

CAPITOLO 2 – CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia

L'area oggetto di studio comprende i bacini dei torrenti Prino, Caramagna e dei corsi d'acqua minori compresi dal limite dall'ambiro n° 6 - Impero - al torrente S. Lorenzo escluso : si tratta di un territorio allungato in direzione SW-NE che si affaccia sulla riviera ligure di Ponente; in particolare si estende, lungo la linea di costa, dall'estremità occidentale della città di Imperia fino all'abitato di S.Lorenzo al Mare spingendosi nell'entroterra fino in prossimità del comune di Carpasio (IM). Tale comprensorio si estende su una superficie di circa 60 Km² ed appartiene amministrativamente ai comuni di Imperia, Civezza, Dolcedo, Prelà Vasia e S.Lorenzo al Mare.

Le aste torrentizie principali sia per bacino imbrifero che per lunghezza del corso, sono quelle del Prino e del Caramagna; inoltre nell'ambito esaminato ricadono verso Est il Rio Baitè e verso ponente il Rio Inferno, costituenti i maggiori sottobacini

Il bacino del Rio Inferno occupa un'area di limitata estensione ubicata lungo l'estremo occidentale della zona indagata, e risulta ubicata in prossimità del confine del comune di Imperia con quello di S.Lorenzo al Mare (IM). Il rio nasce in località "Bandie" ad una quota di circa 175 m s.l.m. e corre in direzione Sud fino a sfociare in mare in località Ponticelli.

Tale corso d'acqua non ha mai dato luogo a fenomeni di esondazione degni di nota ma attualmente riveste particolare importanza soprattutto lungo il tratto terminale dove scorre in adiacenza all'impianto di smaltimento di rifiuti solidi urbani ed assimilabili di Ponticelli: una discarica controllata di 1a categoria con una volumetria di circa 1.000.000 m³ che ha accolto per diverso tempo tutti i rifiuti urbani provenienti dalla provincia di Imperia.

Lo spartiacque è delimitato ad ovest dalla linea che congiunge il crinale della Costa delle Terre Bianche (173,7 m s.l.m.) - Colle di Civezza (370,9 m s.l.m.) - località Bandie (269,8 m s.l.m.) per poi scendere ad est lungo Poggio Superiore (245,5 m s.l.m.).

Procedendo verso levante si incontra il bacino del Torrente Prino. Il torrente prende origine dalla confluenza del Rio S.Giovanni, che scende dalle pendici in direzione circa NO-SE, con il Rio dei Molini, che scorre lungo una probabile direttrice tettonica N-S, ad un'altitudine di circa 140 m. nei pressi dell'abitato di Prelà. Procedendo verso valle presso l'abitato di Dolcedo avviene una seconda importante confluenza da parte del Rio dei Boschi proveniente dalla valle dell'abitato di Lecchiore, ed il torrente assume un andamento più sinuoso nella valle fluviale che oltre Dolcedo prende origine. Il reticolo idrografico si sviluppa in maniera dendritica, benché esistano notevoli condizionamenti tettonici; è evidente infatti una notevole asimmetria sui versanti delle aste torrentizie che scorrono lungo faglie presunte, dovuta alla giacitura degli strati, che determina una maggiore articolazione del reticolo sui versanti a Sud, in condizioni di franapoggio, ed un breve corso lungo le linee di massima pendenza sui versanti a Nord (reggipoggio). La proiezione orizzontale del bacino occupa una superficie di 44,30 Km² con un perimetro di 35,7 Km.

Lo spartiacque ha direzione analoga al torrente nella parte bassa del bacino ed è costituito: ad Est dalla linea che unisce colline di scarsa altezza : M.te Calvario (96.1 m s.l.m.) - Torre Acquarone (113.5 m

s.l.m.) - C.Lagorio (150.0 m s.l.m.) - C.Lupi (263.6 m s.l.m.) - Costa Cuccarelli (285.9 m s.l.m.) fino a giungere presso l'abitato di Vasia (398.0 m s.l.m.) ove si ha una brusca rottura di pendio in direzione Nord: Croce Soprana (549.7 m s.l.m.) - M.te Acquarone (732.8 m s.l.m.); ad Ovest: Poggio Inferiore (164.8 m s.l.m.) - Poggio Superiore (245.5 m s.l.m.) - M.te Cinque Burche (380.0 m s.l.m.) - Il Carmo (484.1 m s.l.m.) oltre il quale il crinale si apre verso Ovest: M.te Cantagallo (604.0 m s.l.m.) - Passo Bastia (767.5 m s.l.m.).

La rottura di pendio che si riscontra su entrambi i crinali segna il passaggio ad un arco congiungente cime di discreta altitudine, se consideriamo la vicinanza con la costa. Procedendo dallo spartiacque ad Ovest in direzione Nord troviamo: M.te Fauto (1148.82 m s.l.m.) - M.te Orbazzaro o dell'Olmo (1128.6 m s.l.m.) - Poggio (1120.4 m s.l.m.) - M.te Moro (1181.18 m s.l.m.) fino a giungere alla Croce al passo del Maro (1110.6 m s.l.m.), ove si verifica un brusco cambio in direzione W-E a cui coincide una diminuzione di altitudine: Croce Mermelina (943.2 m s.l.m.) - M.te Scuassi (892.2 m s.l.m.) - M.te dei Prati (780.2 m s.l.m.) - M.te Pissibinelli (741.8 m s.l.m.).

Il bacino del Torrente Prino è quello che presenta la maggiore estensione dei quattro ambiti oggetto di studio; il corso d'acqua ha spesso dato luogo ad esondazioni in occasione degli eventi piovosi eccezionali in particolar modo lungo il tratto terminale che va dall'abitato di Dolcedo fino alla foce.

Immediatamente ad est si trovano i bacini del Torrente Caramagna e Baitè. Ad est l'ambito è delimitato dalla linea di spartiacque che lo separa dal bacino del Torrente Prino mentre ad ovest è delimitato dalla linea che congiunge M.te Acquarone (732,8 m s.l.m.) - M.te Pian Cavalle (578,8 m s.l.m.) - M.te del Camione (515,0 m s.l.m.) - M.te Pozzu (381,3 m s.l.m.) - M.te Bardellini (267,5 m s.l.m.).

Il Rio Baitè occupa un'estensione molto limitata lungo il lato ovest ma risulta intensamente urbanizzato rivestendo pertanto una notevole importanza in considerazione dei potenziali danni che può arrecare alle strutture esistenti e alla pubblica incolumità in caso di eventi meteorologici particolarmente sfavorevoli.

