, erosione), in modo tanto piu' accentuato quanto maggiore e' la pendenza del versante stesso e la presenza di acque superficiali.

- versanti detritici con prevalenti terreni cementati (VDC): si tratta prevalentemente di detriti di versante antichi successivamente cementati; localmente si osserva al loro interno un apporto di materiali morenici.

Tra di essi si possono distinguere situazioni ben stabilizzate (a monte di Ludrigno e a Nord di Piazzolo) ed altre invece interessate da vistosi fenomeni erosivi dovuti all'azione delle acque superficiali e incanalate e della gravita', dove per altro non e' estranea tra le cause di instabilita' l'azione antropica (intagli stradali), come sul versante destro dell'alta Valcanale e in localita' Cunella.

- versanti prevalentemente rocciosi (VR): si tratta di versanti a pendenze generalmente elevate, con suoli poco sviluppati o assenti.

In questo contesto agiscono prevalentemente i cicli di gelo e disgelo, la forza disagregante delle radici di piante troppo sviluppate e la forza di gravita', che si manifestano con stacchi isolati di blocchi dagli orli delle scarpate, o addirittura con vere e proprie frane di roccia. Nel territorio di Ardesio non sono poche le situazioni toccate da questi fenomeni (Ponte Nuovo, Ponte Seghe, Zaffalino, Sottocorna, Marinoni, Valcanale).

Spesso di non secondaria importanza in queste fenomenologie e' il contributo dell'azione erosiva delle acque superficiali e della loro infiltrazione che genera tipiche dissoluzioni carsiche nelle rocce carbonatiche (ponte delle Seghe).

- alvei attuali e aree di pertinenza fluviale (a): nel territorio di Ardesio e' presente un reticolo idrografico ben sviluppato e gerarchizzato; fa eccezione il settore SS0 dell'alta Valcanale, dove e' prevalente l'infiltrazione sotterranea delle acque attraverso le spesse coltri moreniche.

I corsi d'acqua hanno carattere torrentizio ad eccezione del Fiume Serio, il quale per altro vede le sue portate fortemente condizionate e a tratti praticamente annullate a causa di numerosi prelievi a scopi idroelettrici ed industriali.

Nelle aree di pertinenza fluviale sono comprese le zone di esondazione delle normali piene; piene eccezionali possono pero' in qualche caso interessare anche le limitrofe piane alluvionali. Contribuiscono ad accentuare questa possibilita' alcune opere idrauliche in alveo o piu' ancora inopportune modifiche della sua sezione dovute a riporti antropici o fenomeni naturali (Ludrigno); e' per altro evidente un generalizzato degrado dell'alveo del Serio, che si esprime attraverso una maggiore rugosita' del fondo, la conquista delle sponde da parte della vegetazione e dell'antropizzazione e che deriva in sostanza dalla pesante modifica del regime idraulico imposta dagli sbarramenti idroelettrici.

Lungo tutti gli alvei sono stati osservati fenomeni di dissesto, erosioni, sovralluvionamenti e occlusioni operati dalle acque, ma anche da interventi antropici (Babes, Piazzolo, Ponte Rino, Valzella).

- piane alluvionali recenti (AF): si tratta delle zone pianeggianti direttamente adiacenti ai corsi d'acqua, in particolare al Fiume Serio. E' qui che si va diffondendo attualmente l'urbanizzazione con le conseguenti modificazioni antropiche che sovente raggiungono le sponde. In molti punti sono tuttavia ancora visibili terrazzi fluviali che testimoniano i divagamenti del fiume nella piana alluvionale.

- terrazzi fluvio-glaciali (TFG): si tratta di zone subpianeggianti ad una quota di circa 30 m più elevata rispetto al fondovalle; esse sono delimitate da brusche scarpate sovente soggette a fenomeni erosivi.

I terrazzi costituiscono uno degli elementi più tipici del paesaggio e della geomorfologia di questo tratto di valle Seriana, dove essi hanno origine e da dove si allungano fino a Villa d'Ogna, Parre, Ponte Nossà e giù fino a Casnigo, Vertova ed oltre.

Qui formano gli ampi terreni sui quali sorgono gli abitati di Ardesio e Ludrigno ma, seppur limitatamente, forme terrazzate sono presenti anche in Valcanale.

- accumuli di paleofrane (PF): Si tratta di accumuli morfologicamente rilevanti presenti in Valcanale (Zanetti e imbocco valle del Las) e in Val Seriana (a monte di località Valzella); sono caratterizzati da blocchi rocciosi di notevoli dimensioni. Queste forme indicano antichi fenomeni di assestamento dei versanti conseguenti al ritiro dei ghiacciai che nei casi osservati sul territorio di Ardesio sono da considerare ormai completamente stabilizzati.

- riporti antropici e discariche (r): sono state evidenziati mediante campitura solo gli accumuli di una certa consistenza, che hanno determinato una più evidente modifica della morfologia; ad essi sovente sono associati processi di degrado dovuti ad una mancata rinaturalizzazione e stabilizzazione della superficie (Sempreve, Babes, Ponte Nuovo, Zaffalino, Piazzolo, Posmadu', Cerete, Cunella).

- orli di scarpate morfologiche: si sono evidenziati i bruschi cambiamenti di pendenza dei versanti rocciosi, dove più efficace è l'azione della forza di gravità e l'erosione delle acque incanalate e diffuse, favorite da preesistenti piani di fratturazione della masse rocciose.

Questi orli sono in continuo arretramento e presentano spesso fenomeni di stacco di blocchi sia attivi che potenziali.

- orli di terrazzi fluviali: sono stati generati dal modellamento delle acque fluviali. La composizione litologica dei terrazzi favorisce l'azione disgregante delle acque di infiltrazione e dei cicli di gelo e disgelo; si formano così scavarnamenti e tetti strapiombanti su questi orli che possono essere soggetti a crolli e rilascio di blocchi sulle pendici sottostanti.

In alcuni casi queste situazioni sono aggravate dalla presenza di insediamenti abitativi (Ardesio centro).

- orli di terrazzi morfologici in genere: con questo termine sono state comprese strutture terrazzate di origine strutturale (presenti alla base di sovrascorrimenti) e strutture di probabile origine glaciale o mista (Pia' Spis, Pia' Salvacc, Corno Negro, Zulino, Camnare).

- orli di erosione attivi: sono fronti lungo i quali il terreno si trova in uno stato di instabilit  e tende periodicamente a franare. Possono essere connessi a diversi agenti che agiscono singolarmente o in concomitanza: acque fluviali, gravita', valanghe, azione antropica (Ponte Nuovo, Grini, strada degli impianti di Valcanale).

- orli di erosione stabilizzati: hanno lo stesso significato dei precedenti ma la cessazione del fenomeno erosivo   evidenziata dalla crescita della vegetazione, senza particolari segni di movimenti superficiali. Si tratta pur sempre di fenomeni che devono richiamare attenzione nell'utilizzo dell'area.

- nicchia di frana:   la zona di stacco di masse rocciose o di terreni che hanno avuto come conseguenza un movimento franoso. In questi ambiti permangono di regola elementi di instabilit  che richiedono molta attenzione.

Nei casi di frane molto antiche (paleofrane) non   piu' identificabile con sicurezza le nicchie di distacco, anche perche' come si   detto questi casi hanno raggiunto una stabilizzazione pressoch  completa.

- stacco di blocchi: con questo simbolo sono stati indicati i punti ove sono stati osservati o sono possibili stacchi di singole frazioni da pareti rocciose o di grossi trovanti scalzati dalle coltri moreniche; i fenomeni sono favoriti dalla accentuata fessurazione della masse rocciose, dall'azione meccanica delle piante e dalla elevata pendenza del terreno sottostante.

Anche l'azione dell'uomo porta sovente un contributo negativo, come improvvido disboscamento, o per mancata manutenzione dei boschi e delle strutture forestali collegate (Babes, Rizzoli, Piazzolo, Pizzoli, Ludrigno, Valzella).

- accatastamento di blocchi: si tratta di accumuli di blocchi a volte di notevoli dimensioni, visibili a valle di nicchie di stacco di frana o di versanti particolarmente instabili.

- blocchi di frana isolati: hanno lo stesso significato dei precedenti, ma si trovano sparsi sui versanti o nei fondovalle, indicando anch'essi fenomeni di instabilità dei versanti sovrastanti; per questo motivo non sono da confondere con i massi erratici.

