COMUNE DI BONASSOLA

(PROVINCIA DI LA SPEZIA)

PIANO URBANISTICO COMUNALE

RELAZIONE GEOLOGICA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Arch. Metella Lopresti

RESPONSABILE DI COORDINAMENTO:

Arch. Federica Alcozer

CONSULENTE GEOLOGO:

Geol. PhD Eugenio Poggi

INDICE

1.0 PREMESSA 3

2.0 AMBITO GENERALE DI RIFERIMENTO: il Levante Costiero Spezzino 4

2.1 Principali elementi geologici della riviera di levante 5

2.2 Il Dominio Ligure Interno 7

2.3 Il Dominio Toscano 8

2.4 Principali elementi geomorfologici della riviera di levante 8

3.0 AMBITO PARTICOLARE DI RIFERIMENTO: il Comune di Bonassola 9

3.1 L'assetto geologico comunale 9

3.1.1 Serpentiniti 10
3.1.2 Gabbri 11
3.1.3 Basalti massicci (diabasi) 12
3.1.4 Breccia ofiolitiche (di Framura, Levanto e Bonassola) 13
3.1.5 Diaspri 14
3.1.6 Arenarie della Val d'Aveto 15
3.1.8 Arenarie del Macigno 16

3.2 L'assetto geomorfologico ed idrogeologico comunale 17

3.2.1 Coltri di copertura 20
3.2.2 Depositi alluvionali e di spiaggia 20
3.2.3 Forme e processi gravitativi 21
3.2.4 Forme antropiche 24
3.2.5 Le aree inondabili 24

3.3 La microzonazione sismica comunale 26

4.0 CARTOGRAFIA GEOLOGICA DI BONASSOLA 28

4.1 La Carta Geolitologica 28

4.2 La Carta Geomorfologica 29

4.3 La Carta Idrogeologica 31
4.4 La Zonizzazione Sismica di Bonassola 32
4.5 La Carta delle Criticità Geologiche 33
4.5.1 Le 'Pietre Verdi' *36*
4.6 Le emergenze geologiche di Bonassola 38

1.0 PREMESSA

Per la stesura del presente documento tecnico (Documento per l'applicazione della Legge Urbanistica Regionale 04.09.1997, n°36, con riferimento al Piano Urbanistico Comunale elaborato da Regione e Province quale base di discussione per l'elaborazione del P.U.C.) sono stati presi in considerazione ed in riferimento informazioni per quanto di competenza geologica riportate nella documentazione redatta a supporto di strumenti di pianificazione sovraordinata (anche in corso di formazione) oltre che di studi territoriali a carattere regionale e locale (es. progetto C.A.R.G., I.F.F.I., P.R.G., etc etc) o puntuale (progetti edilizi, etc.) e, non ultima, nella bibliografia geologica scientifica di riferimento per questo settore territoriale della Liguria.

Nel dettaglio, è stata esaminata la seguente documentazione:

- ✓ **Piano di Bacino Stralcio del T. Ghiararo –Ambito 18 –** *(Piano di Bacino stralcio sul Rischio idrogeologico in adempimento a quanto disposto dal decreto legge n°180 del 11/6/1998 convertito con modificazione nella Legge n 267 del 3/8/1998 e costituisce parte del piano di Bacino completo di cui alla Legge n°183 del 18/5/1989 e sue ss.mm.ii.)*;
- ✓ **Bozza del Piano di Bacino dei Torrenti Ghiararo e Cantarana -** *Redatto dalla Regione Liguria nel 1981;*
- ✓ **P.T.C. della Costa**. *Regione Liguria Dipartimento Pianificazione Territoriale e Paesistica*;
- ✓ **Indagini geologiche a corredo del P.R.G.** *Comune di Bonassola (1995);*
- ✓ **Indagini geologiche a corredo del P.U.C.** *Comune di Bonassola (2006);*
- ✓ **Piano di Sviluppo della Comunità Montana Riviera Spezzina**;

- ✓ **Carta Inventario dei fenomeni franosi della Regione Liguria** - *Regione Liguria Dipartimento Ambiente e Territorio;*
- ✓ **Atlante dei Centri instabili della Liguria – Provincia di La Spezia** *(Regione Liguria, 2001);*
- ✓ **Carta delle Aree Storicamente Inondate della Liguria**. *Regione Liguria Dipartimento Ambiente e Territorio;*
- ✓ **Tracciato rete idrica comunale**. *A.C.A.M. La Spezia;*
- ✓ **Foto aeree:** *volo 1954 IGM Firenze; volo 1971 IGM Firenze, volo 1973 Regione Liguria; volo 1984 Regione Liguria; volo 1993 Regione Liguria; volo 1995 Provincia di La Spezia;*
- ✓ **Geologia delle Cinque Terre e dell'Entroterra di Levanto**. *Memorie della Società Geologica Italiana;*
- ✓ **Analisi del rischio idraulico dei torrenti San Giorgio e Rossola a Bonassola**. *ITEC Engineering (2018);*
- ✓ Vari articoli della letteratura geologica specializzata.

2.0 AMBITO GENERALE DI RIFERIMENTO: il Levante Costiero Spezzino

Il territorio di pertinenza del Comune di Bonassola, i cui confini politici coincidono sostanzialmente con gli spartiacque morfologici dei suoi principali corsi d'acqua, si colloca nell'ambito della fascia costiera di levante della provincia di La Spezia, non appartenente al comprensorio delle Cinque Terre analogamente ad altri comuni rivieraschi costieri quali Levanto, Bonassola, Framura e Deiva che vivono sostanzialmente in stretta 'autonomia' e raramente in reciproca relazione comprensoriale anche a causa delle oggettive difficoltose vie di collegamento e connessione principalmente stradale.

La morfologia di questo territorio infatti è stata la principale causa del tradizionale isolamento del comprensorio anche se autostrada e linea ferroviaria hanno in parte ridotto questo fenomeno rispettivamente con gli svincoli viari di Carrodano e Deiva Marina e con le relative stazioni ferroviarie.

Le due principali direttrici di accesso a tali località risultano il Passo del Bracco (613 m s.l.m.m) a nord, attraverso il quale si può giungere in Val Petronio ed in Val Vara, ed il valico

del Soviore nel settore meridionale che porta alla valle del Torrente Vara ed al Golfo di La Spezia. Una serie di ulteriori piccoli valichi di secondaria importanza, che attraversano diagonalmente i rilievi montuosi, collegano i centri di Deiva Marina e Framura con la strada Aurelia attraverso Piazza, quindi i centri di Levanto e Bonassola con Carrodano Inferiore ed infine Monterosso con la Val di Vara.

Per quanto concerne la viabilità interna presente nell'area in esame, i principali collegamenti risultano quelli rappresentati dalla strada litoranea che collega La Spezia con Manarola nonché quella che, attraverso la località Groppo, giunge al paese di Vernazza.

Un ulteriore asse viario piuttosto importante, principalmente per quanto concerne gli aspetti paesaggistici e turistici, risulta quello costiero che collega Monterosso rispettivamente con Levanto, Bonassola, Framura e Deiva Marina.

2.1 Principali elementi geologici della riviera di levante

La genesi dei rilievi montuosi appenninici, analogamente a quelli presenti nel territorio del levante ligure, è connessa principalmente alla complessa e composita evoluzione geologica e paleogeografica nel corso dei milioni di anni, caratterizzata in gran parte dall'apertura e successiva chiusura dell'oceanico giurassico della Tetide ligure-piemontese circa 200 milioni di anni fa, una dorsale oceanica alquanto limitata e racchiusa tra il margine continentale europeo, ad ovest, e la microplacca Adria (africana) a est.

I prodotti derivanti dall'imponente subsidenza del margine continentale adriatico, avvenuta in epoca triassica con la formazione di potenti sedimenti dolomitico-evaporitici e, nel Lias, della piattaforma carbonatica e delle successiva facies calcaree pelagiche, non risultano presenti nell'areale in esame. Le prime sequenze sedimentarie risultano infatti rappresentate dai diaspri silicei e dalle relative successive coperture carbonatico pelitiche (calcari a calpionella e argilliti a palombine) anche sul margine africano.

Gli elementi geologici maggiormente rappresentativi di questa porzione di territorio ligure e dell'evoluzione dell'oceano della Tetide risultano sicuramente le diverse litologie ofiolitiche diffusamente affioranti nelle Liguridi Interne (Bracco – Val Graveglia), unità tettoniche intensamente interessate dai movimenti tettonici orogenetici.

In seguito alla chiusura mesozoica del bacino oceanico, la storia geologica evolutiva dell'Appennino settentrionale e dell'area in esame, si attua con una serie complessa di eventi tettogenetici che si possono semplicemente sintetizzare in due principali fasi strutturali.

La prima importante deformazione corrisponde all'insieme delle "fasi liguri", così dette in quanto si sono espresse nel dominio più interno, caratterizzate da una fase di raccorciamento con relativa formazione di pieghe isoclinali e sovrapposizione di falde, a cui segue un'ulteriore compressione e ripiegamento dei contatti tettonici a cui seguono movimenti cosiddetti di 'retrocarreggiamento'. Queste "fasi liguri" si sono verificate temporalmente prima della sedimentazione del Bacino Terziario Piemontese (BTP) dell'Eocene superiore-Oligocene, la potente serie sedimentaria terrigena trasgressiva delle Langhe, dell'Alto Monferrato e della zona Lemme-Staffora che, però, non interessa la Provincia della Spezia.

La seconda deformazione invece coinvolge le cosiddette "fasi toscane" che comportano, nella strutturazione tettonica del margine apulo, la sovrapposizione delle unità geologiche 'liguridi' (già deformate sulle unità Sub-Liguri) su quelle di pertinenza toscana, con la conseguente deposizione di sedimenti trasgressivi del cosiddetto 'neoautoctono'.

Il motivo morfostrutturale dominante di questo tratto della provincia spezzina è l'allungamento delle dorsali montuose secondo la direzione appenninica ,cioè con vergenza orientale, che di solito corrispondono alla culminazione delle strutture tettoniche positive. Esse si sono originate come sequenza d'anticlinali (e sinclinali) durante le fasi della tettonica compressiva, che hanno portato alla costruzione di un edificio a falde di ricoprimento e poi all'emersione delle terre della primitiva catena appenninica. In tal senso, le massime culminazioni assiali si trovano a sud presso il Golfo della Spezia, dove un alto strutturale ben definito si trova presso Bocca di Magra - Punta Bianca, affiorandovi rocce analoghe a quelle del basamento metamorfico delle Alpi Apuane (fuori provincia).

Il sistema di faglie che caratterizzano questo tratto d'Appennino risultano mediamente orientate secondo due direzioni principali, quella longitudinale o appenninica (NO-SE) e quella trasversale (SO-NE). La prima è propria distintiva delle faglie dirette a carattere distensivo, spesso associate in fasci paralleli che hanno dato origine alla tipica strutturazione a "horst e graben" delle anticlinali e delle sinclinali.

La seconda direzione riguarda lineamenti tettonici trasversali, probabilmente faglie trascorrenti ben visibili nelle foto aeree o da satellite, poco chiare sul terreno, come quella che si

allunga fra il Golfo della Spezia e la Val Secchia, in Emilia, passante per Aulla o quella presente tra Deiva Marina e Levanto attraverso la valle del Torrente Torza.

2.2 Il Dominio Ligure Interno

- ✓ *Ultramafiti*: lherzoliti e, in netto subordine, harzburgiti, duniti e pirosseniti con strutture tettoniche e protogranulari e parzialmente o totalmente serpentinizzate, spesso presenti esclusivamente come relitti strutturali. Il contatto stratigrafico con le relative coperture sedimentarie è sovente marcato da livelli metrici di brecce ofiolitiche (oficalciti come ad esempio la 'Breccia di Levanto'). Ultramafiti fortemente serpentinizzate sono spesso localizzate in corrispondenza dei principali contatti tettonici e lungo le faglie. Le ultramafiti sono attribuibili al Giurassico medio – superiore;
- ✓ *Complesso gabbrico*: Mg - gabbri (troctoliti, gabbro-noriti ed olivingabbri), generalmente con tessitura granulare ed isotropa, spesso pegmatoide e, in corrispondenza di "shear zones" con struttura gneissica occhiadina (flaser gabbro). Il complesso è attribuibile al Giurassico medio – superiore;
- ✓ *Complesso basaltico*: rocce magmatiche oceaniche a struttura granulare da media a molto fine, di colore scuro per lo più verdastro, con microstruttura ofitica (plagioclasio basico più augite, cloritizzati) che si trovano sia con tessitura massiccia che a cuscino (pillows) e, talvolta, brecciati e tettonizzati in corrispondenza di faglie. La formazione è attribuibile al Giurassico superiore;
- ✓ *Diaspri*: alternanza regolare di radiolariti e subordinate ftaniti in strati medi e sottili, alla cui base sono spesso presenti intercalazioni di siltiti ed arenarie ofiolitiche in strati medi e sottili. La formazione è attribuibile al Calloviano medio – superiore – Titoniano;
- ✓ *Calcari a Calpionelle*: alternanza regolare di torbiditi calcaree in strati medi e spessi separati da strati molto sottili di emipelagiti argillitiche. Le torbiditi calcaree sono costituite da calcilutiti talvolta con base calcarenitica. Sono inoltre presenti marne e marne calcaree in strati medi e spessi. La formazione è attribuibile al Berriasiano;
- ✓ *Argille a palombini*: comprendono un'alternanza regolare di torbiditi calcaree in strati medi, costituite da calcilutiti silicee talvolta con base calcarenitica e di emipelagiti in strati medi e

spessi; verso l'alto della formazione compaiono marne e marne calcaree in strati medi e spessi e quarzoareniti in strati sottili. La formazione è attribuibile al Berriasiano - Santoniano.

2.3 Il Dominio Toscano

Di questo grande supergruppo geologico che costituisce sequenze sedimentarie che dal triassico giungono fino al miocene inferiore, nell'area in esame affiora esclusivamente la successione torbiditica sommitale rappresentata dalle arenarie silicoclastiche della formazione del *Macigno*.