Il Torrente Caramagna è quello che negli ultimi anni ha arrecato i maggiori danni dando luogo ad esondazioni ed allagamenti. Il tratto maggiormente critico è quello che corre dalla frazione Caramagna, nel comune di Imperia, fino alla foce: lungo tale tragitto il corso d'acqua descrive ampi meandri e corre lungo un alveo ostacolato da fitta vegetazione con presenza di numerosi ponti di attraversamento e arginature spesso non verificate dal punto di vista idraulico.

Le coordinate estreme entro cui vengono delineati i limiti della zona rilevata risultano essere, sul reticolo chilometrico della C.T.R. della Regione Liguria:

Nord: 868

Sud: 856

Est: 422

Ovest: 409

2.2 Geologia

2.2.1 Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico formazionale l'area triangolare compresa fra le città di Alassio e Bordighera lungo la costa, ed il Monte Saccarello a Nord, è costituita da tre unità tettoniche tradizionalmente conosciute come "Flysch ad Elmintoidi della Liguria occidentale". Si tratta di sedimenti attribuiti ad una fossa bacinale e datati al Cretaceo che, in seguito a chiusura dell'originale oceano di deposizione, oceano esistente fra il Continente Paleoeuropeo e la Zolla Insubrica, sono state scollate dall'originale substrato ed hanno subito un trasporto tettonico verso l'esterno entro il Miocene Superiore, fino a raggiungere l'attuale posizione alloctona intermedia fra il dominio Prepiemontese e Brianzonese a levante e quello Delfinese Provenzale a ponente (Fig. 1).



Fig. 1 - Schema strutturale dell'area in esame da Guida Geologica delle Alpi Liguri (1991)

Questa unità è stata cartografata ufficialmente per la prima volta da Franchi che considerava il flysch come autoctono e di datazione eocenica, così come Zaccagna e Rovereto. FRANCHI distingue in questa unità quattro membri così disposti stratigraficamente dal basso:

- 1) un complesso costituito da scisti argillosi variamente colorati intercalati con banchi di arenarie, con tracce di manganese e druse di quarzo, datato al Priaboniano Inferiore (Ps)
- 2) un orizzonte non continuo formato da sottili banchi di calcari alberesi intercalati con scisti argilloso - ardesiaci spesso circa trenta metri (H);
- 3) potenti bancate di arenarie arcose grossolane, a luoghi a cemento calcareo di spessore all'incirca di duecento metri (Ha);
- 4) un'alternanza di calcari alberesi con marne ed arenarie di spessore variabile fra i duecento ed i quattrocento metri a seconda delle zone (H₁);

5) un complesso costituito da fitte alternanze di scisti arenacei, marnosi, argillosi di spessore circa di duecento-duecentocinquanta metri.

I membri dal 2 al 5 vengono datati al Priaboniano superiore (zona ad helmintoidea).

In momento successivo a quanto proposto da Franchi M.LANTEAUME ("Contribution a l'etude des Alpes Maritimes" 1968) negli anni sessanta ha rivolto il suo interesse a questa zona giungendo ad una datazione più precisa grazie allo studio dei microfossili presenti nelle sequenze flyschoidi.

Lanteaume individua i seguenti membri nella sua carta geologica:

- 1) complesso di base
- 2) serie a prevalenza arenacea
- 3) serie a prevalenza calcarea
- 4) serie a prevalenza marnosa.

Il Lanteaume non distingue il complesso "H" del Franchi e tramite l'analisi di microfaune propone le seguenti età:

- 1) complesso di base: Cenomaniano - Turoniano per la presenza di *Globigerine*, *Gumbeline* e *Fissurine*;
- 2) complesso arenaceo: Cenomaniano s.l. e Senoniano inferiore con la presenza di una fauna analoga alla precedente (con *Fissurina ovalis*);
- 3) complesso "à dominante calcaire": nella parte inferiore Cenomaniano - Turoniano a causa della presenza di una fauna di spicole di spugne, radiolari, piccole *Globigerine* del tipo *Gl. lacera* e delle *Gumbeline*; nella parte superiore Campaniano - Maastrichtiano grazie al ritrovamento di *Globotruncane* del tipo *stuarti* e *stuartiformis* associata alla *Locazina* sp.;
- 4) série à dominante marneuse: Maastrichtiano superiore alla base con l'associazione di *Globotruncana stuarti*, *arca*, *contusa* con *Globigerine*, *Rugoglobigerine*, *Gumbeline* e *Pseudotextularia* rinvenute in livelli calcarei a grana fine microbrecciati; i livelli più alti della serie vengono datati al Cretaceo superiore e generalmente sono privi di fauna.

Contemporaneamente al Lanteaume è stata rivolta l'attenzione al flysch da BONI & VANOSSÌ (1960) con un'analisi approfondita delle faune presenti.

Questo ha portato all'individuazione di microfaune nel "Ps" di Franchi (complexe de base per il Lanteaume) costituite da *Gumbeline*, piccole *Globigerine* (*Globigerielloides* e *Cibicides*), *Globotruncane* del gruppo *Lapparenti*, ed al ritrovamento di *Globigerine*, *Gumbeline*, spicole di spugna, *Cibicides* nel membro H₁.

Nel membro sommitale infine, oltre alle microfaune individuate da Lanteaume, Boni e Vanossi notificano la presenza di una microfauna con *Rugoglobigerina* sp., *planulina* sp., *Globigerina* cf. *cretacea*, *Globotruncana* cf. *calciformis*.

Gli autori appena citati giungono alla conclusione che le microfaune rinvenute possono essere il frutto di un rimaneggiamento di sedimenti più antichi.

Viene comunque accettata, a causa dell' assenza di un'associazione con fossili Eocenici, l'attribuzione della serie ad un'età essenzialmente cretacea.

Un successivo studio, eseguito sempre dalla scuola francese (Manivit e Prud'Homme, 1990) conferma l'età essenzialmente Cretacica dei terreni flyschoidi, individuando nanofossili calcarei, attribuendo al Maastrichtiano Superiore la série à dominante gréseuse (arenarie di Bordighera) e Maastrichtiano Medio e Superiore per la série à dominante calcaire (flysch calcareo – marnoso); in particolare questo recente studio individua all'interno dei banchi calcarei nanoflore costituite da coccoliti cosmopolite a grande longevità, generalmente difficili da riconoscere a causa dei fenomeni diagenetici subiti, attribuibili ad una piana oceanica invasa periodicamente da correnti di torbida (assimilabili a conii detritici di bacini profondi o piane abissali di piccoli bacini oceanici).