- pinnacoli: sono forme di erosione osservate in rocce carbonatiche dovute alla combinazione dell'azione delle acque meteoriche e delle escursioni termiche con la originaria fratturazione della roccia stessa; spesso sono legati anche a dissoluzione carsica. Queste forme si osservano particolarmente nel Calcare di Esino a monte di Cacciamali.

- creste di erosione: hanno lo stesso significato dei pinnacoli, ma sono di forma allungata più o meno ricurva.

- caverne: sono presenti sia in roccia che nel detrito cementato. Nel primo caso sono dovute alla evoluzione di dissoluzioni carsiche in situazioni di particolare fessurazione, come possono essere collegate ad antiche erosioni fluviali, nel secondo caso le caverne si formano per l'asportazione di livelli o di tasche di sedimenti fini meno coerenti all'interno dei banconi conglomeratici.

- decorticamenti superficiali: si tratta di interruzioni della continuità del suolo dovute a sradicamenti di alberi, piccoli scavi, scivolamenti del terreno, sovraccarico del bestiame al pascolo.

- soliflusso: si tratta di un lento movimento gravitativo del terreno di copertura, accentuato in terreni a componente argillosa in presenza d'acqua e/o di substrati a franapoggio, su pendii a elevata inclinazione.

- ruscellamenti: sono solcature di piccola profondità dovute allo scorrimento disordinato delle acque superficiali non incanalate. Sono fenomeni diffusi in tutti i tipi di terreno, ma si accentuano là dove sussistono fenomeni erosivi che hanno determinato il venir meno di vaste porzioni di copertura vegetale.

- erosione lineare accelerata: e' l'effetto dell'azione di acque incanalate in alvei ad elevata pendenza. In questi tratti l'alveo tende ad approfondirsi con conseguente instabilita' delle scarpate laterali che tendono a franare, mentre verso valle si verifica un trasporto solido che puo' generare sovralluvionamenti.

- alveo incassato: con questo termine sono stati distinti quei tratti dei torrenti caratterizzati da gole strette e profonde. Data la ridotta sezione possono essere luogo di sbarramenti con occlusioni temporanee degli alvei (Rizzoli, Marinoni, Ardesio centro).

- erosione spondale: il fenomeno si verifica frequentemente in corrispondenza di anse fluviali, il fiume tende ad accentuare la curvatura erodendo la sponda esterna e depositando sedimenti su quella interna (Ponte Nuovo, Carpignolo, Ludrigno).

- occlusione di alveo: si tratta di punti in cui si verificano restringimenti piu' o meno accentuati dell'alveo per cause naturali (frane, valanghe) o antropiche (discariche). Significativi esempi, dove in un caso sono concomitanti entrambe le cause, si hanno lungo il Serio in corrispondenza di Ludrigno, lungo l'Acqualina a monte dei Grini e a Piazzolo.

- alveo sovralluvionato: si tratta di accumuli anomali di alluvioni e detriti nel letto di fiumi o torrenti a causa di trasporto in massa (valle Vendulo) o per frane (valle di Babes).

- conoide: si tratta di morfologie convesse dalla tipica forma a ventaglio dovute all'accumulo di materiali alluvionali allo sbocco di alcuni corsi d'acqua entro una valle maggiore. Esse sono caratterizzate da una elevata instabilita' degli alvei e, poiche' sovente sono fortemente urbanizzate, i corsi d'acqua che le attraversano si trovano in genere in posizione pericolosamente elevata rispetto all'abitato.

- punti di possibile esondazione: punti dove e' possibile la fuoriuscita del corso d'acqua dal proprio alveo a causa di occlusioni o per la presenza di tratti di sponda bassi.

- marmitte: sono cavita' di forma arrotondata che si formano in determinate situazioni idrauliche entro gli alvei rocciosi a causa del trascinarsi di ciottoli sul fondo da parte della corrente fluviale (Ponte Nuovo, valle del Re).

- carsismo superficiale: il simbolo e' stato utilizzato per indicare quelle aree dove il carsismo e' diffuso, ma non si manifesta con la tipica formazione di doline. E' associato a una topografia caratteristica data da alternanze di dossi, avvallamenti e solcature senza un apparato idrografico ben delineato (alta Valcanale, Monte Fortino); interessati non sono esclusivamente i terreni rocciosi calcarei, ma anche i depositi morenici che li ricoprono.

- doline: si tratta di depressioni superficiali a contorno subcircolare e forma conica, corrispondenti agli inghiottitoi carsici; esse sono generate dalla dissoluzione di rocce carbonatiche ad opera di acque meteoriche, ricche in CO₂, che si infiltrano nel sottosuolo, originando circuiti sotterranei.

Le doline, talvolta allungate e coalescenti, possono presentarsi allineate lungo sistemi di fratture, poiche' essi hanno favorito in origine l'instaurarsi di un circuito sotterraneo.

Nel territorio di Ardesio sono rappresentate con bellissimi esempi due tipologie diverse di doline: quelle in rocce carbonatiche tipiche della zona di Bani (la Lacca che alimenta la sorgente Moia a livello del Serio) e di Colle Palazzo (le piu' grandi) e quelle nei terreni morenici grossolani ad elementi carbonatici tipiche dell'alta Valcanale.

- carsismo ipogeo: vengono segnalati i luoghi dove sono presenti grotte e condotti sotterranei dei sistemi carsici. Nel territorio di Ardesio i circuiti carsici sono sviluppati entro i calcari massicci dell'Esino (Monte Redondo, Varisco, Poderizza).

La presenza di forme carsiche ipogee impone cautele nell'uso del territorio, da un lato per la possibilita' di cedimenti del terreno a causa del crollo di cavita' sotterranee, dall'altro per la vulnerabilita' delle acque che da questi circuiti vanno ad alimentare numerose sorgenti.

- cascate: si osservano in corrispondenza di repentini dislivelli dei corsi d'acqua (versante destro della Valcanale e val Manna)

- sorgente: si tratta di emergenze delle acque sotterranee; sono collegate con diverse tipologie di acquiferi e vengono descritte in modo piu' dettagliato nel paragrafo dedicato alla idrogeologia.

- sorgenti captate: vengono segnalate le sorgenti utilizzate per l'alimentazione dei numerosi acquedotti comunali. Queste acque sono destinate al consumo umano e dunque devono necessariamente essere imposte limitazioni d'uso nelle aree di salvaguardia (cfr. carta idrogeologica).
- ristagni d'acqua: si tratta di zone in cui i terreni sono permeati d'acqua per effetto della presenza di emergenze diffuse e/o per la bassa permeabilità del terreno. Al fenomeno in genere consegue uno scadimento delle qualità geotecniche dei terreni e del loro grado di stabilità.
- infiltrazioni sotterranee: con questo simbolo sono indicati sia i tratti di alveo nei quali le acque scompaiono per infiltrazione nel sottosuolo, sia le possibili direzioni dei flussi sotterranei sulla prosecuzione di alvei ciechi (a monte di Ardesio).
- coni di origine mista: si tratta di accumuli di forma conica agli sbocchi di valli o di piccole incisioni, con apporto di materiali di detrito e/o alluvionali e di valanga. Sono definiti di origine mista in quanto non è possibile definire le cause dell'accumulo in modo univoco.
- corridoi di valanga: si tratta dei percorsi preferenziali delle valanghe, generalmente impluvi o canali di valanga, ma anche fasce conseguenti a diffusi movimenti nivali su interi versanti (lago Branchino).
- cresta di canale di valanga: si tratta di accumuli di detriti di valanga dalla caratteristica forma allungata, presenti ai due lati del corridoio di valanga. Queste forme compaiono unicamente quando le valanghe sono ben canalizzate. Caratteristiche sono quelle sul versante meridionale della Valcanale.
- circo glaciale: si tratta di scarpate in roccia modellate nella tipica forma ad arco, presenti alle testate delle valli un tempo occupate dai ghiacciai. Nel territorio di Ardesio queste forme sono ben espresse nell'alta Valcanale e lungo la cresta tra la Cima di Valmora ed il Monte Secco.
- arco morenico e nivale: si tratta di accumuli di detriti grossolani con forme generalmente arcuate o allungate, che rappresentano gli accumuli frontali e laterali degli antichi ghiacciai e degli attuali nevai dell'alta Valcanale.