2.4 Principali elementi geomorfologici della riviera di levante

Dal punto di vista morfologico, l'area territoriale della riviera di levante è in generale caratterizzata da una serie di piccole valli fluviali fortemente incise tra i rilievi che, in particolare da Punta Mesco fino a Portovenere, vanno a formare un litorale costituito da alte falesie che assumono localmente un aspetto quasi inaccessibile ed a picco sul mare e, solo in prossimità di piccole pianure alluvionali scavate nel tempo dai corsi d'acqua, troviamo piccoli tratti di spiaggia sabbiosa e pianeggiante. Infatti, il mare ed i rilievi montuosi alle spalle risultano i principali elementi morfologici che costituiscono il confine fisico del comprensorio, caratterizzandolo e condizionandolo fortemente per tutta la sua lunghezza ed estensione. In aggiunta, l'estrema vicinanza della linea di costa alla catena montuosa retrostante unita all'altezza delle vette, danno origine nel tratto costiero meridionale, ad un versante ripido e roccioso con una profondità di circa 3/4 chilometri che si innalza dal livello del mare fino a valori altimetrici di 700-800 metri, attraverso una serie di crinali paralleli con versanti con pendenze accentuate, orientati circa in direzione sud-est, che individuano altrettante valli disposte indicativamente lungo la direzione della costa.

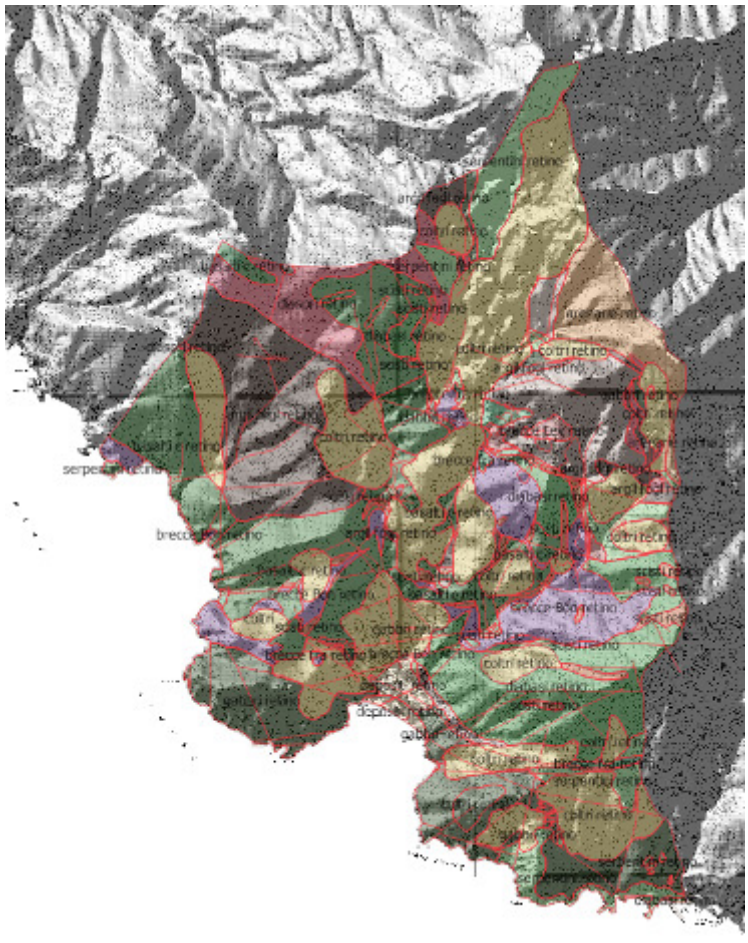
Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici generali, nel settore in esame, i principali corsi d'acqua rappresentati dal Torrente S. Giorgio e dal Torrente Rossola risultano impostati e fortemente condizionati nell'andamento sia dalle caratteristiche geologiche dell'ossatura rocciosa del comparto nonché dalle numerose discontinuità tettoniche presenti. I loro bacini idrografici risultano influenzati dalla morfologia e dall'elevata acclività dei versanti ed essendo alquanto limitati in estensione, sono caratterizzati da tempi di corrivazione piuttosto rapidi.

3.0 AMBITO PARTICOLARE DI RIFERIMENTO: il Comune di Bonassola

3.1 L'assetto geologico comunale

La particolare morfologica del Comune di Bonassola deriva innanzitutto dall'originaria complessità geologica di un territorio che, nonostante risulti alquanto limitato in estensione superficiale (circa 9 km^2), mostra al contrario un'elevata geodiversità litologica dal momento che al suo interno affiorano quasi tutte le principali unità tettoniche dell'Appennino settentrionale. Nel comprensorio comunale, infatti, sono presenti formazioni geologiche appartenenti sia al 'dominio ligure' quali rocce ofiolitiche (serpentiniti, basalti e gabbri) e relative coperture sedimentarie (brecce ofiolitiche, diaspri ed argilliti) dell'antico oceanico giurassico della Tetide Ligure, sia al 'dominio toscano' con la presenza delle arenarie del Macigno.

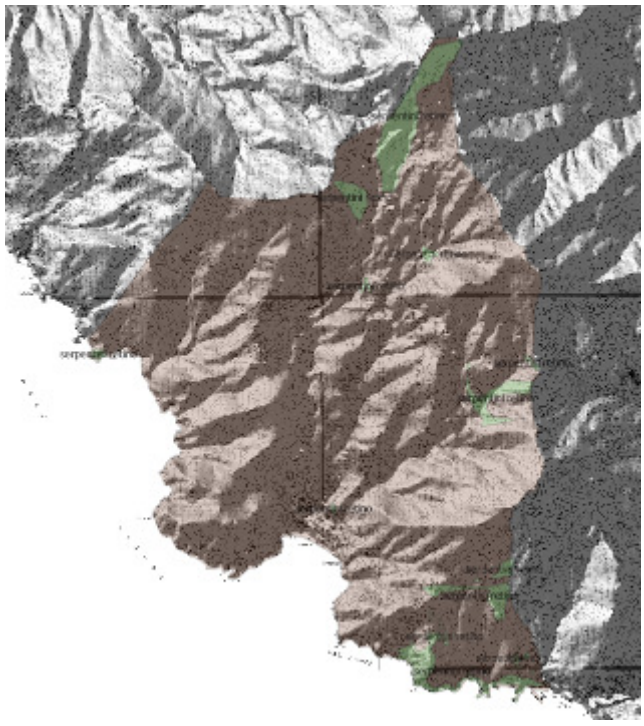
In questo particolare settore, infatti, la catena dell'Appennino settentrionale risulta tettonicamente innalzata con la sovrapposizione tettonica di due grandi "Insiemi" litologico-strutturali, entrambi qui presenti: l'Insieme Toscano-Umbro e l'Insieme Ligure-Emiliano (paleogeograficamente in posizione esterna ed interna rispetto all'avampaese del continente apulo-africano).



Tali considerazioni geologiche e strutturali si tramutano, per contro, anche in un complesso e piuttosto fitto sistema di contatti tettonici e sistemi di faglia che condizionano fortemente sia la morfologia del territorio oltre che la sua idrografia per cui i corsi d'acqua principali e più significativi (Torrente S. Giorgio e Torrente Rossola) risultano impostati e fortemente condizionati proprio su tali discontinuità tettoniche.

3.1.1 Serpentiniti

Si formano dalla trasformazione metamorfica in ambiente idrato (fondale oceanico giurassico della Tetide Ligure) di precedenti rocce mantelliche (peridotiti, pirosseniti, harzburgiti, duniti) e talora ofiolitiche (gabbri, basalti, etc etc) che, in epoca giurassica, furono interessate da intensi processi chimici (olivina + H_2O = serpentino + brucite) che determinarono la più o meno completa trasformazione della paragenesi mineralogica delle litologie primarie nelle varie fasi polimorfiche del serpentino (antigorite, lizardite e crisotilo). Spesso risultano comunque presenti relitti delle rocce originarie.



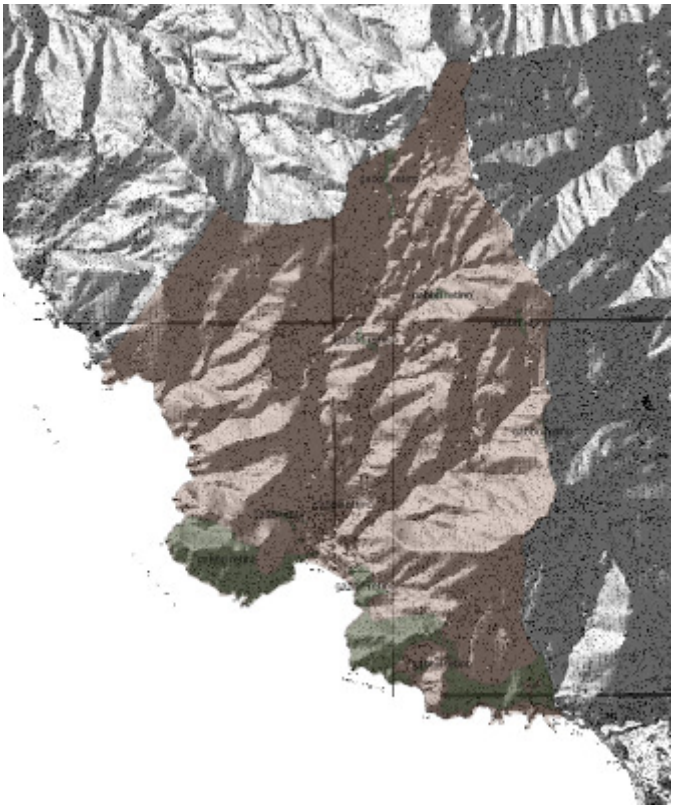
Le serpentiniti sono di colorazione verde che varia dal chiaro allo scuro anche per la presenza di ossidi di ferro (magnetite) fittamente dispersi e mostrano una struttura da massiccia a fortemente scistosa nelle zone maggiormente tettonizzate.

Tale litotipo non risulta molto abbondante all'interno del comprensorio comunale (*Figura a lato*) ed affiora in maniera piuttosto discontinua lungo una direttrice nord-sud che dalla Costa Guaitarola, nei settori occidentali di Costa Colletto e contraddistingue gran parte del tratto costiero e le falesie che dal Monte della Guardia e Punta Gone giungono fino al confine con il Comune di Levanto.

Nel settore più orientale, nella zona subito a ridosso del confine comunale con Levanto si trovano, spesso, a contato con oficalciti e brecce ofiolitiche.

3.1.2 Gabbri

Queste rocce, che affiorano abbondantemente nel Massiccio del Bracco, si sono formate in camere magmatiche presenti in antichi ambienti di dorsale oceanica (Tetide giurassica) e risultano principalmente rappresentate da Mg-gabbri leucocratici ad olivina e clinopirosseno (diallagio) mostrando una grana mineralogica variabile (eufotide se grossolana) ed una colorazione sostanzialmente biancastra con chiazze grigio-verdi ed orizzonti giallo ocracei nei settori maggiormente alterati. In stretta analogia con i basalti, risultano caratterizzati da un debole metamorfismo polifasico retrogrado di ambiente oceanico Ligure.

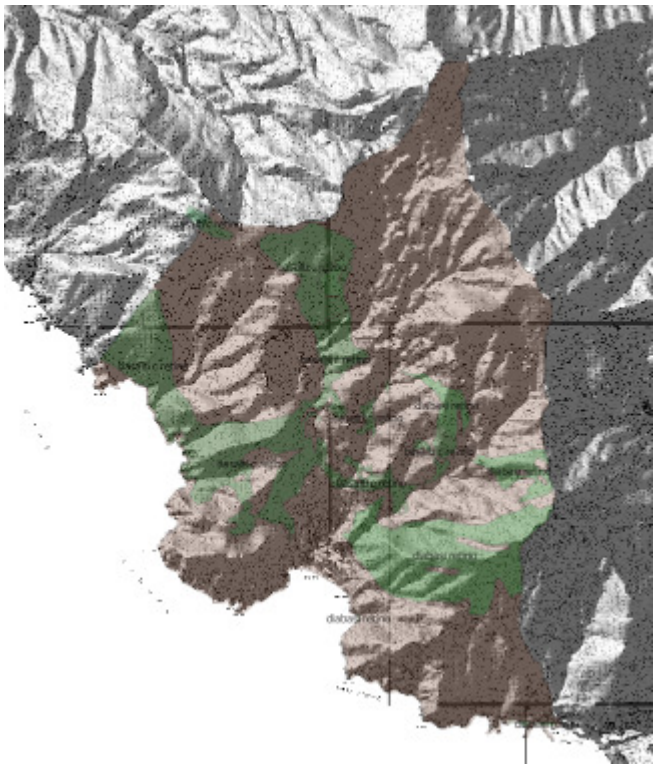


Nell'area in esame, i gabbri affiorano puntualmente (Monte Grumo e Il Poggiolo) nei settori comunali più interni dove si presentano mediamente anche in cattive condizioni di conservazione, spesso fortemente alterati e fratturati. Sono presenti con maggiore continuità lungo le falesie meridionali del Monte Grosso tra Punta del Monte Grosso e Punta della Madonna e tra Punta Levanto e Punta Gone, al confine con Levanto, associate alle serpentiniti (*Figura a lato*).

In questi specifici settori costieri, il gabbro viene continuamente esposto all'erosione degli agenti esogeni (moto ondoso, vento, etc etc) che, smussandolo ed indebolendolo in particolar modo nella zona di battente, determina spesso crolli dalle pareti rocciose.