Più recentemente è stato eseguito un lavoro da Sagri che suddivide l'unità di Sanremo - M.te Saccarello in quattro litofacies poggianti sulla formazione di S. Bartolomeo:

litofacies A (Capo Mele): tipica della porzione basale e prossimale. Si tratta di una sequenza torbida, a prevalenza di marne ed arenarie calcaree spesse 10-30 metri, organizzate in sequenze positive aventi come porzione terminale calcilutiti;

litofacies B (Villa Faraldi): prevalenza di marne ed arenarie calcaree di potenza decisamente inferiore alla litofacies A (1-5 metri). Tipica della zona distale presenta spesso sequenze negative con alla base strati calcilutitici passanti verso l'alto a strati marnoso-arenacei;

litofacies C (S. Michele): è il membro costituente la porzione intermedia del flysch di Sanremo e consta di bancate arenaceo-argillitiche alternate a strati calcilutitici in cui si insinuano ad intervalli regolari megatorbiditi marnoso-arenacei ("megaritmici" di Abbate & Sagri, 1967);

litofacies D (S. Lorenzo al mare): costituisce il tetto della formazione ed è composta da una netta prevalenza di strati arenaceo-argillitici con intercalazioni calcilutitiche e rari banchi marnoso arenacei.

Sagri interpone fra la formazione di S. Bartolomeo e la sequenza flyschoidale una serie di arenarie grossolane denominandola Arenarie di Bordighera, interpretate come sedimenti di un conoide sottomarino a bassa efficienza di trasporto derivante dallo smantellamento del massiccio sardo-corso.

Fra i lavori successivi sono da segnalare gli studi condotti da MARINI & TERRANOVA (1986) e da MARINI (1988) che individuano nel flysch dell'unità SANREMO - M. TE SACCARELLO quattro complessi:

- un complesso di base, a dominante argillosa, fortemente manganesifero, con siltiti e quarzoareniti finissime (PELITI DEL COLLE S. BARTOLOMEO);
- un complesso arenaceo, caratterizzato da grovacche feldspatiche intercalate a fitte arenarie e peliti: tale complesso va assottigliandosi verso la porzione orientale, ove manca completamente;
- un complesso calcareo - marnoso ad Elmitoidi (CALCARI DEL M. TE SACCARELLO) con alternanza di marne calcaree, calcari marnosi, arenarie e peliti;
- un complesso marnoso - argilloso (FLYSCH DI SANREMO) con prevalenza di peliti marnoso - argillose intercalate a calcari marnosi ed arenarie.

Particolare attenzione è stata posta a cicli trasgressivi e regressivi che si instaurano durante il Pliocene, quando l'assetto strutturale delle Alpi era definito; l'area è stata studiata da Franchi che individua solo alcuni dei lembi esistenti, e successivamente da Pavolini (1922). Tuttavia un più completo quadro

d'insieme è stato realizzato da Boni, Peloso e Vercesi che individuano con precisione i lembi esistenti. In particolare vengono segnalati per l'ambito esaminato da ponente a levante i lembi di Costa Terrabianca, di Costa dei Cuccarelli, e di Porto Maurizio.

Lembo di Costa Terre Bianche: si tratta di un corpo allungato e stretto con variazioni direzionali in relazioni al locale substrato e diversa inclinazione dei letti sedimentari (contenuta generalmente entro i 30 gradi. Litologicamente si distinguono livelli di marne ed arenarie a cemento calcareo, costituenti le porzioni basali e sommitali del lembo e sabbie grossolane e conglomerati a varia pezzatura cementati (più potenti nelle porzioni intermedie). Il complesso risulta trasgressivo, di tipo netto senza marcati rimaneggiamenti, su un olisostroma esistente nel substrato flyschoidale. Le associazioni di facies rinvenute determinano l'attribuzione dei terreni al Pliocene Inferiore e ad ambiente deposizionale di acque basse.

Lembo di Costa Cuccarelli: anch'esso ad forma prevalentemente lineare si trova in posizione molto interna del bacino ed a una quota relativa elevata (240 - 287 m s.l.m.). Risulta costituito da alternanza di sabbie fini e marne siltose (dal rilevamento in sito, grazie a diversi tagli antropici è stata possibile osservare la presenza di numerosi letti conglomeratici ed alla base di brecce come successivamente citato al paragrafo 2.5.3) di ambiente litoraneo.

Lembo di Porto Maurizio: di potenza maggiore permette l'individuazione di un livello basale a marne ed argille azzurre e giallastre, intercalate a sabbie ed arenarie compatte, ed uno sommitale con prevalenza di sabbie giallastre marnose ed arenarie, con facies conglomeratica a matrice arenaceo-calcareo dominante nella porzione intermedia.

2.2.2 Carta geolitologica

La realizzazione della carta geolitologica (TAV.1) è stata sviluppata mantenendo in linea di massima quanto indicato nelle tavolette della regione Liguria, documento ufficiale più recente. Dal rilevamento eseguito puntualmente in sito su base cartografica alla scala 1:5000, sono stati individuati i termini rocciosi appartenenti alla Formazione delle Arenarie di Bordighera ed alla Formazione del flysch di Sanremo s.s. a sua volta suddivisa nel flysch con litotipi prevalentemente calcareo-marnosi (Calcari di Monte Saccarello della Tavola Geologica Regionale) e quelli marnoso-arenacei (Marne di Sanremo della T.G.R.) che conclude la sequenza sedimentaria.

Benchè durante il Pliocene la configurazione dell'edificio alpino ricalcasse grossomodo quella attuale, si sono verificati numerosi movimenti tettonici che hanno determinato nuovi lineamenti geomorfologici e ingressioni marine con deposizione di sedimenti marnosi ed argillosi sul substrato flyschoidale; in base a quanto indicato dalla T.G.R. sono stati individuati tre membri: Conglomerati di Monte Villa, Sabbie di Costa Terre Bianche e Brecce di Taggia.

Viene qui di seguito fornita una descrizione dei litotipi affioranti nei bacini esaminati in ordine cronologico dal più antico al più recente:

Arenarie di Bordighera (arBOR)

Affiorano lungo l'estremo occidentale del bacino immediatamente a NE del M.te Faudo secondo una striscia allungata in direzione E-W (località Bignorai). Si tratta dell'ultima propaggine del conoide sottomarino che mostra frequenti interdigitazioni con il soprastante flysch calcareo marnoso (scomparendo totalmente verso Levante), determinando interpretazioni talora problematiche per quanto riguarda il contatto stratigrafico fra i due membri. Si è preferito mantenere i contatti ufficialmente segnalati sulle tavolette, tuttavia dal rilievo puntuale alcune aree mostrano maggiore affinità alla facies arenacea che a quella calcarea: si tratta di un stretto nucleo di piega presso Monte Moro ed un'area lungo lo spartiacque con il torrente S. Lorenzo compresa fra S. Bernardo (ad una quota di circa 690 m s.l.m.) ed una cima ad Est del passo di Bastia (quota 750 circa). In particolare lo sviluppo di questa seconda lingua lungo l'area denominata Pascae, pur essendo arealmente mascherata, è facilmente riscontrabile nella granulometria della coltre che risulta molto sabbiosa.