- rocce montonate: sono porzioni rocciose lisce e leggermente arcuate, solcate da strie glaciali, frutto dell'erosione dei ghiacci (esarazione). Sono visibili in alta Valcanale e nei pressi della Foppa.

- massi erratici: sono blocchi di dimensioni anche notevoli, trasportati dai ghiacciai durante l'ultima glaciazione e attualmente visibili in posizione piu' avanzata verso valle rispetto alle zone di provenienza. Significativi esempi si possono osservare nel solco della Foppa, a Marinoni e lungo la strada per Cerete. Alcuni massi, costituiti da roccia vulcanica permiana di colore verde, sono stati asportati per essere usati come pietra da taglio.

- nevaio della valle del Las: si tratta del nevaio posto piu' a Sud e piu' a bassa quota di tutte le Orobie. La sua persistenza e' resa possibile dal consistente apporto di neve dovuto alle valanghe che scendono dalle ripide pareti alla testata della val Las e dall'esposizione settentrionale del sito, che viene toccato molto marginalmente e in un periodo assai breve dai raggi solari.

Quest'anno (1993) si e' registrato per la prima volta a memoria d'uomo il completo scioglimento del nevaio durante il periodo estivo.

- scavi minerari: la segnalazione comprende sia gli antichi scavi abbandonati per la ricerca e l'estrazione di minerali (Piagher, val Manna, Cugno) sia gli scavi in galleria per gli impianti idroelettrici.

- cava: nel territorio erano presenti in un passato non troppo lontano ben cinque cave di marmo e pietre calcaree, tutte concentrate nel settore Nord del territorio. Oggi (1993) si sta svolgendo una attivita' di recupero di materiale marmifero gia' abbattuto e di messa in sicurezza del versante nella sola storica "Cava della Madonna" presso Zaffalino, mentre una attivita' estrattiva per detrito calcareo e' presente dal 1986 sopra la localita' Valzella.

- discariche, terrapieni, riporti: con questo simbolo sono indicati quei riporti antropici che, data l'esigua estensione, non vengono rappresentati in carta con campiture.

- terrazzamenti agricoli: sono terrapieni sostenuti da muri a secco costruiti dall'uomo a scopo agricolo. Attualmente la maggior parte di essi e' ancora in discreto stato di conservazione. Questi elementi si possono osservare nelle zone prative di tutta il territorio ardesiano.

- terrazzette da pascolo: si tratta di forme di dissesto dovute al passaggio del bestiame da pascolo o meglio all'eccessivo carico di stazionamento. Il cotico erboso viene tagliato e suddiviso in una serie di gradini ai quali si accompagnano decorticamenti che possono degenerare facilmente in erosioni piu' o meno diffuse.
- opere in alveo: con questo termine generico sono comprese opere trasversali e longitudinali all'alveo, sia di difesa che di captazione.
- canali idroelettrici: si tratta di canalizzazioni, spesso sotterranee, che derivano le acque dei torrenti per uso idroelettrico.
- canalizzazioni agricole, drenaggi, derivazioni: si tratta di opere piu' o meno antiche e generalmente in cattivo stato di manutenzione, che derivavano acqua a scopo agricolo (prati di Bani) o per particolari lavorazioni (la Sega di Zanetti), e di altri drenaggi (Pia' Spis).
- barriere elastoplastiche paramassi: riguardano interventi di difesa al Ponte delle Seghe, Zaffalino, Ronchi Alti, la Cunella.
- sottomurazioni: anche questi sono interventi contro la caduta massi, visibili a monte di Marinoni e a Nord di Cerete.
- consolidamenti in parete: si tratta di reti addossate, chiodature, sigillature, coperture con manti di gunite, per evitare la caduta massi. I principali interventi sono stati effettuati a Nord di Cerete, sulla strada della Cunella, presso la Cava della Madonna.

4.4. Carta idrogeologica

(tavola 4a, 4b, 4c, 4d,)

Questa carta riassume le principali caratteristiche idrogeologiche del territorio di Ardesio. Per quanto riguarda i caratteri climatologici si veda la parte al termine di questo paragrafo.

Nella carta idrogeologica viene data una valutazione di massima della permeabilita' superficiale delle diverse unita' litologiche, distinguendo i terreni, per i quali la permeabilita' e' di tipo primario, dalle rocce con permeabilita' prevalentemente secondaria.

Per permeabilità primaria si intende quella dovuta alla porosità presente tra granulo e granulo del sedimento, mentre la permeabilità secondaria è essenzialmente connessa alla presenza di discontinuità (fratture e/o giunti di stratificazione) nella masse rocciose.

Sono stati distinti:

- terreni con permeabilità da elevata a buona (VP): $K > 10^{-2}$ cm/sec. Si tratta di detriti di falda sciolti privi di suolo o con vegetazione pioniera, presenti soprattutto alla base delle pareti rocciose del versante Sud della Valcanale, di morene a prevalente componente ghiaiosa presenti nell'alta Valcanale, di alluvioni ghiaiose dei corsi d'acqua attuali.

Sono terreni incoerenti grossolani privi di matrice o con matrice sabbioso-ghiaiosa; unici depositi di una certa consistenza sono le morene dell'alta Valcanale che, seppure limitatamente, hanno anche un significato idrogeologico di un certo interesse come serbatoi acquiferi, durante il periodo di scioglimento delle nevi. Di spessore consistente sono anche i "ghiaioni" della valle del Las, che pure in parte potrebbero costituire l'acquifero che alimenta le sorgenti poco più a valle.

- terreni e rocce con permeabilità da buona a media (P): $10^{-2} \geq K > 10^{-4}$ cm/sec. Sono detriti di falda e morene a componente sabbiosa maggiore rispetto ai precedenti, detriti cementati, accumuli di frana e di valanga, eluvium di rocce silicatiche e carbonatiche a componente sabbioso-ghiaiosa, depositi fluvioglaciali e di conoide a prevalente componente ghiaioso-sabbiosa anche parzialmente cementati, rocce intensamente fratturate e carsificate e/o con stratificazione ben delineata e giacitura favorevole all'infiltrazione, generalmente di natura calcarea, ma anche silicee e marnose.

I terreni descritti sono prevalenti sui versanti e nel fondovalle della Valcanale e sul versante a Ovest di Ludrigno; sono presenti in modo meno continuo anche nelle restanti aree.

Le rocce comprese in questa classe sono significativamente presenti nella zona carsica del M. Secco e M. Vaccaro, di Bani e del M. Redondo, ma sono state osservate in modo diffuso su tutta l'area in corrispondenza dei principali lineamenti tettonici accompagnati da fratturazioni più o meno pervasive. Ad esse sono legate diverse venute sorgentizie.

- terreni e rocce con permeabilità da media a scarsa (S): $10^{-4} \geq K > 10^{-6}$ cm/sec. Sono riporti antropici terrosi, morene, depositi fluvioglaciali e alluvionali a componente sabbioso-limosa fino ad

argillosa e con suoli ben sviluppati, eluvium di rocce marnose e marnoso-argillose, rocce calcareo-marnose da massicce a stratificate, non fratturate in modo pervasivo e/o con giacitura sfavorevole alla infiltrazione. Lo stesso vale per le rocce silicatiche del versante Nord della Valcanale.

I riporti antropici presentano caratteristiche composizionali variabili e non sempre controllabili, perciò i valori di permeabilità primaria variano da un'estremo all'altro della categoria.

I terreni di questa classe sono presenti soprattutto in qualità di eluvium di rocce marnose per cui, sebbene abbiano una vasta diffusione, hanno sovente spessori ridotti. Nella bassa Valcanale essi sono costituiti da morene a matrice fine, nella valle di Ave e nella parte bassa dei versanti seriani sono invece prevalenti gli eluvium sopra descritti.

Le rocce silicatiche del Verrucano e del Servino sono da considerarsi con permeabilità più prossime ai valori inferiori della classe, mentre le rocce calcareo-marnose possono manifestare tutta la gamma di valori in relazione alla loro stratificazione e fratturazione.

- terreni e rocce praticamente impermeabili (W): $K \leq 10^{-6}$ cm/sec. Di questa categoria fanno parte i terreni argillosi alluvionali e morenici, gli eluvium argillosi della Carniola di Bovegno, le rocce argillitiche sottilmente stratificate e gessose della Carniola di Bovegno e le aree impermeabilizzate in seguito ad intervento antropico.