3.1.3 Basalti massicci (diabasi)

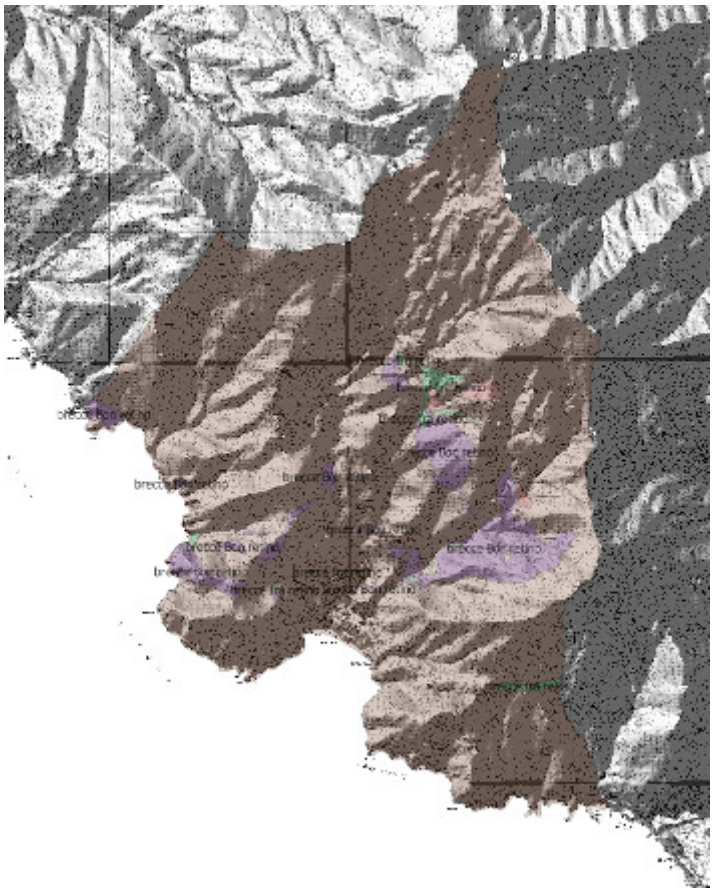
Queste litologie magmatiche a chimismo MORB (tipico delle dorsali oceaniche), conosciute anticamente anche con il nome di '*diabasi*', risultano quasi integralmente rappresentate in questo settore da pillow lavas, ben riconoscibili per la tipica forma 'a cuscino' con un diametro fino al metro, in quanto i litotipi massicci affiorano alquanto raramente nel territorio comunale. Mostrano una tipica colorazione verde con sfumature cromatiche dal marrone ocraceo al rossastro negli orizzonti maggiormente alterati ed ossidati e spesso caratterizzati da aggregati variolitici spesso disposti secondo allineamenti paralleli, molto ricchi in clorite e calcite secondaria. I basalti sono caratterizzati da un debole metamorfismo polifasico retrogrado di ambiente oceanico (Tetide Ligure), analogamente alle altre rocce ofiolitiche a cui risultano associati tettonicamente.



Tali rocce affiorano con buona continuità e direzione circa NW – SE lungo la strada tra le località di S. Giorgio e Costella (Monte Grumo e Poggio delle Gronde), lungo i versanti occidentali del Monte Rossola e caratterizzano gran parte della costa occidentale fino al confine con il Comune di Framura dove danno origine anche ad alcune falesie particolarmente rappresentative e suggestive (*Figura a lato*).

3.1.4 Breccia ofiolitiche (di Framura, Levanto e Bonassola)

Queste particolari rocce sedimentarie, conosciute anche con il nome di Oficalci, sono costituite da clasti eterometrici, mal classati e caotici da angolari a sub angolari di frammenti ofiolitici, serpentinitici prevalenti che risultano immersi in una matrice carbonatica più fine di colore biancastro e variamente rossastra per la presenza di ematite. Tali litologie sono il prodotto della litificazione di antiche frane sottomarine (*debris-flow*) avvenute in epoca giurassica in corrispondenza del fondale oceano della Tetide Ligure e, dal punto di vista tettonico strutturale, costituiscono l'elemento di copertura delle serpentiniti (insieme alla Breccia di Levanto) nonché dei termini gabbrici (insieme con la breccia di Bonassola).



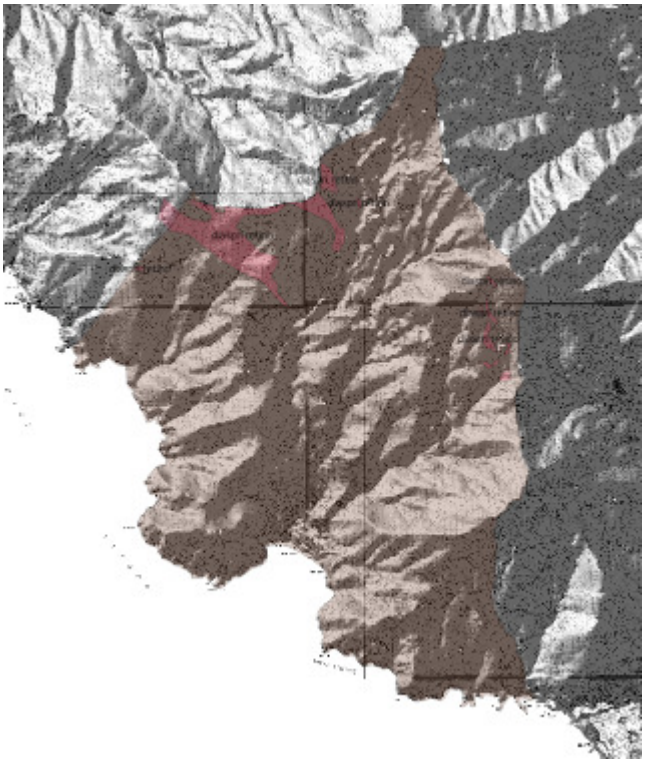
In particolare, la formazione della '*Breccia di Framura*' non risulta molto abbondante nel comprensorio comunale e gli affioramenti più significativi e rappresentativi sono quelli limitrofi alle zone di cava nel settore compreso tra Il Poggiolo ed il Poggio delle Gronde, associata ad un'altra simile litologia sedimentaria quale la '*Breccia di Levanto*'. Rispetto alla precedente, tale roccia, di analoga genesi e formazione oceanica, è costituita prevalentemente da clasti serpentinitici a spigoli vivi e ricementata da diverse generazioni di materiali carbonatici in cui sono presenti sfumature cromatiche in base alla presenza diffusa di inclusi ferriferi di ematite, di talco e calcite spatica. Proprio le particolari caratteristiche e peculiarità ornamentali di questa formazione geologica hanno favorito l'instaurarsi delle attività di estrazione di questo prezioso materiale lapideo.

La '*Breccia di Bonassola*', invece, è costituita da clasti mal classati ed eterometrici anche di composizione basaltica, gabbrica e di materiali lapidei vari (brecce poligeniche) in una matrice biancastra carbonatica composta da frazioni fini che risultano spesso parzialmente cloritizzate per alterazione secondaria. Da un punto di vista strutturale, le brecce ofiolitiche di Bonassola sono poste al tetto sia di quelle di Framura sia come copertura dei basalti con i quali, in alcuni settori, risultano intercalati ed interdigitati.

Quest'ultime oficalci risultano le litologie maggiormente diffuse sul territorio comunale (colore viola in *Figura pagina precedente*) e gli affioramenti più significativi e continui compaiono lungo il versanti occidentali del Poggio delle Gronde e del Monte Rossola; caratterizzano altresì una buona parte della strada statatale n° 332 per Levanto.

3.1.5 Diaspri

Sono rocce sedimentarie silicee formatesi lungo gli antichi fondali oceanici dell'oceano giurassico della Tetide costituite da alternanze regolari centimetriche e millimetriche di selce rossa (gusci e frammenti di radiolari ematitizati e manganesiferi) con lutiti e scisti pelitici silicei.

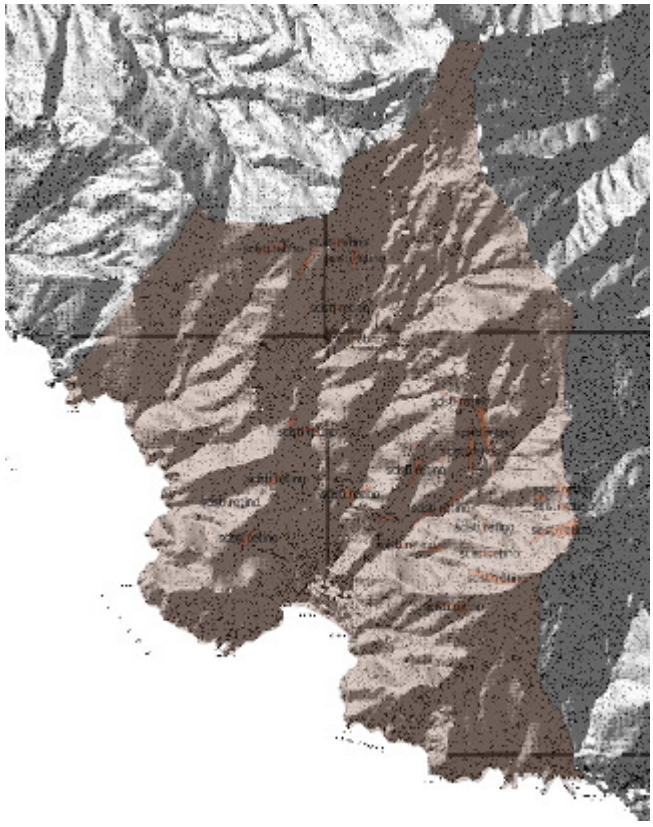


Da un punto di vista tettonico strutturale, tali litotipi sono generalmente associati ed a contatto con la formazione della Breccia di Bonassola e con i basalti, anche se sono talvolta osservabili come livelli più sottili che, secondo la passata nomenclatura scientifica adottata (Cortesogno), risultano anche indicati con il nome di '*Scisti silicei*'. Tali particolari litotipi sono in genere formati da materiali silicei di tipo diasprino, arenarie, brecce ofiolitiche, sedimenti argilloso-silicei scistosi e 'tufiti'.

Nonostante risultino rocce ampiamente diffuse in questi settori orientali della Liguria, all'interno del territorio comunale di Bonassola risultano alquanto poco rappresentate ed i limitati affioramenti presenti possono essere rinvenuti lungo i versanti orientali del Monte Grumo al contatto con serpentiniti e basalti. Altri affioramenti più delimitati sono presenti in località Costa Colletto (*Figura pagina precedente*).

3.1.6 Arenarie della Val d'Aveto

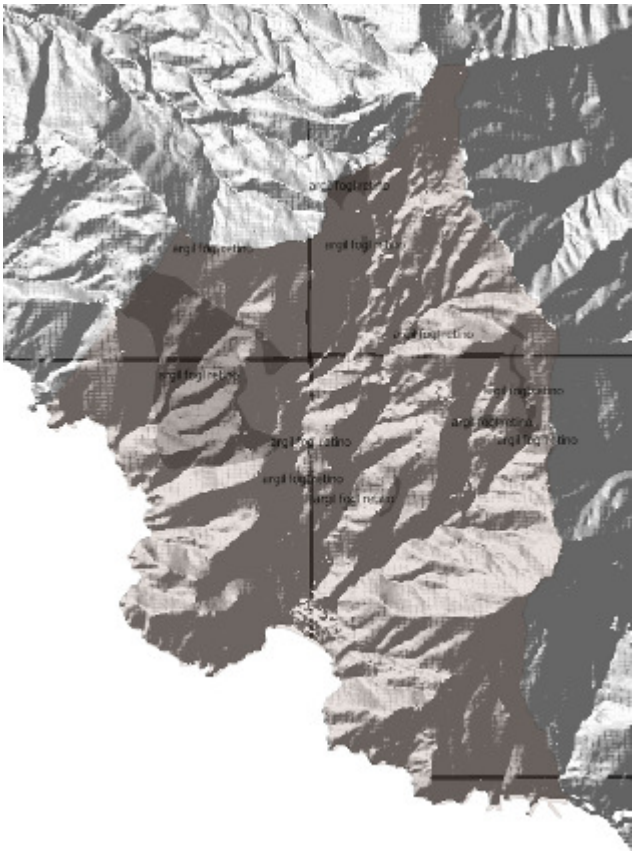
Questi litotipi appartengono strutturalmente al Dominio subligure ed in particolare alla formazione strutturale della 'Val d'Aveto' che è stata attribuita, in base al contenuto fossile rinvenuto (nanofossili calcarei), all'oligocene inferiore. Sono costituiti prevalentemente da due distinte sequenze sedimentarie rappresentate da un orizzonte marnoso argillitico sopra il quale è presente quello a composizione arenitico argilloso. In generale sono caratterizzate da un'alternanza torbiditica abbastanza ritmica di marnosiltiti e argilliti con arenarie fini e siltiti composte da una matrice essenzialmente fillosilicatica i cui spazi intergranulari sono altresì riempiti da calcite spatica.



All'interno del comprensorio comunale di Bonassola sono presenti in maniera piuttosto puntuale, con affioramenti alquanto ridotti e frammentari, spesso anche intensamente tettonizzati ed alterati dall'azione erosiva degli agenti atmosferici (*Figura a lato*).

*3.1.7 **Argilliti e calcari micritici***

Le argilliti costituiscono le litologie più fini delle coperture sedimentarie delle sequenze oceaniche della Tetide e sono in generale rappresentate da alternanze di argilliti, siltiti marnose e calcari micritici di colore grigio scuro (tipo 'palombino'), marcatamente strutturate e spesso fortemente tettonizzate dalla complessa evoluzione geologica nel corso dei milioni di anni.



Dal punto di vista strutturale, nell'areale in esame, sono ubicate al tetto dei diaspri in quanto in questo settore del Massiccio del Bracco non sono presenti i calcari a calpionelle che, al contrario, affiorano con buona continuità in altri settori limitrofi (Val Graveglia) con in quali mostrano spesso contatti piuttosto sfumati e graduali.