Il membro, come indicato nella legenda della tavoletta Regionale, è costituito da bancate di arenarie grossolane, con una caratteristica patina di alterazione marrone brunastra, organizzate secondo bancate dell'ordine del metro; la granulometria passa da media a grossolana, con granuli a prevalente composizione quarzoso feldspatica (riferibili a grovacche), con frequenti episodi microconglomeratici alla base. Nei frammenti litici si riconoscono graniti, porfidi quarziferi, gneiss ecc.; si rinvergono inoltre frequenti intercalazioni di piccole sequenze di strati torbiditici siltosi arenacei medio sottili. Maastrichtiano - Campaniano Sup.?

Calcarei marnosi (cm ELM) del Flysch di Sanremo

Occupano la maggiore estensione della porzione superiore dei bacini presi in considerazione e sono principalmente costituiti da torbiditi calcareo marnose. Pur mostrando ampio spettro, sia per quel che riguarda la potenza degli strati che per la loro natura, la facies tipica è data da calcari micritici compatti grigi (denominati localmente "colombino") della potenza media dei 50 - 100 cm alternati a scisti marnosi e sottili passate argilloscistose.

Nel passaggio col membro sottostante mostra frequenti intercalazioni di arenarie e calcareniti, con presenza di una facies tipica di fitta intercalazione di sottili strati marnosi ed argilloscistosi (passo di Vena).

Al passaggio con il membro sovrastante aumenta nella sedimentazione la frazione fine determinando potenti banchi marnosi, sottili marne calcaree, e piccole passate arenitiche.

Dal punto di vista paleontologico la frequente presenza di Icnofacies ad *Helminthoidea labyrinthica* ha determinato la dizione flysch ad *Elmintoidi*; si trovano inoltre frequenti tracce di *Condrites*, talora di dimensioni anche plurimillimetriche (Maastrichtiano - Campaniano Sup.?)

Marne (maELM) del Flysch di Sanremo

L'aumento della componente terrigena e sabbiosa nel complesso torbiditico porta alla litificazione del membro marnoso arenaceo (marne di Sanremo) in cui si rinvergono alternanze in genere a strati più sottili.

Il complesso registra maggiormente gli sforzi deformativi subiti e sono molto sviluppati piani di fissilità (sleaty cleavage) che riducono le bancate marnose esposte agli agenti atmosferici in scaglie minute.

Si rinvengono spesso livelli caotici (tipo "slumping"), argilliti siltose nere, calcari micritici tipo "alberese", livelli a calcari marnosi nodulari immersi in matrice arenitica, con fenomeni di "boudinage"; i livelli arenitici mostrano frequenti impronte e contrimpronte di limiviri e tracce di corrente.

Il complesso (Maastrichtiano - Campaniano Sup.?) affiora lungo tutta l'area orientale del comprensorio indagato.

Conglomerati di M.te Villa (cgCMV)

Affioranti lungo la fascia altimetrica superiore (Costa dei Cuccarelli) sono costituiti da conglomerati poligenici più o meno ricchi di matrice a stratificazione grossolana. Spesso clinostratificati ed organizzati, frequentemente canalizzati; diffuse lenti arenacee, prevalentemente verso il basso; la pezzatura dei clasti è complessivamente crescente verso l'alto. Pliocene inf.

Sabbie di Costa Terre Bianche (sCTB)

Sabbie più o meno cementate ed arenarie prevalentemente quarzose e localmente argillose verso il basso. Pliocene inf.

Brecce di Taggia (bcTAG)

Accumuli caotici molto immaturi con pezzatura fino a quella del blocco, ricchi di matrice e frammenti a conglomerati soprattutto verso l'alto. In assenza degli accumuli caotici livelli di conglomerati ciottolosi o ciottoli sparsi. Al passaggio con sCTB frequenti intercalazioni sabbiose e crostoni panchinoidi con prevalenti lamellibranchi. Pliocene inf.

Coperture detritiche superiori a 3 metri (dt)

Sono state cartografate le coperture detritiche con potenza superiore a 3 m distinguendo ove possibile quelle a granulometria fine da quelle grossolane. Sono presenti lungo tutto il territorio indagato obliterando spesso il substrato roccioso.

Le maggiore porzione areale di tale categoria è occupata dalle coltri di origine colluviale (generate dal trasporto da parte delle acque dilavanti e ruscellanti di frammenti di suolo da una zona ad un'altra posta topograficamente più in basso) hanno una tessitura basata su una matrice limoso argillosa nella quale sono inclusi dei piccoli clasti spigolosi di natura calcareo marnosa ed arenacea che diminuiscono in quantità dalla base fino alla parte superiore, in relazione alla maturità dei sedimenti. Si riscontrano altresì coltri di tipo misto (eluvio-colluviale); la parte più superficiale delle coltri detritiche sopra menzionate si è spesso evoluta in suolo vegetale. Per quanto riguarda la loro genesi è generalmente dovuta all'azione degli atmosferici sui litotipi affioranti: pioggia, vento, cicli di gelo e disgelo intaccano le rocce sgretolandole in percentuale inversamente proporzionale alla loro tenacità; le particelle derivate da questo sgretolamento possono poi subire o meno un trasporto sia ad opera delle acque dilavanti che a causa di fenomeni gravitativi.

In tale classe rientrano anche i numerosi paleoaccumuli la cui origine è da ricercare nell'attività sismica unitamente all'assetto giaciturale ed alla rapida erosione lineare con scalzamento delle sponde da parte dei rii: si tratta di potenti accumuli costituiti da blocchi e talora da interi pacchi di strati immersi in una matrice prevalentemente argillosa. La porzione superficiale è quasi ovunque costituita da terreno vegetale.

- Depositi alluvionali terrazzati recenti (ar)

Le alluvioni terrazzate (Quaternario) risultano in genere costituite da conglomerati grossolani, con prevalenza litologica dei termini calcarei ed arenacei, immersi in una matrice argillosa limosa; sono arealmente mascherati da uno strato di terreno vegetale ed occupano prevalentemente le piane presso la costa completamente urbanizzate. Generalmente si tratta di sedimenti ben costipati. La porzione superficiale è generalmente caratterizzata da frazione fine (limoso argillosa) legata ad antichi fenomeni esondativi. Lungo le valli non presentano mai potenza elevata (come è possibile rilevare percorrendo l'asta torrentizia del Prino a valle dell'abitato di Dolcedo, dove l'attuale corso in roccia offre un naturale spaccato della sezione marginale, mentre presso la costa raggiungono spessori potenti (Caramagna: 10 - 12 metri, sondaggi viadotto autostrada, Prino: 18 - 20 metri sondaggi viadotto autostrada, 24 - 30 metri pozzi e sondaggi A.M.A.T.