Nella carta idrogeologica sono stati evidenziati mediante simboli i principali elementi che caratterizzano la circolazione delle acque superficiali e sotterranee, le zone di alimentazione e di recapito, le captazioni e le fasce di rispetto delle sorgenti.

In particolare con il tratto più sottile sono rappresentate le faglie e le fratture che conferiscono una permeabilità secondaria agli ammassi rocciosi: esse costituiscono le linee preferenziali del flusso idrico sotterraneo, che viene indicato con le frecce nere.

Con il tratto più grosso sono evidenziati quei lineamenti strutturali che si ritiene abbiano funzione di soglie impermeabili: sono i sovrascorrimenti e la "faglia di Valcanale". Tali strutture presentano alla base orizzonti plastici che hanno costituito i piani di frizione durante i movimenti orogenetici ed attualmente, caratterizzati da una forte argillificazione, funzionano come livelli impermeabili.

Gli assi di pieghe sinclinali e anticlinali sono stati evidenziati in quanto si tratta di strutture che possono contribuire al convogliamento delle acque sotterranee, analogamente ai sistemi di fratture.

I simboli di carsismo superficiale e di dolina individuano le zone di infiltrazione verticale delle acque.

I restanti simboli in tratto blu rappresentano le zone di ristagno d'acqua, le sorgenti distinte in libere, scomparse, captate o con captazione abbandonata, i pozzi, i bacini di acqua potabile e le principali adduttrici di acquedotto.

Con simbolo nero sono state indicate le captazioni idroelettriche ubicate nei principali alvei dell'area.

In tratto a punto e linea sono stati rappresentati gli spartiacque dei bacini idrografici maggiori.

In colore azzurro sono indicate le zone di rispetto delle sorgenti, rappresentate con coni di raggio minimo di 200 m come previsto dal D.P.R. 236/88. Lo stesso decreto prevede prima ancora una zona di tutela assoluta per un raggio di 10 m attorno alla sorgente: tale zona non è stata rappresentata in carta per ovvi motivi di scala.

Va precisato che il raggio di 200 m per la fascia di rispetto nel caso delle sorgenti captate da Ardesio, spesso di natura carsica e/o derivanti da acquiferi caratterizzati da elevata permeabilità superficiale, rappresenta un limite che necessita di adeguato ampliamento (ai sensi del D.P.R. 236/88). Il caso della sorgente di Zaffalino (1992) ha dimostrato come agenti inquinanti possano rapidamente confluire in questi circuiti in frattura ed avere un pesante riscontro pure con immissioni a distanza di circa un chilometro.

Gli acquiferi nel territorio di Ardesio sono prevalentemente in roccia; molte sorgenti sono tuttavia alimentate da scorrimenti sotterranei di tipo misto, con acque che si infiltrano anche nelle coperture moreniche, nei detriti cementati e nelle alluvioni di fondovalle.

Sorgenti collegate ad acquiferi in roccia sono quelle di Bani, Albareti, Zanetti, Valcanale, Pia` Spis, Moia, Ponte Nuovo, Zaffalino, Piazzolo e Ave.

Sorgenti collegate ad acquiferi di tipo misto sono quelle della Valle del Las, quella a Est dei Grini (captazione che alimenta la sola fontana della frazione), quella a NE di Cerete, quelle del Colarete.

Altre sorgenti di questo tipo con portate ragguardevoli e a carattere presumibilmente perenne ma attualmente non captate, sono quelle che scaturiscono nei pressi del T. Acqualina tra Zanetti e Albareti. Tali sorgenti sono alimentate da acque che filtrano attraverso la copertura morenica di fondovalle provenienti dal versante Nord della Valcanale; ne sono state osservate numerose lungo in corso del torrente, per alcune e' possibile una commistione con le acque del medesimo torrente.

4.4.1. Osservazioni climatologiche

I dati relativi alla piovosità dell'area sono stati desunti dalle misurazioni pluviometriche effettuate dall'ENEL per la centrale idroelettrica di Ludrigno. Tali valori sono riportati nella tabella sottostante dove sono anche visibili le rilevazioni compiute alle centrali di Ogna, Valgoglio (Succotto) e Valbondione (Barbellino).

I dati sono in accordo con quelli desumibili dalle carte delle isoiete in scala 1:500.000 compilata dal Servizio Idrografico Italiano sulla base dei dati di piovosità del trentennio 1921-1950.

Il regime pluviometrico e' di tipo prealpino, la distribuzione delle precipitazioni nell'anno e' bimodale con due massimi: uno all'inizio della stagione estiva, l'altro in autunno inoltrato. La piovosità si mantiene alta anche durante il periodo estivo. La media delle precipitazioni totali annue si aggira sui 1700 mm.

I dati sulle temperature sono ricavati dalle carte delle isoterme del S.I.I. compilate in scala 1:1.000.000 con i dati del trentennio 1926-1955. La temperatura media annua e' di 10 gradi centigradi, con minimo medio intorno ai -10 gradi e punte massime che raggiungono sovente i 27 gradi e talora superano i 30 gradi centigradi. Naturalmente i valori si riducono andando verso quote piu' elevate rispetto al fondovalle seriano.

I venti prevalenti, in regime di brezza, spirano da Sud incanalati dall'asse vallivo principale; essi portano in genere aria umida, favorendo il formarsi di precipitazioni locali ed il permanere di un grado di umidità piuttosto elevato. Nel tardo autunno e nella stagione invernale sono frequenti venti di caduta da Nord e qualche giornata puo' essere caratterizzata da vento di tramontana.

PRECIPITAZIONI ANNUE (esprese in mm di pioggia)

	DIGA DEL PIANO DEL BARBELLINO Valbondione	DIGA DI SUCCOTTO Valgoglio	DIGA DI OGNA SUPERIORE Villa d'Ogna	CENTRALE DI LUDRIGNO Ardesio
1970	1.651	1.919,7	1.717,5	-
1971	1.521	1.497,3	1.060,6	-
1972	1.503	1.564,2	1.169,3	-
1973	1.380	1.086	517,5	-
1974	1.403	1.476,6	704	-
1975	1.725,5	1.632,4	995,3	-
1976	1.980	2.283,6	1.410	-
1977	2.581	3.072,3	1.471	-
1978	1.591	1.726,5	877	-
1979	1.974	2.455,5	1.119,8	-
1980	1.144	1.443,6	898	-
1981	1.822	2.190,3	1.135,5	-
1982	1.924,8	1.835,5	958	-
1983	1.737,2	1.884	919,5	-
1984	1.581,5	1.889	1.211	-
1985	1.600,5	1.763	931	-
1986	1.398,1	1.861	1.053	1.559
1987	1.769,8	2.260	1.085,5	1.872,5
1988	-	-	-	1.606
MEDIE ANNUE	1.682,6	1.880,0	1.068,5	1.679,2

PRECIPITAZIONI MENSILI DELL'ANNO 1988 RILEVATE ALLA STAZIONE DELLA
CENTRALE ENEL DI LUDRIGNO (ARDESIO) esprese in mm di pioggia

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
207	108	58	92	223	210	214	88	76	263	10	57

4.5. Carta di sintesi del rischio geologico

(tavola 5a, 5b, 5c, 5d)

Questa carta e' stata ricavata dal confronto di tutte le carte precedentemente descritte e della carta clivometrica che era gia' stata prodotta per il precedente lavoro di supporto al P.R.G. Dalla sovrapposizione dei dati e dal confronto critico si sono ottenuti i diversi quadri di caratterizzazione geoambientale del territorio; queste situazioni successivamente rapportate alla vulnerabilita' antropica, individuano le condizioni di rischio geologico.

Sono state distinte otto tipologie d'area (classi) ciascuna delle quali e' individuata dal prevalere di un fattore di rischio geologico; ovviamente la frequente concomitanza di piu' fattori di rischio sul territorio, ha permesso di definire numerosi altri quadri geoambientali, come risultato della diversa combinazione delle otto classi di rischio.

Questa carta ha un significato piu' qualitativo che quantitativo, infatti le classi sono state distinte in base al tipo di rischio e non al grado con cui esso si manifesta, elemento questo piu' incerto da determinare. Un tentativo in tal senso comunque e' stato fatto suddividendo la classe 2 in modo che la 2a rappresenti situazioni di instabilita' del pendio di lieve entita' mentre la 2b situazioni che per la loro gravita' necessiterebbero di solleciti interventi di ripristino.