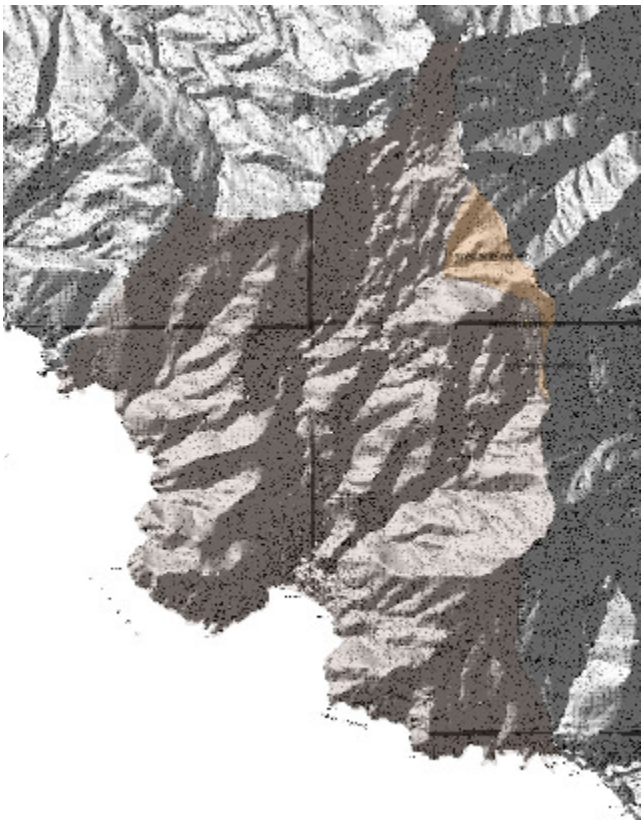
Nel territorio comunale, gli affioramenti maggiormente significativi e continui sono presenti lungo i versanti meridionali del Monte Grumo in corrispondenza degli abitati di Montaretto e Reggimonti e risultano anche visibili in molti spaccati stradali della strada provinciale n° 43 che, dal bivio per Framura, conduce fino a Reggimonti (*Figura a lato*).

3.1.8 Arenarie del Macigno

Queste rocce sedimentarie rappresentano le uniche litologie del territorio comunale che appartengono dal punto di vista tettonico strutturale al Domino Toscano. Si tratta di arenarie silicoclastiche a composizione feldspatica con una granulometria variabile da media a grossolana in facies torbiditica che risultano alternate ed interdigitate a siltiti ed argilliti

emipelagiche. I principali componenti litici sono rappresentati da gneiss, graniti, calcari e quarziti, spesso alternati a livelli maggiormente pelitici. La matrice interstiziale mostra in genere una composizione fillosilicatica (miche e clorite) ed il cemento calcitico, ove presente, è in genere assai scarso ed alquanto contenuto.

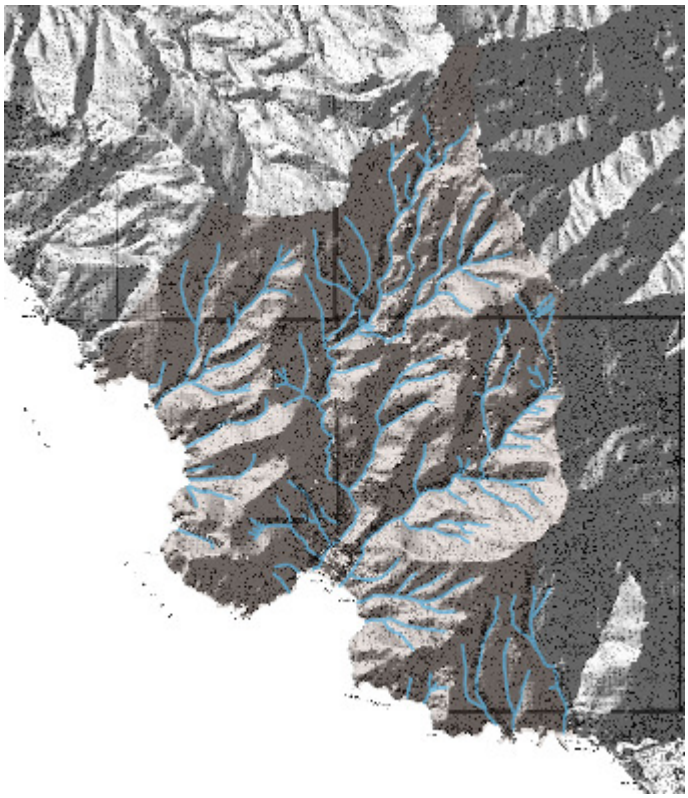
Come si può osservare nella *Figura a lato*, le arenarie affiorano esclusivamente nel settore nord-orientale del territorio comunale in località Vaggie alle pendici sud occidentali del Monte Arze sud. In questo specifico settore, sono costituite da tre facies sedimentarie distinte: la prima mostra una composizione più grossolana ('conglomeratica') con clasti eterometrici, poligenici piuttosto arrotondati; la seconda è costituita da sottili alternanze ritmiche di arenarie a grana fine e da livelli argillosi; l'ultima facies presenta invece arenarie a grana media che sfumano progressivamente verso l'alto in siltiti e poi in marne.



3.2 L'assetto geomorfologico ed idrogeologico comunale

La morfologia del territorio di Bonassola mostra indicativamente una forma a triangolo irregolare con sviluppo circa NE – SW, intensamente caratterizzata e condizionata dalla complessità geologica del paesaggio nonché dalla sua composita evoluzione tettonica che si è progressivamente configurata nel corso dei milioni di anni. I grandi tratti della morfologia sono appunto delineati dalle strutture plicative e dalle strutture estensionali, che, pur alternandosi da ovest ad est, mantengono sostanzialmente un andamento nord-ovest sud-est, ma poi sono naturalmente stati elaborati dagli agenti morfoclimatici.

Il 'triangolo' morfologico del comprensorio territoriale comunale è delimitato inferiormente dalla linea costiera che si estende indicativamente da Punta dei Marmi (ad ovest) fino a Punta Gone (ad est) e da cui si dipartono rispettivamente le dorsali di ponente e di levante del Monte Guaitarola ad una quota di circa 750m s.l.m.m. in meno di 4 km di estensione lineare (*Figura a lato*).



In tale configurazione, si inseriscono ulteriori due crinali di minore importanza Monte Colletto (627m s.l.m.m.) ed il Monte Grumo (684m s.l.m.m.) che delimitano gli spartiacque dei due principali e significativi bacini imbriferi comunali, rappresentati dal Torrente Rossola e dal Torrente San Giorgio che mostrano analogamente un andamento NE – SW molto inciso fino alla linea di costa dove, nel loro tratto terminale, mostrano invece un andamento circa parallelo e subpianeggiante in corrispondenza della piana alluvionale al di sopra della quale sorge proprio l'abitato di Bonassola (*foto 1 e 2 documentazione fotografica allegata*).

Il restante reticolo idrografico è ripartito e distribuito in modo abbastanza omogeneo su tutto il territorio in esame, con numerosi corsi d'acqua e rii di basso ordine gerarchico (aste fluviali che raggiungono al massimo il terzo ordine di Strahler) che si sviluppano lungo i principali lineamenti morfologici e tettonici del comparto che risultano altresì caratterizzati da un'elevata acclività dei versanti che determina tempi di corrivazione piuttosto limitati.

Tutti i corsi d'acqua mostrano un'alimentazione idrica a carattere stagionale che dipende quasi esclusivamente dagli eventi meteorici che insistono sulla zona.

La morfologia della linea di costa risulta mediamente "alta", principalmente in corrispondenza dei settori di ponente (Punta dei Marmi) e levante (Punta Gone) essendo

caratterizzata da ripide falesie rocciose a picco sul mare che raggiungono elevazioni decisamente rilevanti, fino a 350 – 400 metri di dislivello. In tal senso, quasi tutto il tratto costiero è interessato da fenomeni di crollo ed instabilità dei versanti rocciosi anche a causa dell'azione erosiva del mare (*foto 3 e 4 documentazione fotografica allegata*).

Solo in corrispondenza della foce dei Torrenti Rossola e S. Giorgio, presso l'abitato di Bonassola, il litorale risulta pianeggiante con la presenza di una spiaggia sabbiosa, seppur alquanto limitata nell'insenatura fisiografica che caratterizza questa porzione di territorio comunale (*foto 5 documentazione fotografica allegata*).

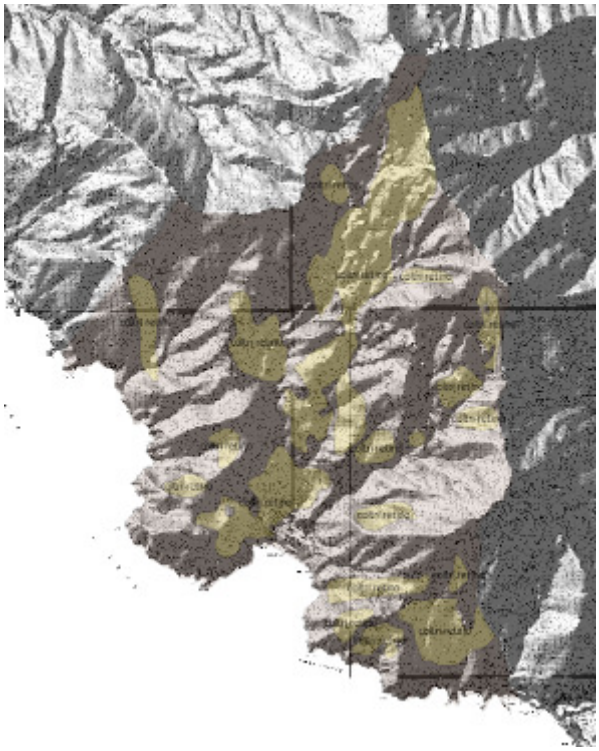
A tal proposito, si riporta integralmente di seguito quanto già riportato nella precedente revisione del piano comunale in relazione all'evoluzione della linea di costa nel tratto di competenza comunale. Si tratta di una carta di ricostruzione storica che, seppur con i limiti dati dalla scala dei documenti disponibili, mostra l'andamento della linea di costa nel tratto sabbioso prospiciente l'abitato di Bonassola alla foce del Torrente S. Giorgio e del Torrente Rossola.

Il periodo descritto va dal 1954 al 1995 con i dati desunti da foto aeree per il 1954, 1971, 1973, 1984, 1993, 1995. E' stata utilizzata come base cartografica il C.T.R. Regionale del 1979 avendo così a disposizione anche i dati sulla linea di costa di quell'anno. Basandosi sullo studio già presente nel Piano di Bacino del T. Ghiararo (Ambito 18), che documentava la variazione della linea di spiaggia nell'ultimo cinquantennio, grazie alle foto aeree del 1954, 1971, 1995, sono state apportate per un maggior dettaglio ulteriori integrazioni basate su foto aeree del 1973,1984 e 1993. Appare evidente come nel 1954 la spiaggia fosse in forte erosione e come, ormai, il moto ondoso avesse disperso i materiali utilizzati per il ripascimento della spiaggia stessa, provenienti dalla costruzione del viadotto ferroviario e della galleria, negli ultimi anni del secolo scorso Il 1971 attesta l'accrescimento del litorale dovuto all'apporto di materiali resisi disponibili in occasione dei lavori per l'escavazione delle gallerie della variante ferroviaria ultimata nel 1969.

Dal confronto tra i documenti del 1973 e del 1979 appare apprezzabile come si sia sviluppata una situazione erosiva piuttosto marcata che è andata aumentando man mano nel 1984, 1993 e 1995 nonostante le opere di protezione costruite (pennelli longitudinali e trasversali, vedi foto aeree).

3.2.1 Coltri di copertura

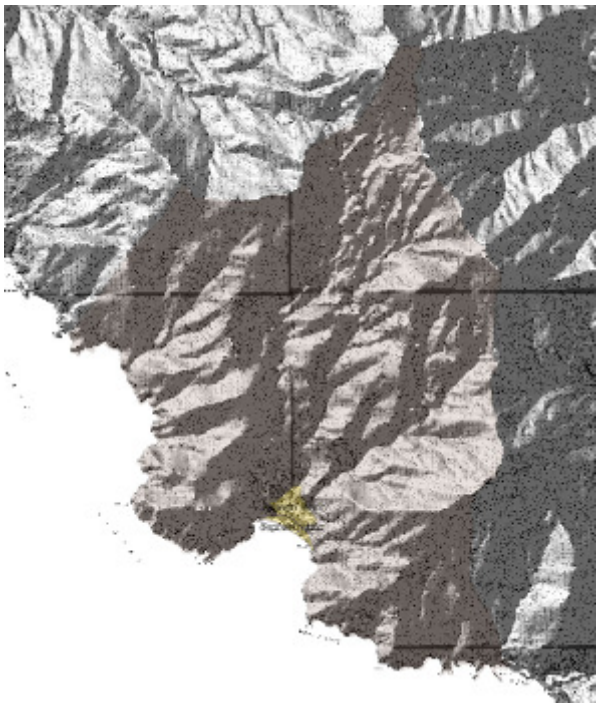
Questa tipologia di terreni sciolti si presentano mediamente eterogenei ed eterogenei, derivando in gran parte dall'alterazione in posto del substrato (*eluvium*) o dalla mobilizzazione detritica del substrato geologico dal quale derivano, comportando conseguente rimaneggiamento per ruscellamento diffuso e gravità (*colluvium*) ed, in tal senso, sono caratterizzati mediamente da clasti meno grossolani ed a spigoli maggiormente arrotondati rispetto ai depositi eluviali, presenti prevalentemente alla base di pareti rocciose, ripidi versanti e falesie costiere con matrice scarsa o assente. I depositi colluviali, al contrario, risultano più frequenti in prossimità di contatti tettonici e/o stratigrafici e nelle zone di fondovalle, in settori caratterizzate da corsi d'acqua dove localmente raggiungono spessori anche alquanto considerevoli e significativi (fino a oltre 3,5 metri) (*Figura a lato*).