- Depositi alluvionali mobili attuali (am)

Si tratta di sedimenti prevalentemente ghiaioso ciottolosi talora con blocchi con matrice sabbiosa e più o meno ferrettizzati soprattutto nella colmataura superficiale fine.

2.2.3 Tettonica

L'unità Sanremo-Monte Saccarello associata alle altre tre unità, Colla Domenica-Leverone, Borghetto D'Arroscia-Alassio e Moglio-Testico costituiscono la zona del Flysch della Liguria occidentale.

Tali unità sono sradicate a livello del complesso di base ed hanno subito una traslazione tettonica ed un cambiamento di posizione relativa nel periodo compreso fra il Cretaceo superiore e l'Eocene superiore in cui le unità occupavano una posizione relativa presumibilmente analoga all'attuale.

Per quanto riguarda l'unità Sanremo-Monte Saccarello i vari autori sono concordi ad attribuire una posizione in origine interna rispetto alle unità sopraccitate, posizione che sarebbe cambiata in seguito all'appilamento delle falde con un carreggiamento dell'unità Sanremo-Monte Saccarello in posizione esterna.

Non si conosce il substrato originale dell'unità flyschoidi perché come abbiamo detto esse risultano scollate a livello della formazione di San Bartolomeo, ma si presume che il flysch si sia depositato su un fondo oceanico analogo a quello delle unità della riviera di Levante.

Esistono infatti diverse analogie fra il flysch della Liguria occidentale e quelli dell'Appennino settentrionale (in particolare il flysch del Monte Antola) che inducono a riportare le unità in una posizione paleogeografica contigua, sebbene Boni & Vanossi siano propensi a considerare i sedimenti come provenienti da due bacini diversi evolutisi nel Cretaceo superiore in maniera analoga.

Lo stile deformativo dell'unità presa in considerazione è di tipo plicativo polifasico ed ha avuto luogo nella traslazione e messa in posto dell'edificio a falde in direzione circa N-S attraverso meccanismi gravitativi.

MARINI (1986) ha individuato in un primo tempo cinque fasi deformative:

- a) una prima fase divisibile in subfasi sin- e post- appilamento falde che identifica la traslazione gravitativa verso ed entro i bacini terziari, con direzione di trasporto WNW o NW (EUROPA-VERGENTE);
- b) una seconda fase con pieghe Sud-vergenti coricate a S o SSW (AVANVERGENTI);
- c) terza fase con smembramento dell'edificio attraverso piani di taglio poco inclinati (AVANVERGENTI);
- d) una quarta fase identificabile con la crenulazione sulle strutture precedenti con direzione E - W o WNW - ESE asimmetrica a N e NNE;
- e) quinta fase di età Plio-Pleistocenica con deformazioni distensive a carattere regionale di tipo rotazionale.

Queste fasi individuano un fenomeno di sovrascorrimento delle falde di tipo eminentemente gravitativo.

Tale fenomeno risulta sinsedimentario rispetto alle porzioni terziarie dei flysch e progredisce da Est verso Ovest in due momenti diversi successivi:

- un primo evento Europa-vergente con l'appilamento delle falde e le fasi di taglio e sovrascorrimento;
- un secondo evento con spostamento di masse Sud-vergente.

In seguito MERIZZI & SENO (1991) hanno individuato due sistemi di pieghe coassiali: la prima generazione (F_1) è costituita da pieghe decametriche visibili evidentemente solo nel complesso di base; la seconda (F_2) costituisce il motivo dominante nell'area da noi esaminata con un'alternanza di anticlinali e sinclinali plurichilometriche ristrette, isoclinali rovesciate, con piano assiale avente direzione NW-SE, immersione verso E-SE e vergenza verso S-SW, che giungono a diventare pieghe-faglia.

Tale motivo dominante non facilmente rilevabile direttamente nella zona da noi presa in esame, ma risulta evidente percorrendo la Valle Argentina situata ad Ovest della nostra zona.

Gli autori interpretano solo le pieghe di fase F_1 come compatibili con un regime di tipo gravitativo, mentre la seconda generazione di pieghe viene attribuita ad una distribuzione disomogenea dell'attrito lungo le superfici di scorrimento

I lineamenti principali che regolano l'attuale paesaggio sono da ricercare nella Neotettonica: esiste infatti un basculamento della costa, con progressivo innalzamento dello spartiacque Ligure-Padano con generazione di lineazioni a grande scala, con correlata fratturazione all'interno del complesso secondo due

principali direttrici NO-SE e NE-SW, e dislocazione anche a quote elevate dei terreni marini. Proprio a tali linee di dislocazione tettonica viene attribuita l'attività sismica dell'area.

2.3 Geomorfologia

La carta geomorfologica (TAV.2) riveste un ruolo prioritario in quanto evidenzia tutti i fenomeni in atto sulla parte superficiale del territorio descrivendone la tipologia ed evoluzione, assumendo quindi un ruolo di grande rilevanza nelle scelte di pianificazione territoriale dell'ambito studiato.

L'esame del territorio è stato effettuato mediante l'ausilio delle fotografie aeree in visione stereoscopica esaminando fotogrammi relativi ad anni differenti in modo da poter individuare anche eventuali modificazioni del territorio avvenute negli ultimi due decenni. In una successiva fase di rilievo sul terreno si sono integrati i dati in possesso e si è verificata l'attendibilità delle informazioni ricavate a tavolino.

Sulla base delle informazioni raccolte viene evidenziato un territorio a morfologia tipicamente collinare; come tutta la Liguria si ha un'intensa urbanizzazione lungo la fascia costiera con presenza di una tessitura urbana praticamente continua. Spostandosi verso l'interno il paesaggio muta gradualmente lasciando spazio ad aree adibite per lo più ad attività agricole (serre, orti e soprattutto oliveti); solo lungo le fasce altimetriche più elevate e nelle zone difficilmente accessibili il paesaggio non subisce alcuna modificazione ad opera antropica ed è interessato solo da fenomeni naturali.

Vengono qui di seguito commentati in dettaglio i processi geomorfologici in atto ed i tematismi più significativi che sono stati cartografati.