In tutte le altre classi sono stati considerati congiuntamente sia i fattori di dissesto in atto (come ad esempio le zone dove e' attivo lo stacco di blocchi, con fenomeni anche recentemente osservati) sia quelli potenziali (ad esempio pareti rocciose fratturate, zone di alimentazione dei circuiti idrici sotterranei con pericolo di inquinamento delle sorgenti).

- classe 1: comprende i fattori di rischio legati all'acclivita' del terreno. Sono state considerate acclivita' critiche quelle maggiori di 35 gradi in roccia e detriti di falda cementati (in rapporto alla presenza di discontinuita' dovute a fratture e stratificazioni e in considerazione delle eccessive dimensioni degli sbancamenti che comporterebbe l'utilizzo di terreni piu' pendenti); per quanto riguarda i terreni sciolti viene considerata critica una inclinazione del pendio maggiore di 25 gradi (in accordo con le raccomandazioni della Regione Lombardia ed in rapporto con gli angoli di attrito interno dei materiali piu' scadenti presenti sul territorio di Ardesio).

- classe 2a: comprende i fattori di rischio legati ad instabilità del pendio di lieve entità. Si tratta di aree dove sono presenti soliflussi più o meno generalizzati, piccoli ruscellamenti, decorticamenti dovuti a sradicamenti di alberi, erosioni di piccola entità ma diffuse, presenza di terreni argillosi su substrati a franapoggio. Nella maggior parte dei casi sono problemi risolvibili con una maggior cura dei soprassuoli o con piccoli interventi di presidio (viminate, gabbioni, muretti).

- classe 2b: comprende i fattori di rischio legati ad instabilità del pendio di considerevole entità. Si tratta di smottamenti, frane vere e proprie, erosioni lineari accelerate e ruscellamenti concentrati su aree già denudate, crolli di cavità sotterranee. In questa classe rientrano aree che necessiterebbero già ora di interventi di recupero al fine di arginare situazioni di crescente degrado.

Meritano un richiamo in questo contesto alcune situazioni rilevate e riguardanti i dissesti delle vallette a Sud di Piazzolo (La Mandra) e a Sud di Ave, le zone franose lungo il torrente Acqualina (a Sud di Marinoni, di Rizzoli, di Albareti, a SE e a SO di Zanetti, a SO dei Grini, a valle della strada per gli impianti sciistici) e nella valletta di Babes.

Anche la valle del Vendulo è stata inclusa in questa classe, nonostante le sistemazioni già eseguite, a causa dell'abbondante apporto detritico proveniente dal versante di alta quota tra le cime del M. Secco e del M. Vaccaro. La presenza di un considerevole salto nel tratto finale del canale di valanga inoltre non consente di rendere definitivamente e sicuramente efficace l'azione dell'uomo nei confronti dell'abitato.

- classe 3: comprende fattori di rischio legati ad instabilità di masse rocciose. tale instabilità è dovuta alla presenza di strati scompaginati, rocce molto fratturate, rocce disgregate per mancata cura dei boschi, con conseguente caduta massi sulle zone sottostanti.

Il problema della caduta massi è particolarmente evidente a monte degli abitati di Babes e in parte di Valcanale, di Albareti e in parte di Rizzoli e Marinoni. Lungo l'asta del Serio la situazione in fatto di sicurezza è stata sensibilmente migliorata in seguito ad interventi di bonifica e protezione, tuttavia permangono grossi elementi di rischio nel tratto dirupato tra Ponte Seghe e Ponte Nuovo e nella zona della Valzella, dove il pericolo è dato dalle scarpate fortemente erose nei conglomerati del terrazzo fluvioglaciale.

- classe 4: comprende fattori di rischio legati ai corsi d'acqua. In questa classe rientrano sia le aree di pertinenza fluviale, sia le situazioni di rischio che possono essere ad esse connesse, quali sovralluvionamenti, occlusioni di alveo, cedimenti spondali e le zone di possibile esondazione fluviale.

- classe 5: comprende fattori di rischio idrogeologico connesso alla presenza di zone di rapida infiltrazione delle acque superficiali, con conseguenti possibili interazioni con le falde acquifere che alimentano le sorgenti.

Zone di infiltrazione per eccellenza sono le strutture carsiche presenti sia nelle rocce carbonatiche sia nelle vaste coperture moreniche dell'alta Valcanale.

In questa classe sono anche comprese le zone di emergenze idriche diffuse come ad esempio il fronte sorgentizio di Bani e quello lungo il torrente Acqualina, e le zone di ristagno delle acque, dove le caratteristiche geotecniche e di stabilità dei terreni sono per questo sensibilmente depresse.

Una zona di infiltrazione di acque è presente anche a monte dell'abitato di Ardesio sul versante sinistro: si osservano una serie di impluvi che terminano senza raggiungere la base del versante. Per contro si notano sporadiche emergenze d'acqua nei parti sottostanti e lungo la strada comunale.

- classe 6: comprende i fattori di rischio legati a movimenti del manto nevoso. Nel territorio di Ardesio sono presenti numerosi fenomeni valanghivi, alcuni prossimi agli abitati, che ne sono stati danneggiati ripetutamente ed anche in modo grave sia in epoca storica che recente (Ludrigno, Bani, Est di Grini, Pia' Spis).

- classe 7: comprende fattori di rischio legati ad attività antropiche. Con tale termine si intendono interventi che hanno generato situazioni di instabilità geologica attiva o potenziale e/o di rischio quali scavi, riporti, discariche, strutture idrauliche e idroelettriche, disboscamenti e edificazioni a elevato impatto geoambientale.

In questo ambito meritano di essere segnalati la discarica ENEL presente a Sud di Piazzolo che tende a franare occludendo la valle sottostante, gli scavi per il prelievo di materiali lapidei presenti nei pressi della Valzella e di Case More (in corso di ripristino). A questi si aggiungono gli scavi stradali e di alcune piste da sci nell'alta Valcanale che, con sbancamenti notevoli hanno innescato fenomeni franosi su versanti in condizioni già precarie per l'elevata fratturazione della roccia.

Altro intervento di un certo rilievo e' il riporto sul quale sorge la I.M.S. di Ardesio, recentemente ancora attivo nella parte a Sud: esso ha determinato un restringimento dell'alveo fluviale proprio in corrispondenza di un altro elemento di possibile occlusione rappresentato dalla valanga di Ludrigno.

- classe 8: vengono qui considerati elementi di mitigazione del rischio. E' una classe anomala rispetto alle precedenti: e' stata introdotta per segnalare interventi di bonifica idraulica, dei versanti e contro la caduta massi gia' eseguiti sul territorio ardesiano.

Interventi di regimazione idraulica sono stati eseguiti nella valle del Vendulo, nell'alveo del Serio e del Rino presso il centro di Ardesio e nella valle di Babes; numerose sono anche le protezioni spondali eseguite lungo i principali corsi d'acqua.

Opere di protezione contro la caduta massi sono alla Cava della Madonna, a Zaffalino, a Ronchi Alti, lungo la Cunella e a Cerete.

Si tratta di interventi di consolidamento o di protezione passiva che in genere non eliminano il problema geologico, ma che tuttavia pongono le aree in condizioni di sicurezza accettabili.

Occorre ricordare che la durata di queste protezioni e' limitata nel tempo e ha valore quando il presidio umano e la manutenzione sono assidui.

4.6. Carta della fattibilita' geologica di Piano

(tavole 6a-6n, 7a, 7b, 7c, 7d)

Questa carta e' stata redatta in scala 1:2000 limitatamente alla fascia urbanizzata, utilizzando lo stesso supporto topografico usato per la redazione del Piano Regolatore, essa e' dunque a questo direttamente sovrapponibile. La stessa carta viene inoltre presentata in scala 1:5000 per tutto in territorio comunale. Essa rappresenta il documento finale sul quale si focalizza l'attenzione degli utilizzatori; deve essere quindi uno strumento chiaro, inequivocabile, di immediata comprensione.

Lo scopo principale e' quello di fornire al pianificatore uno strumento che visualizzi in modo immediato la vocazione del territorio, in particolare ai fini edilizi o per la realizzazione di opere di urbanizzazione, e indicare nel contempo le condizioni alle quali questo processo deve avvenire, nel rispetto del contesto geoambientale.