3.2.2 Depositi alluvionali e di spiaggia

All'interno di quest'unica categoria 'terrigena', analogamente a quanto già effettuato nella precedente revisione dello strumento urbanistico comunale, sono stati riuniti tutti i depositi incoerenti derivanti da alluvioni antiche e recenti. Questi terreni mostrano in generale una composizione piuttosto variegata e disomogenea dal momento che derivano dal disfacimento delle differenti litologie presenti come substrato roccioso che, come già anticipato ai paragrafi precedenti, risultano tra loro molto diverse (sia di natura ofiolitica sia argillitica o arenacea) in seguito all'elevata geodiversità che caratterizza il territorio di Bonassola. Sono costituiti da depositi prevalentemente grossolano (*foto 6 documentazione fotografica allegata*).

Anche a seguito della particolare morfologia territoriale e dell'elevata acclività dei versanti, affiorano quasi esclusivamente in corrispondenza del fondovalle dei torrenti S. Giorgio e Rossola, ove sorge l'abitato cittadino (*Figura a lato*) e, in tal senso, risultano anche in gran parte ricoperte proprio dalla forte antropizzazione di questi settori costieri.

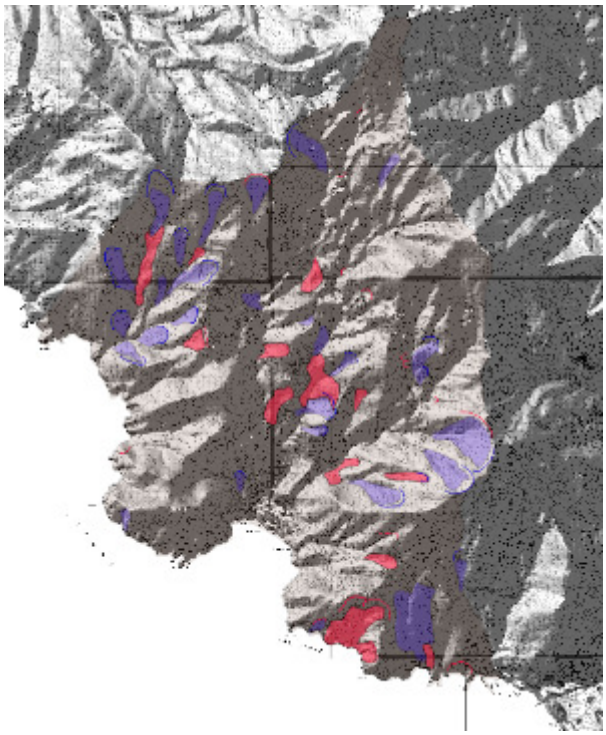


In generale, sono depositi quaternari parzialmente rimaneggiati, costituiti da elementi terrigeni incoerenti mediamente grossolani, rappresentati da ciottoli e ghiaie poco elaborati con sabbie in percentuali minori.

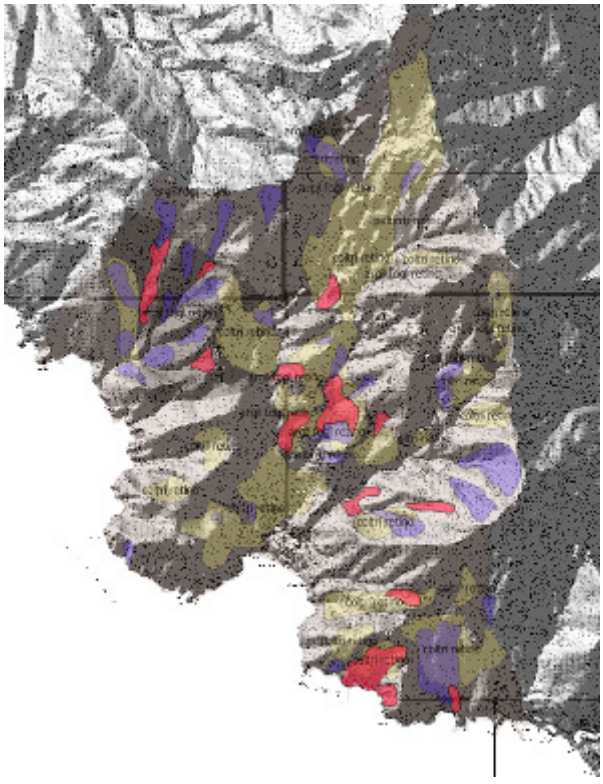
3.2.3 Forme e processi gravitativi

Analogamente a quanto è rilevato in molti altri settori dell'Appennino settentrionale, nonostante la limitata estensione, anche il territorio comunale risulta piuttosto attivo e dinamico per quanto concerne i processi gravitativi di evoluzione e progressivo modellamento dei versanti (*foto 7 documentazione fotografica allegata*). Tali fattori sono determinati sia dall'elevata geodiversità, in particolare nei settori in cui sono presenti litologie più 'deboli' ed alterate, ma principalmente dall'elevata pendenza ed acclività dei pendii che comporta una più rapida ed effettiva dinamicità morfologica di tali processi evolutivi. I dissesti attivi (rosso) e quiescenti (viola) che interessano il comprensorio comunale di Bonassola (*Figura pagina successiva*) possono essere identificati come fenomeni di soliflusso più o meno superficiale che, localmente, possono evolversi in vere e proprie frane di colamento con estensioni anche abbastanza considerevoli come succede ad esempio lungo i versanti laterali del Rio Valle Lame, lungo i pendii occidentali del Monte Poggio delle Grande e del Monte Rossola oppure nei dintorni del Monte la Guardia verso Levanto.

Nel relativo elaborato cartografico sono state riportate tutte le frane già identificate da studi precedenti (Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia, Piano di Bacino dell'Ambito 18, etc etc) nonché dalla consultazione della documentazione comunale presente e da nuovi rilevamenti specifici aggiornati con i quali si sono anche localizzate dissesti di dimensioni non cartografabili alla scala adottata, ma che comunque possono fornire utili indicazioni sulla stabilità generale dell'area in esame.



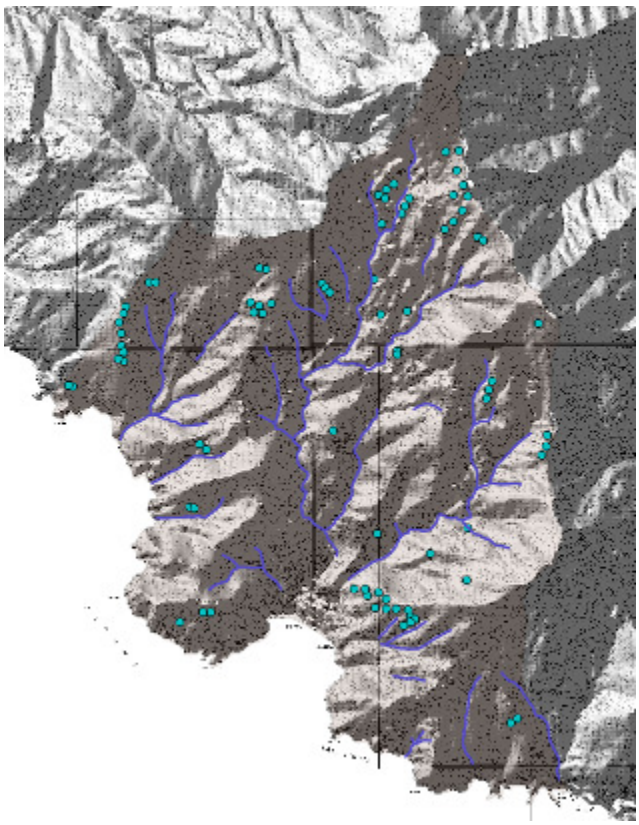
Dal confronto cartografico, si può evincere che quasi la totalità dei principali dissesti attivi e quiescenti presenti all'interno del comprensorio comunale di Bonassola risultano ubicati in corrispondenza delle coltri superficiali (giallo) o nei settori in cui affiorano come substrato roccioso argilliti ed argilloscisti (grigio scuro) (*Figura a lato*), dal momento che tali materiali risultano in genere quelli maggiormente fragili e deboli e pertanto più soggetti a subire fenomeni erosivi significativi. Oltre alle frane di tipo attivo, quiescente e paleofrane parzialmente riattivate, sulla base di quanto rilevato al momento dei sopralluoghi (effettuati tra ottobre 2017 e



gennaio 2018), nel relativo elaborato cartografico sono state altresì riportate altre forme di dissesto secondarie tra cui frane non cartografabili e nicchie di distacco attivi e/o quiescenti, la cui direzione di mobilizzazione risulta in genere coincidente con la linea di massima pendenza del pendio.

Puntuali instabilità morfologiche sono riconducibili anche a tutti i processi erosivi determinati dal ruscellamento superficiale diffuso e/o incanalato delle acque che possono determinare un importante fattore predisponente all'innesco di intensi processi erosivi.

Nel dettaglio, le zone del territorio comunale maggiormente interessate da fenomeni di erosione di fondo risultano pressoché coincidenti con quelle in cui sono presenti i principali corsi d'acqua (linee viola in *Figura a lato*).



I settori in cui è riscontrata un maggiore ruscellamento superficiale diffuso, invece, sono rappresentati prevalentemente dal versante orientale di Cima Vanderecca, delle zone sommitali del Monte Guaitarola ed in corrispondenza della dorsale meridionale del Costone del Rossola, in prossimità del centro abitato di Bonassola.

Come già anticipato nell'inquadramento dell'assetto geomorfologico del comparto in esame, le principali forme costiere risultano per gran parte riferibili a quelle interessate da una costa alta rocciosa e, subordinatamente, a spiagge sabbiose. Di conseguenza, i fenomeni e processi erosivi maggiormente significativi sono legati alla dinamica costiera di cui si è già precedentemente riferito in relazione all'evoluzione della linea di costa nel tratto in oggetto.

3.2.4 Forme antropiche

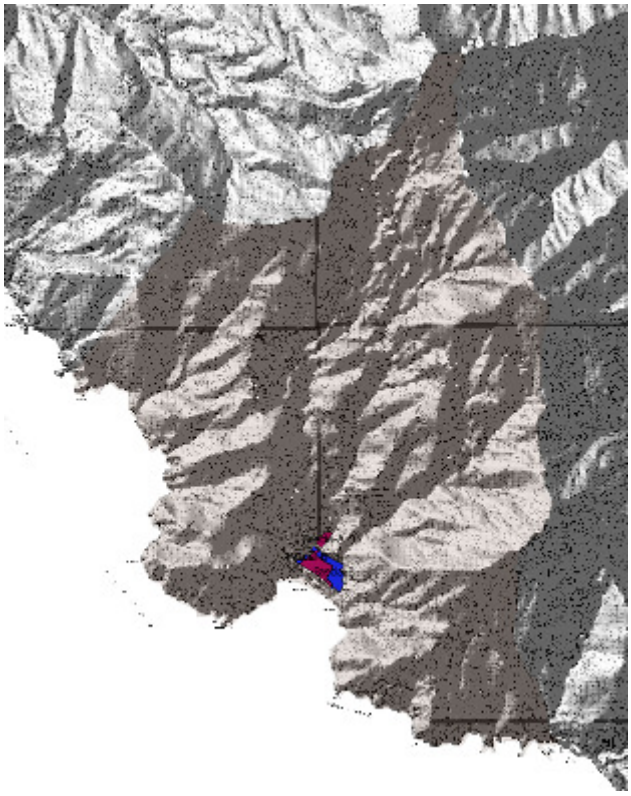
All'interno del territorio comunale, sono presenti numerose forme legate alle attività antropiche che riguardano principalmente cave attive/dismesse per estrazione di materiali lapidei ornamentali, localizzate in località Poggio delle Gronde, e riporti artificiali e rimaneggiati diffusi che costituiscono anche alcuni limitati e locali terrazzamenti (*foto 8 documentazione fotografica allegata*).

Ulteriori forme antropiche sono anche quelle realizzate nel tempo come opere di difesa costiera (opere longitudinali aderenti, opere longitudinali distaccate, opere trasversali, etc etc), costruite in modo da ostacolare e limitare l'intenso processo erosivo determinato dal moto ondoso in prossimità degli arenili.

A completare il quadro delle opere antropiche, oltre all'intensa urbanizzazione del centro abitato in corrispondenza della foce dei torrenti S. Giorgio e Rossola, si segnala anche la parziale modifica morfologica effettuata in prossimità della rete fognaria principale e di emergenza (*foto 9 documentazione fotografica allegata*).

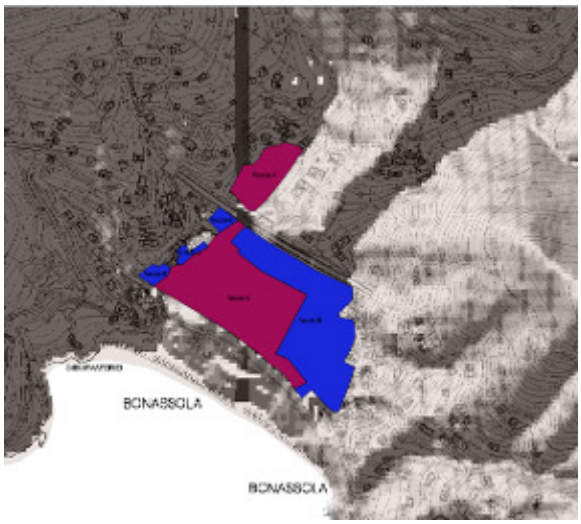
3.2.5 Le aree inondabili

Sulla base di quanto riportato nei precedenti studi (carte delle fasce di inondabilità del piano di bacino di riferimento), le aree inondabili risultano fortemente condizionate dalla particolare morfologia acclive del comprensorio di Bonassola e, pertanto, sono presenti esclusivamente in un limitato settore che coincide con l'unica area subpianeggiante presente all'interno del territorio comunale alla foce dei torrenti S. Giorgio e Rossola ed anche quella in cui sorge gran parte



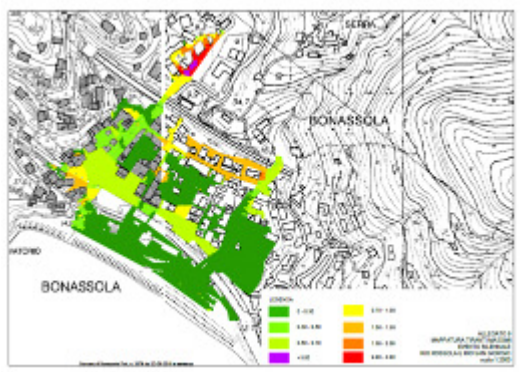
dell'abitato cittadino, a monte della vecchia sede ferroviaria ed in un'area più piccola a monte della nuova sede ferroviaria (*Figura a lato*).