2.3.1 Considerazione sullo stato della roccia

- Roccia affiorante

Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in buone condizioni di conservazione e/o disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio (R)

In questa classe vengono cartografate le aree in roccia generalmente a reggipoggio o a traverpoggio senza fratturazione spinta talora con sottili coltri di spessore inferiore al metro (sono state rilevate estese aree in cui i terrazzamenti nell'ordine dei 50 -80 centimetri mostravano al piede dei terrazzi il substrato affiorante).

Si tratta di ambiti geomorfologici che non presentano particolari problemi di stabilità, talora con problematiche locali non cartografabili.

Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in buone condizioni di conservazione con disposizione sfavorevole delle strutture rispetto al pendio (Rs)

In tale classe sono state cartografate aree con caratteristiche simili a quelle della classe precedente ma con disposizione dei giunti di discontinuità sfavorevole rispetto al pendio. La giacitura a franapoggio costituisce un piano preferenziale di scivolamento per gli strati e pertanto è penalizzante dal punto di vista

della stabilità, specie in funzione della presenza di letti argilloscistosi ed in relazione all'acclività ove è possibile registrare potenziali fenomeni di scivolamento a cuneo o di strato su strato.

Roccia affiorante e subaffiorante con coperture discontinue fino a 1 metro di spessore in scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata rispetto al pendio (RF)

Si tratta di aree al limite della stabilità in cui l'alterazione superficiale spinta o l'intensa fratturazione può indurre fenomeni franosi che, secondo la classificazione delle frane di Varnes adattata alla situazione geologica italiana da Carrara, D'Elia e Semenza rientrano nella categoria dei crolli (falls), ribaltamenti (topples) e scorrimenti (slides) a seconda dell'orientamento dei giunti di discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso. L'intensa fratturazione è riconducibile a seconda dei casi ad attività tettoniche e alla circolazione idrica superficiale e sotterranea.

2.3.2 Le coperture detritiche

Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri:

Coperture detritiche generate dall'alterazione in posto della roccia o con limitato trasporto da parte delle acque superficiali, generalmente caratterizzate da granulometria fine con piccoli inclusi spigolosi riferibili alla roccia madre; quasi ovunque sono riorganizzate ad opera antropica secondo terrazzamenti eseguiti con muri a secco; si tratta della classe a maggiore sviluppo areale.

Coperture detritiche potenti superiori a 3 metri:

Coltri colluviali già identificate nella carta geolitologica (ad esclusione dei paleoaccumuli e delle frane attive).

2.3.3 Movimenti franosi

Corpo di frana attivo:

Si tratta di aree instabili con mobilitazione di masse in fase evolutiva, dovuti a fluitazione di materiali di origine gravitativa per elevata acclività dei pendii e scalzamento del piede. Generalmente occupano per l'ambito interessato piccole porzioni, talora estensioni non cartografabili alla scala del piano. Più spesso data la superficialità dei fenomeni e la mancanza di un vero e proprio accumulo di frana si è preferito cartografarle come cigli di arretramento (rottture di pendio) attivi. Si impostano per instabilità incipiente e successivo collassamento ai margini delle aree di paleoaccumulo o in relazioni a locali fenomeni fratturazione ed acclività con il contributo della circolazione superficiale.

Si allegano al piano le schede relative alla maggior parte delle frane attive cartografate; in particolare le schede numerate dalla 37 in poi si riferiscono ai movimenti attivatisi nel Novembre-Dicembre 2000.

Corpo di frana quiescente:

Si tratta di accumuli che occupano aree talora estese, essendo collegate a eventi gravitativi recenti che hanno interessato generalmente le coltri o il substrato. Allo stato attuale si trovano in condizioni di equilibrio limite. Le maggiori problematiche si rilevano in genere presso il piede o lungo i Rii che le percorrono, ove esistono fenomeni di erosione regressiva.

Paleofrana:

Antico accumulo di corpo di frana di notevole estensione e spessore costituito da materiale eterogeneo con blocchi lapidei anche di notevoli dimensioni in matrice prevalentemente sabbio-limo-argillosa. Ha raggiunto una condizione di equilibrio e spesso non sono più evidenti i tratti morfologici tipici delle frane che le hanno generate (nicchie di distacco e rotture di pendio).

Deformazione gravitativa profonda

Talora dall'analisi aereofotogrammetrica è possibile individuare porzioni di versante collassate, presumibilmente riconducibile ad una deformazione gravitativa profonda (FP).

Tale situazione a volte non è percepibile con il solo rilevamento di campagna.

2.3.3.a Inventario dei centri abitati e delle principali infrastrutture esposti a rischio di processi gravitativi o a fenomeni di erosione fluviale

Vengono di seguito analizzati in maniera sintetica i processi gravitativi in atto e quelli anche stabilizzati ma potenzialmente a rischio in relazione ad insediamenti antropici significativi; viene adottata la suddivisione in sottobacini in base alle aste torrentizie presenti procedendo dalla costa verso monte per comodità di consultazione.

Le problematiche inerenti ai casi di paleoaccumuli va evidenziato che benché allo stato attuale tali aree si trovino in condizioni di stabilità limite si registrano in genere limitati assestamenti nelle strutture su di essi edificate; tuttavia, in relazione alla sismicità dell'area, risultano evidenti i potenziali rischi di rimobilizzazioni di materiale, specie in funzione della circolazione idrica generalmente esistente lungo l'interfaccia coltre - substrato.

- Rio Baitè

Tutte le tipologie edilizie appartengono al tessuto urbano di Imperia; esiste una serie di edifici residenziali presso la costa edificati circa nel primo quarantennio di questo secolo, unitamente agli edifici del Comune, delle Poste Centrali e la sede dell'amministrazione Provinciale. Sono senza dubbio da evidenziare i processi gravitativi in atto che interessano l'area a monte di quest'ultimi due edifici. Si tratta in entrambe i casi di movimenti lenti che interessano la porzione superficiale della coltre ed il substrato, principalmente in ragione del suo elevato stato di cataclasi ed a locale circolazione idrica. Il movimento interessa tutta la superficie con implicazioni delle strutture di contenimento, delle sedi viarie e degli edifici, mostranti in genere

marcati fenomeni di cedimento. Sono stati eseguiti in entrambi i casi interventi di consolidamento profondi (palificate e tiranti).

Diversa tipologia costruttiva, con sviluppo circa nell'ultimo ventennio ed edificazione di edifici plurifamiliari si instaura alla base delle pendici del monte Bardellini al di sopra di un esteso paleoaccumulo stabilizzato.

Spostandosi verso Ovest risulta infine da evidenziare il movimento gravitativo in atto lungo il versante Sud Est di Terre Bianche, con implicazione di alcuni fabbricati plurifamiliari, edificati a monte intorno agli anni '60, che di conseguenza hanno necessitato di operazioni di consolidamento. Il movimento, impostato lungo probabili direttrici tettoniche, attualmente interessa la porzione corticale di suolo, costituita da argille, sabbie e conglomerati.