A questo punto e' d'obbligo un confronto con la carta analogica che era stata prodotta oltre dieci anni fa per il precedente P.R.G. Le principali differenze tra i due elaborati sono dovute:

- all'ampliamento dell'area considerata nelle carte in scala 1:5000, con inclusione delle zone di alta montagna.
- all' adeguamento alle normative che sono state prodotte a livello nazionale e regionale in tema di difesa ambientale, e alle disposizioni regionali in tema di pianificazione territoriale;
- all'aumento dei tematismi espressi nella cartografia
- alla introduzione di una quarta suddivisione nella carta della fattibilita' che determina la distinzione tra aree di fattibilita' con modeste limitazioni e quelle dove queste limitazioni sono consistenti. Questo fatto ha portato generalmente alla suddivisione delle aree precedentemente rappresentate con il colore giallo (classe 2) in aree delle attuali classi 2 e 3. In un numero di casi limitato la riclassificazione delle zone ha portato a comprendere nella attuale classe 3 superfici che nel vecchio studio erano escluse dall'utilizzo;
- al fatto che il documento finale e' stato redatto in scala 1:2000 per le aree urbanizzate e da pianificare, consentendo un maggior dettaglio; questo ha portato ad una piu' fitta zonazione, in quanto sono state considerate anche situazioni molto locali.

Queste considerazioni giustificano alcune apparenti incongruenze tra le due serie di elaborati.

La carta della Fattibilita' di Piano cosi' prodotta e' il risultato della valutazione mediata di tutti gli elementi studiati ed, in sintesi, del rischio geologico come illustrato nell'apposito documento, in pratica qui tradotto in classi di fattibilita'.

Sono state distinte quattro classi di fattibilita', delle quali la prima senza particolari limitazioni, mentre le altre con grado di limitazione crescente dalla seconda alla quarta classe:

- aree di fattibilita' senza particolari limitazioni (1): si tratta di aree per le quali non sono state individuate particolari situazioni di rischio, per cui non vi sono preclusioni o attenzioni di carattere geologico che in qualche maniera influenzino il loro utilizzo per l'urbanizzazione.

In buona parte sono comprese in questa categoria aree gia' edificate, come il centro storico di Ardesio e la zona industriale; tuttavia e' significativo il fatto che nel territorio studiato vi siano altre aree potenzialmente utilizzabili, sia nei dintorni dei principali nuclei

edificati lungo l'asta del Serio e nella Valcanale, sia in situazioni piu' discoste dai centri ma egualmente accessibili, quali la Valzella e case More o la zona tra Albareti e Zanetti, per citare quelle di maggiore estensione.

- aree di fattibilita' con modeste limitazioni (2): sono aree con acclivita' fino a 25 gradi per i terreni e fino a 35 gradi per le rocce e i terreni cementati, interessate da fenomeni gravitativi di modesta entita' o gia' bonificati, piccoli smottamenti, ruscellamenti e ristagni d'acqua.

Si tratta di zone in cui la situazione geologica mostra qualche problema, ma che con opportuni accorgimenti e qualche limitazione possono essere ricondotte ad un utilizzo pieno e normale. Il loro utilizzo presuppone la effettuazione di accertamenti geologici seppure finalizzati al singolo progetto edilizio.

Di questa stessa classe fanno parte quelle aree geologicamente sicure che tuttavia per altitudine, per caratteri morfologici, idrogeologici e paesaggistici richiedono per il loro utilizzo un dettagliato studio geoambientale a livello di Piano di Area, o comunque una edificazione a basso impatto ambientale, rispettosa dei caratteri di elevato pregio naturalistico che i luoghi possiedono.

Per la zona sulla sinistra orografica del centro storico di Ardesio i principali problemi sono connessi con la infiltrazione delle acque provenienti da monte, mentre nelle zone di Botto Basso, Ronchi, Zaffalino si tratta di zone bonificate nei confronti di fenomeni di caduta massi e dunque da sottoporre ad una certa valutazione preventiva ed a manutenzione.

L'area pianeggiante ai piedi del terrazzo di Ardesio puo' presentare rischi dovuti alla stabilita' della scarpata soprastante e a variazioni della falda acquifera direttamente collegata al fiume Serio.

Le aree di Piazzolo e della valle di Ave sono state poste in questa classe a causa della natura argillitica del substrato roccioso e, per le zone piu' elevate, per la loro rilevanza paesaggistica.

Le piccole aree di classe 2 poste nel fondovalle seriano, sul versante destro sono caratterizzate da terreni morenici su pendii ai limiti della pendenza accettabile; mentre l'area dell'ex cava Posmadu' all'imbocco della Valcanale necessita di sistemazioni adeguate prima del suo riutilizzo.

L'area a Nord di Cerete e' posta a monte di una zona di sorgenti anche se risulta al di fuori della zona di rispetto delle stesse, e' inoltre influenzata dalla presenza alle sue spalle di un canale che alimenta il bacino idroelettrico ivi presente.

L'area a Est di Cerete e' caratterizzata da terreni morenici con possibili intercalazioni di livelli argillosi con scarse proprieta' geotecniche; mentre l'area a SE dello stesso nucleo abitato presenta qualche accentuazione della pendenza e si trova compresa tra due zone a rischio (valanga da una parte e possibile avaria dal bacino idroelettrico dall'altra).

Anche la stretta fascia a monte di Ludrigno si colloca al passaggio con aree non edificabili per rischio di valanga e per smottamento e caduta di detriti dal versante soprastante.

La fascia che si estende tra la Valzella e Case dei Mori e' soggetta a piccoli smottamenti che si verificano sul sovrastante orlo in erosione.

Il rilevato sul quale sorge la I.M.S. di Ardesio e' in posizione delicata rispetto al fiume, in particolare non e' auspicabile una sua ulteriore espansione verso Sud.

L'area di Cacciamali, oltre che per il rilevante interesse paesaggistico, e' segnalata per la presenza di piccoli decorticamenti e erosioni collegate alla natura del substrato roccioso; tali sono anche le aree comprese tra il Roccolo, la Stalla Lunga e la Stalla Martina.

Di particolare rilevanza ambientale e delicato equilibrio geologico sono anche le altre aree individuate sul versante Est e NE del M. Secco, compresa la zona delle Baite Camnare e della Stalla Sersen.

In Valcanale, le aree circostanti l'abitato di Marinoni sono state segnalate in parte per la natura dei terreni in relazione al limite di pendenza accettabile, in parte per la presenza di situazioni di rischio caduta massi parzialmente bonificate.

Anche nei dintorni di Bani sono presenti piccole aree di classe 2 connesse alla presenza di una diffusa zona di emergenza d'acqua, con il confluimento verso la zona carsica di Ficarelli. Il versante a Ovest della Foppa e' in terreni morenici e presenta piccoli smottamenti in corrispondenza delle zone piu' pendenti.

A monte di Albareti vi e' una fascia che si colloca ai limiti della zona di rischio per caduta massi e, nella parte piu' a Est, e' soggetta all'infiltrazione delle acque provenienti dal fronte sorgentizio che alimenta lo stesso paese.

La zona prossima al bivio per Bani non presenta particolari controindicazioni di carattere geotecnico, ma la sua fruibilita' va valutata in relazione al pericolo di caduta valanghe dalla valletta soprastante.

L'area a valle della strada in prossimità dell'abitato di Zanetti va valutata per la vicinanza con lo smottamento sovrastante La Sega; mentre le zone 2 distinte a Ovest dell'abitato, compresa la località Cristina, sono soggette ad infiltrazioni d'acqua collegate sia agli impluvi sia a piccole sorgenti visibili sul versante.

Anche la zona dei Grini si colloca a valle di piccole incisioni che scompaiono causando possibili infiltrazioni d'acqua. Lo stesso vale per l'area a Ovest dei Grini e per quelle a monte di Valcanale e a valle della strada tra Valcanale e Babes. L'area a Ovest di Babes è gravata in modo marginale dal rischio legato al dissesto in cui versa l'omonima valletta; in alcuni tratti inoltre le pendenze del terreno si fanno prossime ai limiti accettabili.

In alta Valcanale sono state distinte alcune aree che non presentano particolari problemi di carattere geologico, ma che per la loro collocazione e per l'alto valore ambientale richiedono una dettagliata valutazione anche geologica per appoggiare eventualmente una progettazione. Si tratta della zona delle Baite di Monte Zulino, Baita di Vaghetto Alta, Baite di Neel, Rifugio Alpe Corte.