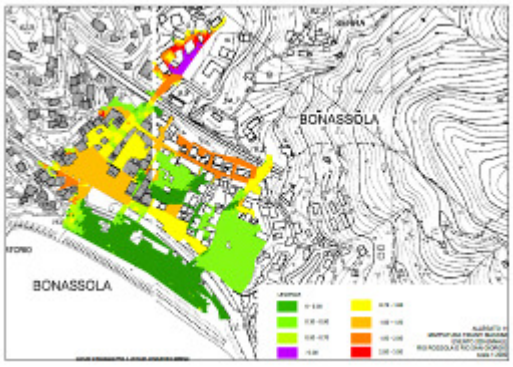
In tal senso, le indicazioni e perimetrazioni di tale tematismo possono avere una forte ricaduta sia nelle scelte propriamente urbanistiche che in quelle socio-economiche e politiche, anche in termini di protezione civile (*foto 10 documentazione fotografica allegata)*.



Una maggiore definizione cartografica, in accordo anche con quanto riportato all'interno del Piano di Bacino di riferimento territoriale, consente di suddividere le aree inondabili di Bonassola in due aree distinte in relazione ai tempi di ritorno dei possibili eventi (Fascia A (rossa) T = 50 anni; Fascia B (blu) T = 200 anni) (*Figura a lato*).

In particolare, recentemente (2018), è stato inoltre predisposto dallo Studio ITEC Engineering uno specifico studio sul rischio idraulico dei torrenti San Giorgio e Rossola che ha portato a definire, in base alle rielaborazioni e modellazioni effettuate, una dettagliata mappatura e zonizzazione planimetrica dei tiranti massimi in relazione ad eventi con tempi di ritorno 50 e 200 anni sia per quanto concerne i possibili scenari delle singole aste fluviali che per quelli eventualmente simultanei, di cui si riportano a lato alcuni stralci non in scala. Per eventuali maggiori informazioni, si rimanda integralmente a quanto riportato nel documento.





3.3 La microzonazione sismica comunale

Le problematiche trattate dagli studi di Microzonazione Sismica (MS) hanno avuto un forte sviluppo a livello scientifico negli ultimi 40 anni, anche se l'importanza delle caratteristiche di resistenza e stabilità dei suoli in prospettiva sismica era emersa già in epoca passata. In particolare, gli studi di MS hanno l'obiettivo di razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione per l'emergenza e per la ricostruzione post sisma.

Nella pianificazione territoriale, in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, gli studi geofisici sono condotti su quelle aree per le quali il quadro normativo consenta o preveda l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la loro potenziale trasformazione a tali fini, o ne preveda l'uso ai fini di protezione civile. Attraverso tali strumenti tecnici è possibile individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone soggette a instabilità, quali frane, rotture della superficie per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno. Questi studi sismici sono di fondamentale importanza nella pianificazione urbanistica al fine di:

- ✓ orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti;
- ✓ definire gli interventi ammissibili in una data area;
- ✓ programmare le indagini ed i livelli di approfondimento;
- ✓ stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate;
- ✓ definire priorità di intervento.

Lo studio di MS, svolto sulla base delle indicazioni riportate negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (*Gruppo di Lavoro MS - ICMS08*), dei criteri e delle linee guida regionali di cui alla D.G.R. n° 1745/2013, alla D.G.R. n° 471/2010 ed alla D.G.R. n° 714/2011, nonché nel rispetto delle specifiche tecniche, standard informatici e tipologia di restituzione grafica definite dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio, è uno strumento conoscitivo dalle diverse potenzialità e con differenti livelli di approfondimento:

- *livello 1*: risulta propedeutico ai veri e propri studi di MS in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee;
- *livello 2*: introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera specifica carta di MS;
- *livello 3*: restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

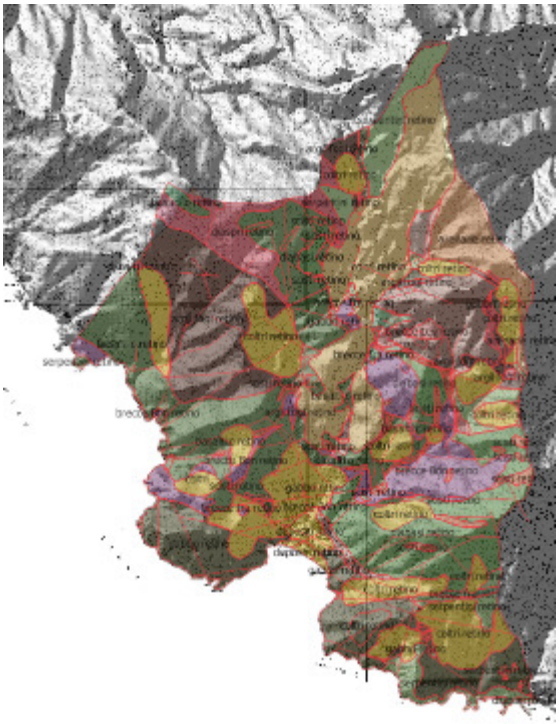
In riferimento a quanto riportato sul sito della Regione Liguria, a seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell' O.p.c.m. n° 3274/03 e in seguito aggiornati con l' O.p.c.m. n° 3519/06, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (D.G.R. n° 530/2003). Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto nazionale di geologia e vulcanologia (INGV) ed allegata alla stessa O.p.c.m. 3519/06 è stata approvata con dgr n. 1308 del 24 ottobre 2008 la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con D.G.R. n° 1362/2010 e con D.G.R. n° 216/2017. Il Comune di Bonassola ricade integralmente in Classe 3 (p.g.a. = 0,15g).

4.0 CARTOGRAFIA GEOLOGICA DI BONASSOLA

4.1 La Carta Geolitologica

La carta geologica risulta uno dei principali e più importanti documenti per la conoscenza del territorio comunale, poiché risulta il tematismo di base fondamentale per tutti gli studi successivi sia di carattere territoriale (carta delle criticità, delle emergenze geologiche, carta del rischio ecc.) che quelli prettamente urbanistici (ad es. carta della suscettività d'uso del territorio). Si tratta quindi di una carta tecnica di analisi che fornisce un quadro geologico insieme sulla natura, struttura e conformazione geolitologica del territorio e del sottosuolo di Bonassola.

Lo studio dell'assetto geologico del territorio comunale ha compreso opportuni e specifici rilevamenti geologici in situ per l'acquisizione e la rielaborazione delle informazioni sulla giacitura strutturale degli strati (direzione, inclinazione, immersione) e dei principali sistemi di fratturazione e scistosità delle rocce individuate, in modo da poter indicativamente confermare ed aggiornare, nel caso, i rapporti geometrici e spaziali tra le varie litologie. Tali studi hanno consentito inoltre di fornire informazioni geologico-strutturali relativamente alle principali discontinuità geologiche presenti nel comprensorio comunale (quali faglie, pieghe, etc etc), elementi importanti anche in termini di valutazioni geomorfologiche (frane), idrogeologiche (rii e torrenti) e sismiche (microzonazione).



La realizzazione della carta geolitologica, restituita con apposite tavole georeferenziate, comprende tutti i contenuti principali indicati dalla Circolare n° 2077 del 27/4/1988 per la redazione degli elaborati geologici a corredo dei P.R.G., integrata dalla presente relazione tecnica in cui, ai capitoli

precedenti, è riportata una dettagliata descrizione delle varie tipologie di rocce presenti nel territorio di Bonassola.

La Carta Geolitologica (*Allegato: Geo 01 – Carta geologica*) riguarda principalmente i seguenti tematismi:

- ✓ tipologia ed assetto strutturale del substrato roccioso;
- ✓ localizzazione delle coltri detritiche di importanza significativa (spessori > 3 metri);
- ✓ presenza e localizzazione dei depositi alluvionali fluviali;
- ✓ presenza di riporti antropici;
- ✓ presenza di depositi marini.

4.2 La Carta Geomorfologica

All'interno della carta geomorfologica sono rappresentate e puntualmente descritte tutte le principali forme geologiche che caratterizzano il territorio ed il paesaggio comunale, nonché i più rilevanti fenomeni e processi naturali ed antropici che possono comportare eventuali interferenze ed interazioni nell'evoluzione e nella corretta pianificazione del territorio.

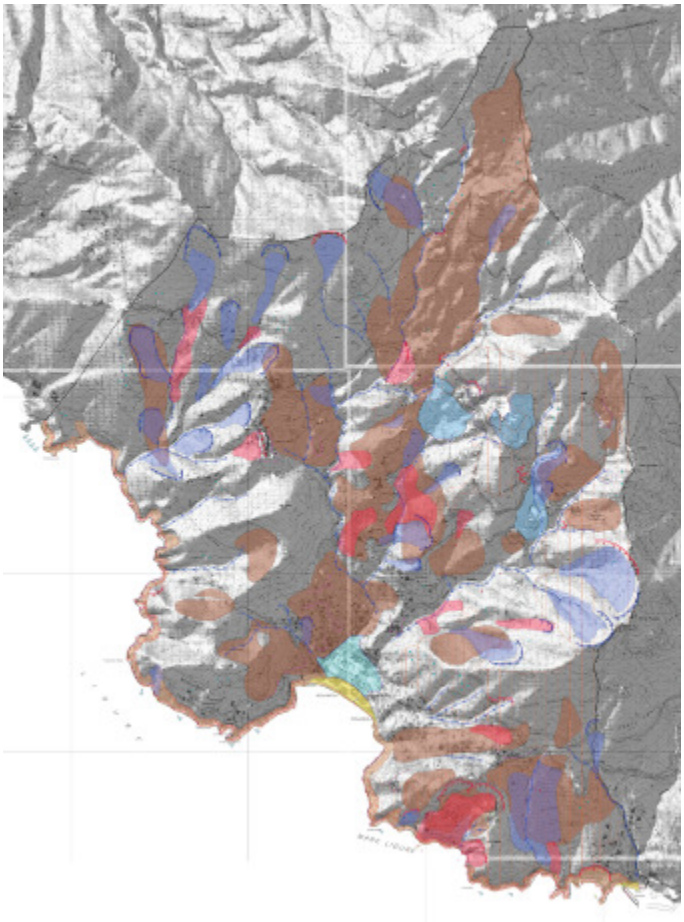
L'individuazione e la definizione dell'assetto geomorfologico del comprensorio comunale di Bonassola ha compreso l'esecuzione di opportuni e specifici rilevamenti in situ per l'acquisizione e la rielaborazione delle relative informazioni di dettaglio. In particolare, è stata rivolta grande attenzione a tutti i processi geomorfologici di versante passati e recenti con particolare riguardo ai fenomeni gravitativi (frane e debris flow) sia superficiali sia profondi anche attraverso l'esecuzione di puntuali rilevamenti geologici in situ per l'acquisizione e la rielaborazione delle informazioni morfologiche. Tutti i dati acquisiti sono stati inoltre opportunamente confrontati con quelli già presenti nella bibliografia ufficiale (P.d.B., P.R.G., Progetto I.F.F.I., etc etc).

La Carta Geomorfologica (*Allegato: Geo 02 – Carta geomorfologica*) riguarda principalmente i seguenti tematismi tecnici:

- ✓ localizzazione e definizione delle coperture detritiche che presentano una potenza ridotta (compresa tra 1 e 3 metri) o superiore ai > 3 metri;

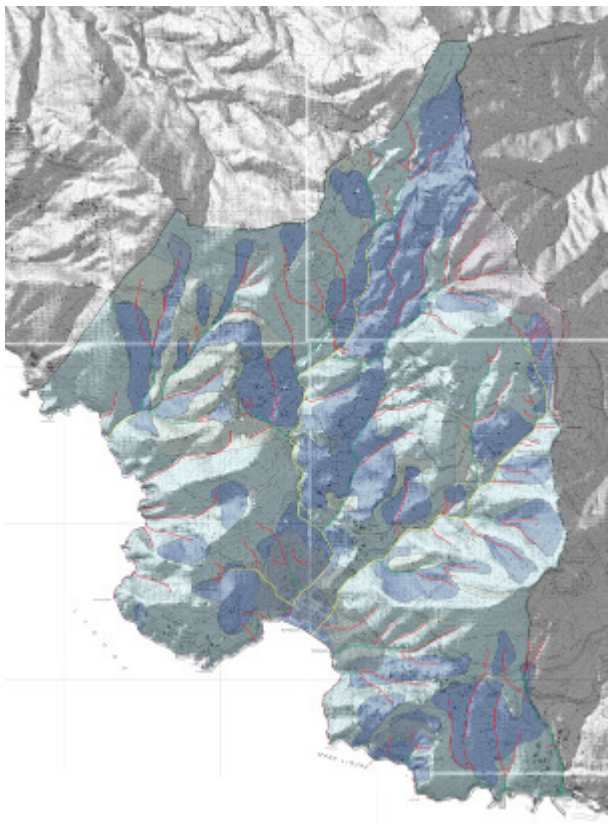
- ✓ individuazione di tutti i principali processi morfologici e delle forme gravitative ed erosive sia lineari che areali ritenute maggiormente significative, oltre che l'identificazione degli elementi antropici indotti nel tempo dall'uomo sull'ambiente (discariche, cave, etc etc) ed ai processi di evoluzione naturale dei versanti (frane, smottamenti, dissesti, aree in erosione etc etc).