- Rio Artallo

L'area di maggiore estensione a potenziale dissesto geomorfologico risulta quella costituente la porzione Sud Est dell'abitato di Artallo, in cui esistono una serie di piccoli edifici realizzati generalmente nell'ultimo centennio, su un potente paleoaccumulo. Un limitato fenomeno franoso attivo di scivolamento si registra invece per alcune villette esistenti sul versante Ovest, subito a monte del tracciato autostradale, con leggere lesioni sia per gli edifici che per le strutture di contenimento della coltre. Sono stati eseguiti interventi di consolidamento.

- Torrente Caramagna

Benchè esistano numerosi fenomeni franosi sia attivi che quiescenti lungo la valle anche di notevole estensione sono pochi quelli che interessano aree ad alta edificazione.

- Torrente Prino

La destra orografica del torrente Prino dalla costa fino alla frazione di Piani è interessata da corpi detritici potenti sui quali sono stati edificati piccole unità abitative mono o bifamiliari specialmente nell'ultimo trentennio.

Analoghe caratteristiche geomorfologiche presenta la zona sulla quale è ubicato il paese di Pantasina. Tutti questi corpi detritici di notevole estensione possono essere correlati a deformazioni gravitative profonde che hanno interessato i versanti.

Locali problematiche sono da segnalare per acclività, e/o fratturazione del substrato e/o erosione incanalata da parte dei Rii per i nuclei di Torretta, Pianavia, la porzione estrema Est di Villa Talla,.

- Rio Inferno e tratto di costa fra il torrente Prino ed il limite del bacino.

L'instabilità che caratterizza l'intero tratto di costa fra il torrente Prino ed il rio Inferno risulta interessare anche la porzione edificata nei pressi dell'abitato di S. Lorenzo: ci troviamo di fronte a movimenti

generalmente superficiali legati all'elevato grado di cataclasi del substrato roccioso ed alla locale acclività. Dal punto di vista edilizio ci troviamo di fronte a costruzioni generalmente recenti (ultimo trentennio) che, tuttavia, mostrano locali cedimenti anche marcati.

2.3.4 Forme antropiche

Cave:

Vengono identificate tutte le forme antropiche realizzate per l'estrazione di materiale dal suolo e dal sottosuolo; per l'ambito indagato sono stati rilevati numerosi piccoli sbancamenti realizzati anticamente per ricavare materiale lapideo per i muri di contenimento ad oggi abbandonati e spesso sfruttati per l'abbandono di materiale dismesso (in genere elettrodomestici) o derivante da piccoli lavori di ristrutturazione. In relazione alla loro superficie trascurabile (non occupano superfici maggiori ai 200 m²) sono state indicate con simboli puntuali.

L'unica attività estrattiva attiva degna di menzione risulta essere una cava di materiale lapideo sita immediatamente Nord Ovest di Poggio Superiore: si tratta di un'area a superficie limitata in cui il materiale viene estratto mediante escavatore.

Grossi riporti:

Aree occupate da depositi di materiali inerti derivanti principalmente dalla costruzione dell'autostrada dei Fiori e da altre opere di viabilità. A causa della scarsa compattazione rappresentano aree facilmente soggette a fenomeni di erosione e dilavamento con potenziali fluitazioni di materiale durante gli eventi meteorici più persistenti, in considerazione dell'elevata frazione argillosa; per la porzione di suolo esaminata i materiali si trovano in stato di equilibrio.

Sbancamenti:

Sono state cartografate le opere di sbancamento eseguite per la realizzazione dell'autostrada dei fiori, unici ad essere degni di menzione; per la maggiore porzione sono stati contenuti con muri in calcestruzzo, tuttavia talora ove esiste la roccia nuda, in relazione alla locale fratturazione o alterazione si instaurano fenomeni di ruscellamento diffuso.

Discariche di Rifiuti Solidi Urbani:

Nel comprensorio indagato è presente un impianto per la ricezione di R.S.U.: si tratta della discarica controllata di 1a categoria di Ponticelli ubicata nell'omonima località nel bacino del Rio Inferno ed in particolare interessa gli affluenti Rio Ascheri e Rio Canielli di detto rio.

2.3.5 Processi morfogenetici

Sono stati cartografati i processi erosivi legati sia all'azione diretta dell'impatto della pioggia sul terreno, sia a quella dello scorrimento dell'acqua in superficie:

Erosione concentrata di fondo: si sviluppa ove l'alta acclività unita alla presenza di lineazioni preferenziali fornisce notevole energia alle acque meteoriche raccolte, con la possibilità di problemi di stabilità per lo scalzamento del piede dei versanti. L'individuazione di questo fenomeno riveste notevole importanza in quanto il progressivo approfondirsi dei solchi determina un ulteriore incremento del potere erosivo delle acque di ruscellamento con progressivo aumento delle testate delle incisioni. Strettamente legato a tale processo erosivo si ha poi l'*erosione spondale*: si tratta di scalzamenti delle sponde ad opera dell'azione erosiva dei rii con mobilitazione di materiale e potenziale sbarramento del corpo d'acqua del materiale franato.

Ruscellamento diffuso: si instaura in maniera preferenziale sulle aree con scarsa copertura detritica ed elevata acclività con particolare dissesto generalizzato ed asportazione della porzione superficiale di suolo, determinando fenomeni di denudazione.

Rotture di pendio attive/quiescenti: vengono ricondotte in tale classe le rotture di pendio significative derivate da erosione progressiva o da cause tettoniche; rientrano in tale classe anche i cigli di arretramento morfologico.

Ciglio di frana attiva o quiescente: ove riconoscibili sono stati cartografati i cigli lungo cui si sono verificate la rottura che hanno generato gli accumuli gravitativi;

Terrazzi morfologici: distinti in orlo di terrazzo fluviale, sepolto e morfologico. Sono generalmente collegati al condizionamento strutturale o tettonico e in particolare in relazione alla struttura tabulare degli strati che dove hanno basso angolo di inclinazione favoriscono il formarsi di piccoli pianori.

2.3.6 Acclività

Nell'ambito della redazione delle cartografie di base è stata realizzata una carta esprimente l'acclività dei versanti in considerazione dell'influenza che acquista nell'evidenziare i salti di pendenza e le rotture di pendio associabili a movimenti franosi e a zone di faglia. Occorre però notare che le informazioni derivate da tale elaborato acquistano significato solo per le aree che non hanno subito modificazioni ad opera antropica escludendo perciò zone quali cave e discariche. L'esame dei tematismi deve essere pertanto eseguito confrontando quanto ottenuto con la carta geomorfologica e con quella della franosità reale, operazione che sarà successivamente concretizzata nella redazione della carta di propensione al dissesto.