Unica considerazione di carattere geotecnico va fatta per l'area nella quale è compresa la Baita di Piazza Bassa, dove il substrato roccioso è costituito da rocce con scarse proprietà tecniche.

- aree di fattibilità con consistenti limitazioni (3): si tratta di aree con elevata acclività del terreno, con presenza di terreni argillosi su substrati a franapoggio, zone di erosione accelerata, soliflussioni e smottamenti, zone interessate da caduta massi e che possono essere rese edificabili solo con interventi di notevole consistenza; zone di rispetto delle sorgenti (D.P.R. 236/88). Aree di influenza di importanti opere idrauliche, zone di esondazione dei corsi d'acqua e zone di caduta delle valanghe.

Per la tipologia e soprattutto per la consistenza dei fenomeni questi terreni possono essere ricondotti ad un utilizzo insediativo, ma la natura degli interventi di bonifica necessari ed il loro peso richiedono una dettagliata valutazione e progettazione di carattere geologico, proponibile significativamente ed affrontabile solo a livello di area e non di singolo progetto edilizio.

Questa classe rappresenta dunque un preciso segnale di attenzione per l'Amministrazione che potrebbe venirsi a trovare nell'obbligo di intervenire dove il singolo cittadino non ha la possibilità di farlo, ma a tutt'oggi ha la facoltà di eventualmente pretenderlo dall'Ente pubblico.

Le limitazioni imposte dalla salvaguardia delle risorse idriche, individuate molto precisamente dal disposto legislativo, sono per

qualche aspetto ed in qualche caso contemporabili con l'intervento edilizio, tuttavia lo scopo dell'indicazione data in questa carta e' quello di sensibilizzare al massimo l'utenza sulla inderogabile prioritaria necessita' di garantire la qualita' del bene acqua.

Nella classe 3 rientrano le zone dei Ronchi, Botto Basso, Cava della Madonna e Piazzolo Sottocorna soggette al pericolo di caduta massi e le due aree a Nord di Piazzolo in qualita' di zone di protezione delle sorgenti.

L'area a SE dello stesso Piazzolo e' invece gravata dal passaggio della canalizzazione idroelettrica che deriva le acque del torrente Rino.

La zona nei pressi di Ave distinta in classe 3 risulta tale per la forte pendenza del terreno in rapporto alla natura del substrato e per la presenza di infiltrazioni d'acqua direttamente a monte.

Le aree individuate alla base del versante sinistro della valle Seriana in corrispondenza del centro storico di Ardesio e della localita' Piazza (val Pisna) si collocano alla terminazione di una serie di piccoli impluvi; esse sono inoltre soggette al rischio derivato dalla presenza a monte della condotta idroelettrica di cui si e' parlato sopra e di un forte stato di degrado degli scavi fatti per la realizzazione dello stesso impianto.

Le due fasce in sponda sinistra del Serio sono considerate zone di possibile esondazione durante eventi eccezionali, specialmente se si dovesse verificare un concomitante restringimento o sbarramento dell'alveo del Serio nella parte piu' a Sud, ad esempio per la caduta della valanga di Ludrigno.

E' d'altra parte anche considerata in questa classe la zona di influenza diretta dello stesso Vendulo e quella interessata dal passaggio di un'altra canalizzazione idroelettrica.

Per analogo motivo sono state inserite in questa classe le aree a valle del bacino di Cerete e di quella presso la Cappella degli Alpini. Consistenti limitazioni presentano anche le aree nei pressi della Comunita' Incontro e dell'abitato di Ludrigno perche' rientrano nella zona di influenza della valanga. Soggetta a valanga e' anche la piccola area a Nord della Valzella.

In Valcanale problemi di caduta massi fanno rientrare in classe 3 alcune aree a monte di Marinoni e di Rizzoli, mentre una vasta zona di Bani presenta ristagni d'acqua collegati a emergenze d'acqua diffuse, e possibile presenza di cavit  carsiche. Storicamente documentata e' la valanga che puo' interessare la parte piu' a monte dell'abitato di Bani.

In classe 3 ricadono anche le aree della ex discarica di Albareti e quella sottostante il bivio per Bani, quest'ultima e' soggetta sia a problemi di caduta massi che di valanghe.

A Zanetti sono state distinte un'area sottostante il bacino idroelettrico, un'area direttamente a Est dell'abitato soggetta a pericoli di esondazione e di valanga, un'area a Ovest dell'abitato con problemi di esondazione, di infiltrazione delle acque e di valanga.

Problemi analoghi presentano le zone a Est dell'abitato di Valcanale, mentre l'area 3 segnalata tra Babes e Valcanale e' soggetta a caduta massi. Pericoli di esondazione dovuti a uno scarso dimensionamento delle strutture in alveo interessano la zona di Babes adiacente alla omonima valletta.

Altre zone in classe 3, di una certa importanza perche' riguardano la sicurezza degli utenti degli impianti sciistici dell'alta Valcanale sono: una parte del piazzale dell'albergo Sempreneve che rappresenta lo sbocco di un canale di valanga, la zona della Baita di Valghetto Bassa, la zona a Est di Baita Piazza di Mezzo interessata da infiltrazioni d'acqua e la zona a Sud di Baita di Piazza di Mezzo prospiciente un'area di accumulo di valanghe.

Per i terreni compresi nella classe 3 e' ipotizzabile una edificazione di basso impatto geologico: la maggiore acclivita' dei terreni richiede la scelta di edificazioni piu' aderenti al profilo stesso del pendio, con la minimizzazione degli scavi, per non alterarne le condizioni statiche.

Nelle zone di rispetto e protezione delle sorgenti e' ipotizzabile una edificazione a basso impatto geoambientale: scavi poco profondi, realizzazione di sistemi fognari speciali, divieto di svolgere attivita' agrozootecniche, industriali, artigianali e di quant'altro previsto dalla legge (D.P.R. 236/88).

- aree di fattibilita' con gravi limitazioni (4): si tratta di aree con eccessiva acclivita' del pendio, presenza di rocce franose con stacco di blocchi, zone di pertinenza dei corpi idrici e loro fasce di esondazione, aree di tutela assoluta delle sorgenti o dei bacini dell'acqua potabile, canali e coni di valanga.

Data la prevalenza dell'ambiente montano, tali aree costituiscono la maggior parte del territorio di Ardesio. In alcuni casi si tratta di zone gia' edificate, come ad esempio a Sud della Piazza, a Ludrigno, Bani, Grini e Valcanale, ma nella maggior parte dei casi sono aree disabitate o con insediamenti di tipo stagionale (alpeggi).

Le aree di tutela assoluta delle sorgenti sono state rappresentate in carta con cerchi di raggio 10 m: in base alla normativa specifica

sono da recintare e impermeabilizzare; in esse devono essere escluse edificazioni e attività di qualsiasi tipo. In carta sono evidenziate esclusivamente nella zona della Valle (vicino a Piazzolo), in quanto nei restanti casi risultano già comprese in aree di classe 4 più vaste.

Per tutti i terreni compresi in questa categoria è da escludere qualsiasi nuova edificazione; sono ammissibili interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente limitati a manutenzioni ordinarie e straordinarie, restauri conservativi e adeguamenti igienici, senza incremento del numero di abitazioni (art. 31, punti a, b, c, d, legge 457/1978).

È altresì ammissibile a determinate condizioni il passaggio di infrastrutture viarie, reti tecnologiche, fabbricati tecnici, la realizzazione di opere di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza dei siti, coltivazioni minerarie, previ appositi studi geologici e progettazioni.

Può essere prevista l'attivazione di sistemi di monitoraggio geologico in corrispondenza delle situazioni più gravi di instabilità degli ammassi rocciosi o di quelli nevosi.

La cura dei boschi è un aspetto non trascurabile nella prevenzione del degrado del territorio, soprattutto quando il bosco stesso tende a sovraccaricare terreni su pendii ad alta inclinazione (bosco a NE di Cerete, a Piazzolo, a Ronchi, a Balatroni, a Valcanale).

5. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE E RICHIAMI NORMATIVI

Dallo studio eseguito emerge che il territorio del Comune di Ardesio, nonostante si sviluppi in un ambito prettamente montano, presenta ancora notevoli potenzialità di espansione urbanistica, concentrate prevalentemente nei fondovalle seriano e della Valcanale.