Analogamente a quella geolitologica, anche la cartografia geomorfologica è stata predisposta con apposite tavole georeferenziate ed ha mantenuto i contenuti principali indicati dalla Circolare n° 2077 del 27/4/1988 per la redazione degli elaborati geologici a corredo dei P.R.G.. In particolare, l'informatizzazione e la georeferenziazione di tale elaborato tecnico renderà inoltre possibile, nel caso, un periodico aggiornamento ed adeguamento, qualora intervenissero delle variazioni più o meno significative nell'assetto geomorfologico ed idrogeologico del territorio (nuove frane, processi erosivi ecc.). Si cercherà così di raggiungere l'obiettivo di ottenere uno strumento tecnico dinamico sul quale poter programmare anche scelte di riassetto del territorio e di progettazione urbanistica. In aggiunta, mediante l'utilizzo degli indicatori ambientali (percentuale delle aree a rischio di erosione e/o percorse dal fuoco rispetto al totale ecc.) si potrà sempre avere un quadro aggiornato dell'efficacia degli interventi sul territorio e della "sostenibilità" delle scelte di Piano operate dall'Amministrazione Pubblica anche in termini di Protezione Civile.



4.3 La Carta Idrogeologica

La Carta Idrogeologica è un elaborato tecnico finalizzato ad illustrare un modello, seppur in considerazione della scala di lavoro e dell'estensione territoriale comunale, dell'andamento e delle caratteristiche dei corsi d'acqua maggiormente significativi e del comportamento delle acque di ruscellamento superficiale, principalmente in termini di azione erosiva e modellatrice, e di percolazione nel sottosuolo. In tal senso, sono riportate informazioni di tipo qualitativo sulle caratteristiche di porosità e permeabilità dei terreni e delle varie litologie che vanno a comporre l'ossatura geologica del territorio in modo da individuare, in via principale, la tipologia di permeabilità per porosità nei materiali sciolti di copertura e per fratturazione e fessurazione per quanto concerne invece gli ammassi rocciosi. Per quanto riguarda i terreni sciolti, ad esempio, il meccanismo di infiltrazione e circolazione dell'acqua al loro interno risulta un'informazione molto importante nella definizione della suscettività al dissesto dei versanti.



A seguito dei sopralluoghi effettuati, la Carta Idrogeologica (*Allegato: Geo 03 – Carta idrogeologica*) comprende i seguenti tematismi tecnici:

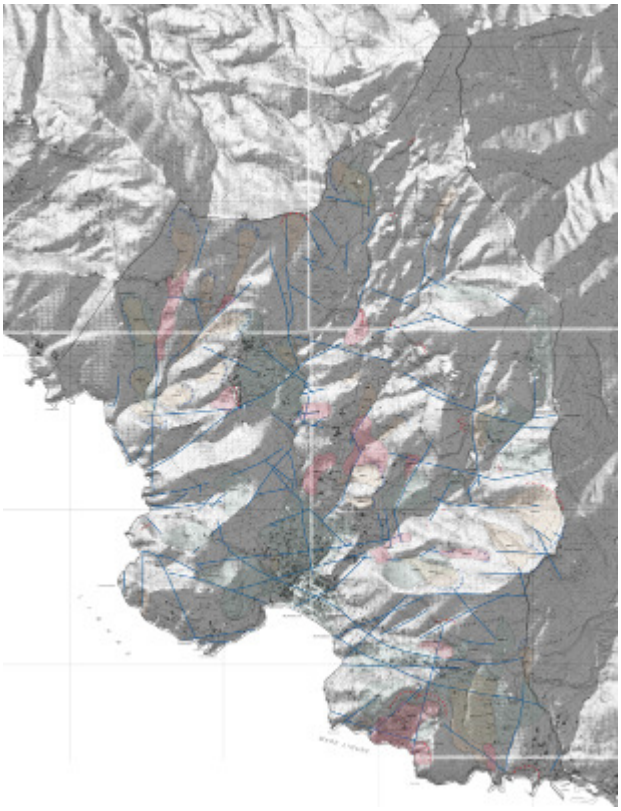
- ✓ individuazione e descrizione dei corsi d'acqua maggiormente significativi a livello comunale con rappresentazione del loro andamento morfologico superficiale;
- ✓ identificazione e zonizzazione del territorio comunale in termini di permeabilità.

All'interno del comprensorio comunale sono ubicati due punti di campionamento degli 'stream sediments' regionali di cui all'Atlante degli acquiferi della Liguria (Marini L. e

Ottonello G. - 2002), rispettivamente ubicati lungo il rio Valle di Lame presso Reggimonti (campione n° *PAS0029*) ed il rio S. Giorgio in loc. C. Marsone (campione n° *PAS0029*).

4.4 La Zonizzazione sismica comunale

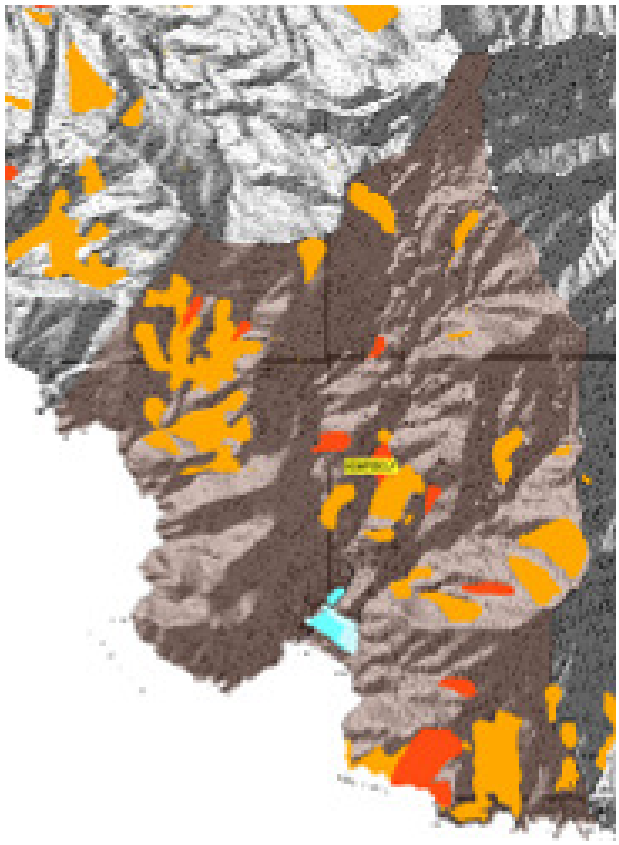
A seguito delle operazioni di raccolta dati ed informazioni, nonché sulla base della normativa vigente tra cui all'articolo 5, comma 7 dell'O.P.C.M. e indicate nel documento "Microzonazione sismica - Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica (versione 4.0, 2014)" e ss.mm.ii., la carta di zonizzazione sismica di Bonassola (*Allegato: Geo 06 – Carta delle microzone omogenee in prospezione sismica*) individua principalmente tre grandi gruppi:



- *Zone stabili*, quelle nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (ovvero zone caratterizzate da litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata);
- *Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica*, quelle in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- *Zone di attenzione per instabilità*, ovvero zone suscettibili di attivazione di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale).

4.5 La Carta delle Criticità geologiche

Con questo specifico tematismo vengono raggruppate le principali problematiche e criticità a carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico che possono interessare il territorio comunale. Tali informazioni risultano in un certo senso riassunte e sintetizzate in un'unica tavola in modo da ottenere uno strumento cartografico di più rapida e semplice consultazione sia in termini di pianificazione urbanistica sia di protezione civile. A tal proposito, si segnala già la presenza di alcuni pannelli informativi posizionati dalla Pubblica Amministrazione in termine di protezione civile e che riguardano criticità geologiche ed idrogeologiche di alcuni settori del comprensorio cittadino come, ad esempio, quello ubicato in prossimità del centro abitato presso Via C. Colombo di cui alla fotografia sottostante.



In riferimento alla Carta delle Criticità ad Uso di Protezione Civile della Regione Liguria (di cui alla D.G.R. n° 746/2007), in cui sono riportati strati informativi forniti da diversi uffici regionali ed utilizzati dalla Protezione Civile per segnalare ai Comuni le situazioni note di potenziale rischio tra cui "fasce inondabili" ed "aree a pericolosità di frana", il territorio di Bonassola è caratterizzato da diversi settori a criticità elevata (arancioni) e molto elevata (rossi), nonché soggetti a possibili esondazioni ed allagamenti (azzurre) (*Figura a lato*), quest'ultime già opportunamente segnalate come sopra riportato.

In stretta analogia a quanto precedentemente effettuato ed in linea con le indicazioni tecniche regionali, le prevalenti criticità geologiche del Comune di Bonassola sono state così suddivise nei seguenti gruppi:

- **Criticità a prevalente componente geomorfologica:**
  - *Frane attive e/o paleofrane parzialmente riattivate*
  - *Frane quiescenti e/o paleofrane*
  - *Frane non cartografabili*
  - *Cigli di distacco attivi*
  - *Cigli di distacco quiescenti*
  - *Direzione del processo erosivo costiero*
  - *Costa alta rocciosa instabile*
- **Criticità a prevalente componente idrogeologica:**
  - *Erosione concentrata di fondo*
  - *Ruscellamento areale diffuso moderato*
  - *Aree interessate da intensi fenomeni erosivi (areali e concentrati) a carico delle coltri di copertura*
  - *Aree percorse dal fuoco, con scarsa copertura vegetale, caratterizzate da un'elevata propensione all'innesco di fenomeni erosivi diffusi*
  - *Aree di alveo attuale*
  - *Aree inondabili con tempo di ritorno T = 50 anni e T = 200 anni*
- **Criticità a prevalente componente antropica:**
  - *Cave: attive/dismesse/sotterranee attive*
  - *Riporti artificiali, discariche, depositi vari rimaneggiati*
  - *Miniera dismessa*

Tutti i tematismi, controllati e verificati anche attraverso puntuali sopralluoghi in situ, sono stati quindi raccolti e riassunti in una cartografia specifica. Si è proceduto a suddividere le varie criticità geologiche in funzione dell'ambito principale di appartenenza (*Geologico e Geomeccanico, Geomorfologico, Idrogeologico e Idraulico*), secondo lo schema riportato nella sottostante figura. Appare evidente, ad ogni modo, come un

elemento di criticità possa derivare dalla concomitante presenza di diversi fattori geologici predisponenti (acclività, qualità geomeccaniche scadenti del substrato roccioso, interferenze antropiche ecc.) ed influenzare pertanto diversi ambiti specifici (geologico, geomorfologico, idrogeologico, etc etc).

La rielaborazione ed integrazione delle diverse informazioni geologiche, ha consentito di ottenere quindi una suddivisione territoriale delle criticità in vari ambiti e secondo lo schema riportato nella *Figura a lato*. A ciascuna tipologia di elementi è stata inoltre assegnata una valutazione qualitativa sul grado di criticità riscontrato in funzione di specifiche valutazioni in merito a compromissione ambientale, tipologia e "peso economico" delle opere necessarie per una risoluzione e/o attenuazione della problematica e limitazioni indotte alle scelte urbanistiche.

AMBITO PREVALENTE	CRITICITÀ
GEOLOGICO E GEOMECCANICO	Substrato roccioso affiorante o subaffiorante in scadenti condizioni di conservazione, fratturato e/o alterato con ricorrente variabilità giaciturale.

AMBITO PREVALENTE	CRITICITÀ
GEOMORFOLOGICO	Frane attive e quiescenti, paleofrane. Pareti rocciose con cigli di distacco attivi e quiescenti. Frane non cartografabili. Aree ad elevata suscettività al dissesto così come perimetrate nel Piano di bacino Ambiti 12 e 13 Area 3 Arenzano. Cave dismesse. Grandi riporti antropici

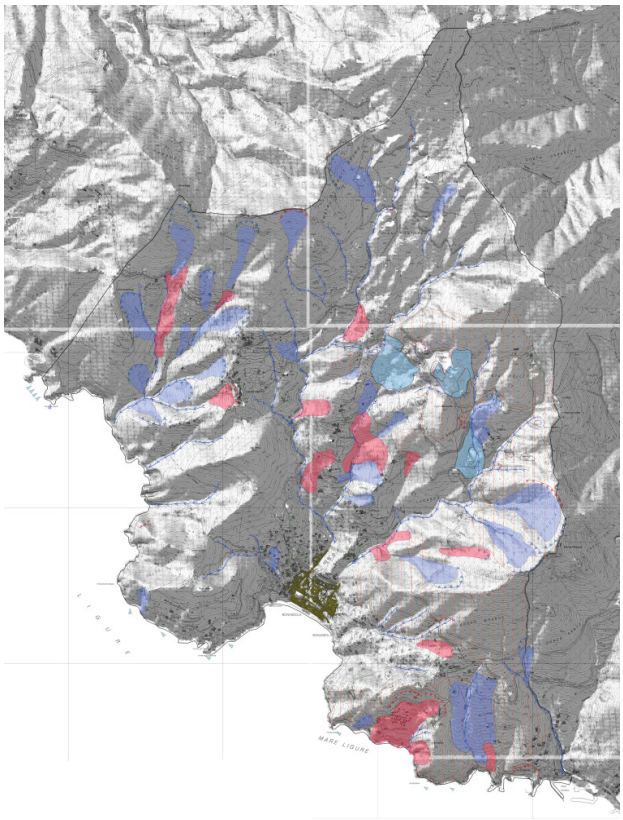
AMBITO PREVALENTE	CRITICITÀ
IDROGEOLOGICO, IDRAULICO	Aree interessate da ruscellamento areale. Aree soggette ad erosione per ruscellamento di fondo e di versante. Aree storicamente soggette a fenomeni di esondazione e/o allagamenti.

In particolare, i gradi di valutazione che si ritiene opportuno inserire saranno tre: alto, medio, basso e verranno anche distinti dal punto di vista cartografico mediante una suddivisione grafica colorimetrica: rosso, arancione e giallo in riferimento all'immagine di fianco riportata in cui è fornita anche una descrizione preliminare del grado delle varie criticità riscontrate a livello comunale per quanto di stretta competenza geologica.

INDICE DESCRITTIVO DEL GRADO DELLE CRITICITÀ.

NULLO	Si tratta di aree nelle quali, a scala di PUC, non sono state riscontrate significative criticità e, pertanto, non esistono limitazioni alle scelte urbanistiche. La fattibilità degli interventi deve essere verificata alla scala di progetto con approfondimenti puntuali del modello geologico.
BASSO	Si tratta di criticità che presentano un impatto sull'ambiente medio-basso. In genere, non pongono forti limitazioni alle scelte urbanistiche che, se perseguite nell'ottica di uno sviluppo sostenibile con un corretto concetto di "presidio" del territorio, potrebbero anzi contribuire a sanare tali dissesti. Gli interventi necessari al ripristino degli squilibri sono, in genere, mediamente onerosi sia dal punto di vista economico che tipologico, ma al contempo possono essere efficacemente programmati ed eseguiti nel tempo in più stadi. Ci si riferisce, ad esempio, agli interventi di riforestazione nelle zone interessate da processi erosivi areali.
MEDIO	Si tratta di criticità che hanno alterato o completamente modificato i preesistenti equilibri geomorfologici ed idrogeologici. In questi casi la compromissione o il rischio di compromissione dell'ambiente risulta piuttosto alto ed esistono significative limitazioni allo sfruttamento del territorio per fini urbanistici. Gli interventi presentano un carattere di relativa urgenza con costi, in alcuni casi, anche significativi; le tipologie di intervento, inoltre, risultano spesso piuttosto complesse.
ALTO	Sono ricomprese in questa categoria tutte quelle criticità che presentano un intrinseco grado di pericolosità in relazione ad eventuali interferenze con elementi antropici. In alcuni casi le aree interessate da tali criticità sono sottoposte a regimi normativi che penalizzano fortemente o addirittura inibiscono il loro utilizzo dal punto di vista urbanistico. Gli interventi necessari risultano a volte anche molto onerosi, sia per i costi di attuazione sia per la tipologia degli stessi.

Si è giunti pertanto alla redazione di una specifica carta tematica delle criticità (*Allegato: Geo 09 – Carta delle criticità*) che mette sostanzialmente in evidenza quattro principali settori comunali caratterizzati da una criticità da elevata a molto elevata che risultano rispettivamente: il primo settore è quello sud occidentale del Monte Grumo, in particolare al di sotto dei centri abitati di Reggimonti e Montaretto; il secondo risulta quello che interessa la parte sommitale del bacino del torrente S. Giorgio, mentre il terzo comprende l'unica area pianeggiante del comprensorio comunale in corrispondenza della foce dei torrenti S. Giorgio e Rossola dove, tra l'altro, sorge anche gran parte del tessuto urbano cittadino. L'ultimo settore comprende le pendici sud occidentali del Monte Rossola, in particolare lungo gran parte del tratto costiero (loc. La Francesca) che conduce a Levanto. Ulteriori criticità sono presenti puntualmente negli altri comparti, secondo quanto evidenziato dalla cartografia tematica prodotta.

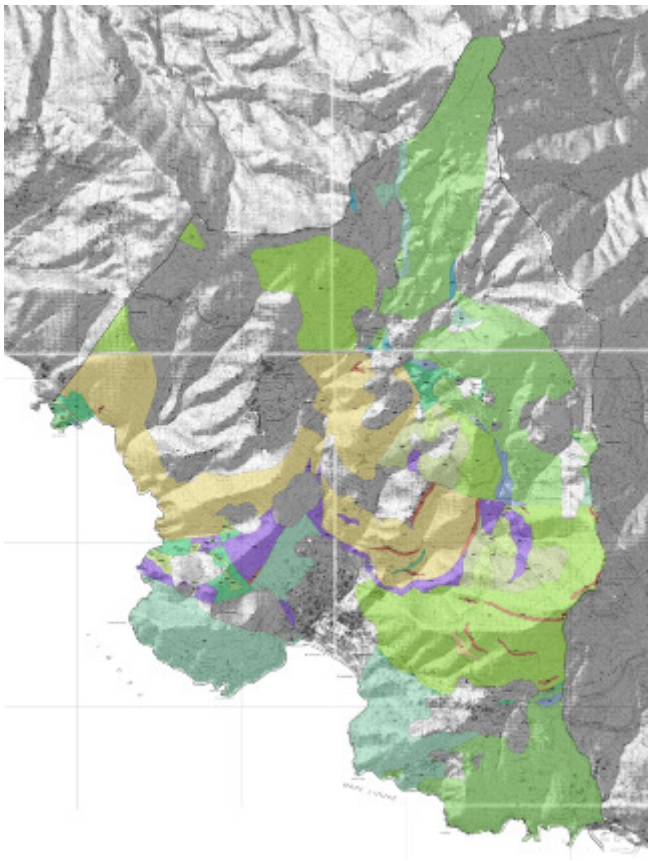


4.5.1 Le 'Pietre Verdi'

Per maggiore completezza, in riferimento alla recente normativa, si riferisce alcune informazioni relative alle cosiddette 'Pietre Verdi' che, come riportato nell'inquadramento geologico, affiorano alquanto diffusamente ed abbondantemente all'interno del territorio comunale di Bonassola. Tali particolari litologie possono infatti presentare alcune criticità legate al rischio amianto, ad esempio in corrispondenza di eventuali movimentazioni. Dal punto di vista normativo "…*i materiali naturali contenenti minerali definiti amianti sono strettamente*

associati ai settori di affioramento delle cosiddette - Pietre Verdi - come riportato dal D.M. 14/05/1996 (All. 4, tab. II) …" e, in tal senso, possono anche rientrare in tale categoria anche clasti e matrici di natura ofiolitica che costituiscono i depositi sedimentari e le cataclasiti/miloniti associate alle pietre verdi".

La valutazione della presenza di 'amianto' in matrice minerale non può prescindere dalla specifica situazione geologica del territorio comunale (*Allegato: Geo 07 – Carta delle Pietre Verdi*) e dalla presenza in esso di rocce ofiolitiche, termine che indica antiche porzioni di litosfera oceanica strutturate lungo i settori della catena orogenica.



Dal punto di vista petrografico, le ofioliti sono essenzialmente costituite da associazioni di rocce magmatiche basiche ed ultrabasiche (basalti, gabbri, brecce ofiolitiche), più o meno serpentinizzate e/o metamorfosate, dalle tipiche colorazioni scuro-verdastre talora associati a diaspri (rocce sedimentarie silicee).

La presenza di 'amianto' nelle rocce risulta il frutto di un processo naturale che, partendo da rocce magmatiche basiche e ultrabasiche (protoliti) in relazione alla specifica storia geologica della facies metamorfica raggiunta, determina la ricristallizzazione dei minerali preesistenti (olivina e ortopirosseno) con neogenesi di minerali 'amiantiferi'.

La possibilità di riscontrare nelle rocce amianto in matrice minerale risulta quindi correlata alle aree di attraversamento delle unità geologiche ofiolitiche, basiche e ultrabasiche, che hanno subito dei fenomeni di metamorfismo; tali rocce sono comunemente definite "Pietre Verdi". In particolare, nei processi orogenetici che hanno interessato le Alpi Liguri-Piemontesi

si sono instaurate le condizioni di metamorfismo compatibili con la neogenesi di tre minerali definiti amianti dalla normativa italiana (D. Lgs n° 277/1991) quali crisotilo, actinolite e tremolite.

I numerosi studi giacimentologici sulle mineralizzazioni ad amianto evidenziano che la condizione necessaria per la formazione di elevate concentrazioni di amianto è la presenza di zone tettoniche lungo le quali si ha circolazione di fluidi durante i processi metamorfici di rocce basiche ed ultrabasiche (Robinson et al., 1982; Wrucke, 1986; Deer et al., 1997; Hora, 1997). Normalmente questo processo avviene gradatamente nel tempo e nello spazio ed in determinate condizioni termobariche (grado metamorfico medio-basso; Ross, 1981; Schreirer, 1989), pertanto le litologie in Pietre Verdi sono generalmente solo parzialmente interessate da mineralizzazioni di 'amianto'. Vista la forte componente ofiolitica che caratterizza da un punto di vista geologico il comprensorio comunale di Bonassola, pertanto, si può avere la possibilità di incontrare tali minerali, in particolare in corrispondenza di zone fortemente tettonizzate.

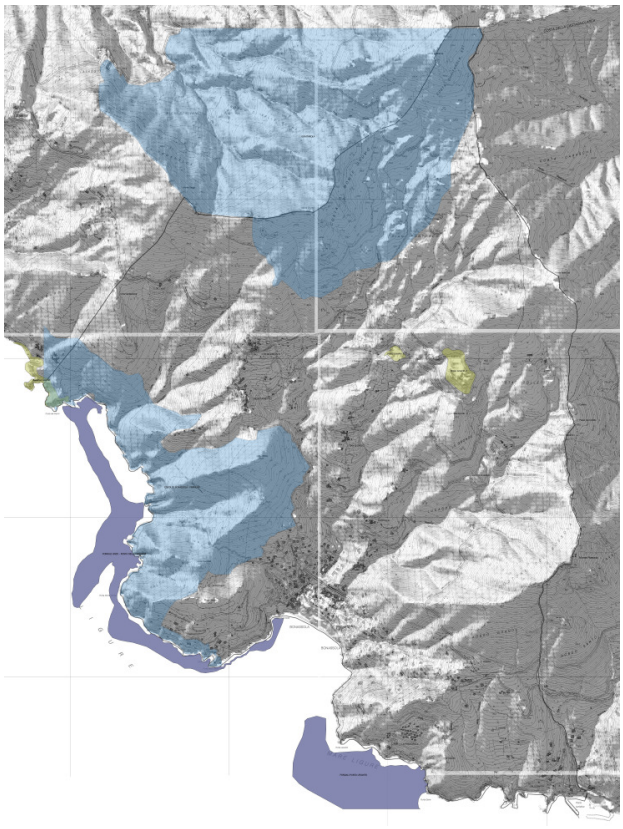
4.6 Le emergenze geologiche di Bonassola

Il riconoscimento e la valorizzazione delle emergenze geologiche del territorio è obiettivo fondamentale di una pianificazione sensibile anche a scala comunale. In tal senso, per maggiore completezza, si è anche voluto dare riscontro della valorizzazione delle emergenze e delle peculiarità geologiche (*geositi*) presenti sul territorio comunale con l'obiettivo di inserirle e considerarle adeguatamente nella pianificazione sostenibile. Con il termine 'geosito' si intendono tutti quegli elementi fisici ambientali areali, puntuali o lineari che rappresentano una specifica singolarità e peculiarità geologica del paesaggio che rappresentano una valenza territoriale con possibile fruizione turistica per le caratteristiche scientifiche, storiche, culturali e ricreative. Le fasi di ricerca, censimento ed eventuale implementazione dei geositi del Comune di Bonassola sono stati sviluppati prevalentemente secondo due distinte metodologie di lavoro:

- una ricerca bibliografica, documentale e fotografica dei geositi già presenti nella banca dati nazionale I.S.P.R.A. (*Dipartimento Difesa della Natura, Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale*) ed in quella regionale, con un eventuale aggiornamento cartografico della loro perimetrazione;

- la ricerca, la perimetrazione e l'inserimento di nuovi geositi 'inediti' in ottemperanza a quanto previsto dalla L.R. 39/2009 e dalla D.G.R. n° 625/13 (Linee guida ai fini dell'individuazione e della perimetrazione dei geositi della Liguria).

All'interno del comprensorio comunale, sono presenti due importanti geositi che risultano compresi nell'ultimo censimento regionale (*Allegato: Geo 08 – Carta delle emergenze*), quali i '*Basalti a cuscino'* che affiorano diffusamente lungo il tratto costiero di Punta Marmi al confine settentrionale con Framura e le "*Cave di Marmo*" di Montaretto (*foto 11 - 12 documentazione fotografica allegata*). Il primo rappresenta un magnifico esempio di antichi basalti oceanici giurassici che grazie alle loro singolari ed evidenti forme 'a cuscino' (pillow), unitamente alla bellezza di questo tratto di costa, risulta un sito altamente rappresentativo da punto di vista didattico ed allo stesso tempo anche molto scenico. Il secondo rappresenta i siti di estrazione, ormai quasi interamente dismessi, di alcune pietre ornamentali (oficalciti) di grande pregio per l'elevato effetto estetico cromatico nonché per le ottime caratteristiche di lucidabilità. Tali materiali sono conosciuti commercialmente con il nome di "Rosso Levanto".



Il tratto costiero verso Framura è stato inoltre riconosciuto e perimetrato come S.I.C. (Sito di Interesse Comunitario) in quanto conserva macchia ed altri habitat mediterranei in buon stato di conservazione ed indentificato con il nome di "*Costa di Bonassola e Framura*" (ID - IT1344216). Analogamente, nell'areale del Monte Grumo, è presente un ulteriore S.I.C. "*Guaitarola*" (ID - IT1343415) che rappresenta una delle aree di maggior

diffusione e particolarmente idonea alla conservazione di *Santolina ligustica*, specie endemica a distribuzione estremamente ridotta e rara.

Nel territorio di Bonassola sono altresì presenti due zone Z.S.C. (Zone Speciali di Conservazione), quali i "*Fondali Anzo – Punta della Madonna*" (ID - IT1344273) ed i "*Fondali Punta Levanto*" (ID - IT1344272), importanti per la presenza di prateria di Poseidonia (habitat prioritario) in buono stato di conservazione su sabbia e rocce.

***

TAVOLE ALLEGATE ALLA RELAZIONE

- *Geo 01 – Carta geologica*
- *Geo 02 – Carta geomorfologica*
- *Geo 03 – Carta idrogeologica*
- *Geo 04 – Carta dell'esposizione*
- *Geo 05 – Carta dell'acclività*
- *Geo 06 – Carta delle microzone sismiche*
- *Geo 07 – Carta delle Pietre verdi*
- *Geo 08 – Carta delle emergenze*
- *Geo 09 – Carta delle criticità*
- *Geo 10 – Carta della suscettività*
- *Documentazione fotografica*