Per questo motivo questi terreni sono stati più attentamente esaminati e dettagliatamente cartografati (scala 1:2000).

Se i fondovalle costituiscono l'ambito di sviluppo degli insediamenti abitativi e industriale-artigianali, i versanti sovrastanti sono fonte di risorse per il territorio: risorse idriche, forestali e non ultimo, turistico paesaggistiche. Nello stesso tempo dai versanti derivano i principali problemi per gli insediamenti sottostanti: caduta di massi e valanghe, frane, infiltrazione delle acque che alimentano le sorgenti.

Nel complesso il territorio ardesiano presenta un buon livello di preservazione di suoi caratteri naturali, va tuttavia segnalata la

presenza di situazioni di degrado geologicamente significative, alcune delle quali localizzate (scavi per canalizzazioni idroelettriche, strade, cave, piste da sci), altre piu' minute ma piu' diffuse (costruzioni e scarichi abusivi).

I corpi idrici superficiali sono attualmente sfruttati al limite delle loro potenzialita' per quanto concerne la produzione di energia idroelettrica, mentre le sorgenti di acque potabili presentano ancora margini di utilizzo.

Questo studio conferma anche per il territorio di Ardesio una costante dei territori montani che, pur ricchi di sorgenti, presentano acquiferi molto limitati e sensibili alla ormai cronica mancanza di accumulo nivale nelle stagioni invernali. Per contro si riscontra la presenza di captazioni vetuste e inadeguate e di acquedotti molto frazionati e carenti, cui consegue un forte sperpero della risorsa idrica.

La tipologia degli acquiferi montani, e di Ardesio in dettaglio, si caratterizza per la estrema vulnerabilita' nei confronti degli inquinanti, particolarmente di tipo batteriologico. A questa situazione naturale per lo piu' non corrisponde ancora un rispetto e una congruente azione di gestione del territorio, che le mutate esigenze in fatto di qualita' della vita e di attenzione per la salute richiedono invece con urgenza.

Occorre prendere coscienza del fatto che il notevole carico antropico presente sul territorio e addirittura un suo prevedibile sviluppo rendono incompatibili, almeno in parte, certe attivita' e certi comportamenti ritenuti tradizionali e consolidati e che, d'altro canto, gli acquiferi montani sono spesso molto delicati: interventi poco oculati possono comprometterne il loro utilizzo per lunghi periodi di tempo, quando non per sempre.

La ristrettezza degli ambiti montani in rapporto allo sviluppo delle attivita' antropiche, in particolare degli insediamenti urbani, rende molto sensibile anche per Ardesio il problema dello smaltimento dei rifiuti, anche degli stessi inerti. Problema che occorre risolvere innanzitutto attraverso un maggiore senso civico e una piu' consapevole e radicata cultura del territorio, ma anche predisponendo per tempo siti e servizi adatti alle esigenze.

Ad Ardesio, contrariamente ad altri comuni vicini, esistono le possibilita' fisiche e gli spazi geologicamente e logisticamente adeguati per risolvere questi problemi: occorre tenerne conto in sede di pianificazione e di gestione e, d'altra parte, a oltre un decennio dalla sua prima stesura, occorre agire per un rapido adeguamento della normativa regionale e dell'azione provinciale quanto meno in tema di discariche di inerti.

Qui di seguito si fa un elenco dei principali riferimenti normativi in materia geologico tecnica ed ambientale cui occorre fare riferimento nella programmazione e nella gestione territoriale:

- R.R. 09.01.1982 n.2 e n.3; L.R. 13.12.1983 n.94; L.R. 14.12.1983 n. 99; L.R. 10.09.1984 n.54: contengono le norme per lo smaltimento e lo stoccaggio dei rifiuti, la realizzazione e gestione delle discariche. Queste norme sono integrate e specificate con la Circolare regionale n 973 del 15.01.1986 e con la Deliberazione della Giunta Regionale del 02.05.1991 n.5/8462.

- Legge 523/1904: nell'art. 96 prevede una distanza di 10 m dai corsi d'acqua entro la quale e' interdetta l'edificazione di manufatti.

- Legge 431/85: individua le zone da sottoporre a vincolo e a salvaguardia ambientale, tra le quali sono comprese le fasce adiacenti ai fiumi per una distanza di 150 m dalle sponde. Anche questa legge prevede la redazione di Piani Paesistici.

- Legge Regionale 33/88: disciplina delle zone del territorio regionale a rischio geologico e sismico. Prevede la stesura da parte delle Provincie di un Piano funzionale che definisce le zone da assoggettare a vincolo idrogeologico e le zone soggette a rischio geologico, nonche' i criteri metodologici per la formazione degli strumenti urbanistici in tali aree. Per la provincia di Bergamo tali Piani sono attualmente in fase di compilazione.

- D.P.R. 236/88: definisce le zone di salvaguardia delle risorse idriche destinate al consumo umano e definisce le modalita' di intervento antropico consentito nelle stesse.

- D.M. 11.03.1988: contiene dettagliate norme tecniche per la stabilita' dei terreni, delle scarpate e per la progettazione delle opere di sostegno e di fondazione. Le istruzioni applicative sono state emanate con la Circolare Ministeriale n.30483 del 24.09.1988.

- Legge 183/89: prevede la suddivisione del territorio nazionale nei bacini idrografici maggiori, in modo da consentire interventi organici in materia di difesa del suolo e dell'assetto idrogeologico del territorio. Lo strumento di programmazione e' costituito dai Piani di Bacino.

A questa normativa si e' in parte fatto riferimento per la compilazione di alcune carte tematiche. In modo piu' diretto sono state seguite le indicazioni presenti nel documento "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione locale", redatto recentemente dalla Regione Lombardia e che pone le basi per una prossima legislazione regionale in merito all'argomento.

6. BIBLIOGRAFIA

Nel presente lavoro si e' fatto riferimento oltre che ad una bibliografia scientifica ufficiale, per altro di carattere piuttosto generale, poco dettagliata e non specifica per lo scopo del lavoro, ad una serie di lavori di carattere geologico, geotecnico ed idrogeologico gia' eseguiti sul territorio di Ardesio e di Comuni limitrofi, dove lo scrivente opera professionalmente da quasi un ventennio.

Qui di seguito si da' un elenco della bibliografia scientifica consultata:

DE JONG K.A. (1979) - Overthrusts in the Central Bergamasc Alps, Italy - Geol. en Mijnbouw, 58, pp 277-288.

DE SITTER L.U., DE SITTER KOOMANS C.M. (1949) - The Geology of the Bergamasc Alps, Lombardia, Italy - Leidse Geol. Meded., 14 B, 257 pp.

DOGLIONI C., BOSELLINI A. (1987) - Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps - Geol. Rund., 76, pp 735-754.

GAETANI M., JADOUL F. (1979) - The structures of the Bergamasc Alps - Rend. Acc. Naz. Lincei. Cl. Sc. Mat. Fis. Nat., vol.66, n. 5, pp 411-416, Roma.

GAETANI M., GNACCOLINI M., POLIANI G., GRIGNANI D., GORZA M., MARTELLINI L. (1992) - An anoxic intraplate basin in the Middle Triassic of Lombardy (Southern Alps, Italy): anatomy of a Hydrocarbon source - Riv. It. Pal. Strat., vol 97, n. 3-4, pp 329-354, Milano.

JADOUL F., GNACCOLINI M. (1992) - Sedimentazione ciclica nel Trias lombardo: osservazioni e prospettive - Riv. It. Pal. Strat., vol. 97, n. 3-4, pp 307-328, Milano.

LAUBSCHER H.P. (1985) - Large-scale, thin-skinned thrusting in the Southern Alps: kinematic models - Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 96, pp 710-718, Boulder.

PANIZZA M. (1972) - Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio - Boll. Soc. Geol. It., vol. 91, n. 1, pp 207-237, Roma.

PANIZZA M. (1973) - Proposta di legenda per carte della stabilita' geomorfologica - Boll. Soc. Geol. It., vol. 92, pp 303-306, Roma.

Daniele Ravagnani geologo

con la collaborazione di:

Dott.Geol. Cristina Bigoni
Dott.Geol. Sergio Santambrogio
Dott.Geol. Carlo Toffaloni



Ardesio, 20 agosto 1993.