Per la realizzazione della carta di acclività è stato utilizzato il metodo suggerito da BRANCUCCI & MIFREDI (1980), che utilizza una griglia di 20 cm x 20 cm, corrispondente alla scala da noi usata (1:10000) ad una superficie di 4 Km², suddivisa in 400 maglie di un cm di lato (pari a 100 m), in cui è inscritto un cerchio.

Le griglie, disegnate su materiale trasparente indeformabile, sono state sovrapposte alla base cartografica e si è proceduto al conteggio degli intervalli esistenti fra le isoipse di ogni maglia, che esprimono la pendenza media in base all'equazione:

$$P_m \% = Q / d \cdot 100 = (n \ e / d) \cdot 100$$

Dove

Q = Differenza di quota

n = N° intervalli

e = Equidistanza

d = Diametro della cella in m.

La scelta della maglia circolare, invece della maglia quadrata è stata dettata dalla necessità di avere misure costantemente rilevate lungo la linea di massima pendenza, diversamente orientata in ogni singola maglia.

Seguendo i criteri di elaborazione forniti sono state cartografate le seguenti classi di acclività:

Classe 1	0 - 10%
Classe 2	10 - 20%
Classe 3	20 - 35%
Classe 4	35 - 50%
Classe 5	50 - 75%
Classe 6	75 - 100%
Classe 7	oltre 100%

Le classi con valore fino al 50% rappresentano ambiti geomorfologici comprendenti terrazzi, spianamenti morfologici od antropici, terreni con pendenze dolci e versanti con acclività finio al limite di agibilità dei mezzi meccanici.

Le classi comprese tra il 50 e il 100% rappresentano aree inaccessibili alla lavorazione agricola meccanizzata e solitamente al transito.

La classe oltre il 100% rappresenta scarpate, dirupi e zone inaccessibili.

Per la realizzazione della carta si è quindi proceduto ad un'interpolazione visiva dei dati sulla base cartografica.

Nella parte bassa del bacino, infatti, è osservabile una netta prevalenza delle prime classi di acclività, fatto determinato dalla presenza del flysch a prevalenza argilloso, che da luogo ad una morfologia dolce, in cui solo raramente si riscontrano versanti a forte acclività.

La parte alta del bacino invece è caratterizzata da un condizionamento principale dettato dalle giaciture degli strati, che determinano versanti a bassa acclività sui versanti ad Ovest e versanti discretamente ripidi ad Est, dovuti anche alla tettonica.

2.3.7 Orientamento dei versanti

Per la redazione di questa carta tematica TAV.4) sono state adottate otto classi di eguale ampiezza angolare (45°) i cui valori centrali corrispondono ai punti cardinali principali e a quelli intermedi (Nord, Nord Est, Est, Sud Est, Sud, Sud Ovest, Ovest, Nord Ovest). Per le aree pianeggianti che non possono avere

un'orientazione definita è stata operata un'ulteriore distinzione tra aree pianeggianti di fondovalle e le aree pianeggianti di altopiano.

La carta dell'orientazione dei versanti non fornisce importanti informazioni se considerata singolarmente ma rappresenta un documento di base per la valutazione della risorsa energetica derivante dalla radiazione solare e pertanto trova la sua applicazione ad un incrocio di dati con la carta vegetazionale per una successiva redazione di una carta pedologica.

Dall'elaborazione di questa carta si evidenzia che nella disposizione generale del bacino vi sia una grande prevalenza di versanti esposti ad Est ed Ovest, in minor ordine verso sud e solo in minima parte verso nord.

2.4 Idrogeologia

I reticoli idrografici dei bacini appartenenti all'ambito in esame evidenziano caratteri simili con pattern subdendritici: ciascuno di essi è infatti caratterizzato da un canale principale che si suddivide in rami via via meno importanti procedendo verso monte secondo forme arborescenti preferenzialmente lungo direzioni NW-SE e SW-NE dettate da un controllo tettonico di lineazioni parallele

La gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo il metodo suggerito da Strahler ha permesso di individuare un'asta di 5° ordine (Torrente Prino) mentre gli altri alvei si mantengono ad ordini inferiori: quarto per il torrente Caramagna, terzo per il Rio Ponticelli e secondo per il Baitè.

L'idrogeologia locale è legata essenzialmente alla tipologia litologica: il diverso tipo infatti di infiltrazione e di sviluppo del reticolo idrico sotterraneo, così come la permeabilità, ricalca arealmente la diversa evoluzione dei materiali presenti in sito.

In particolare sono state distinte le seguenti formazioni a comportamento idrogeologico analogo:

Terreni permeabili per porosità

Si tratta delle coperture detritiche, degli accumuli di paleofrana, dei depositi alluvionali e dei litotipi indicati come Sabbie di Costa Terre Bianche (sCTB) e Brecce di Taggia (bcTAG).

Nelle coltri e nelle suddetti litotipi la permeabilità presenta valori molto variabili in funzione della frazione argillosa presente e dallo stato di aggregazione dei materiali stessi; le acque meteoriche infiltrandosi dalla superficie giungendo a contatto con la roccia in posto formano una zona di saturazione la cui fluttuazione è funzione della pendenza e della frequenza degli eventi atmosferici. All'interno dei paleoaccumuli il contrasto con il substrato risulta di maggiore entità con la presenza di una vera e propria falda.

Nelle alluvioni la circolazione idrica sotterranea risulta anisotropa e il deflusso si concentra lungo le lenti di materiale a granulometria più grossolana (sabbie e ghiaie). Anche in tal caso il contrasto di permeabilità in corrispondenza del substrato favorisce la presenza di una falda che può essere libera o imprigionata.

Terreni permeabili per fessurazioni, fratturazione e carsismo

Rientrano in tale classe i litotipi appartenenti ai calcari marnosi del Flysch di Sanremo e le Arenarie di Bordighera all'interno del quale è presente una circolazione localizzata lungo gli strati rocciosi più alterati e fratturati e lungo le principali linee di dislocazione dove, a causa dell'elevata cataclasizzazione, si ha un locale aumento della permeabilità. All'interno del Flysch calcareo marnoso si sviluppano fenomeni dissolutivi di tipo pseudocarsico nelle bancate a maggiore componente calcarea.

Tale fenomenologia porta alla formazione di colate di travertino in corrispondenza delle venute a giorno delle acque sotterranee e lungo i salti morfologici dei rii, colate che possono raggiungere dimensioni plurimetriche (madonna del Tovo).

La presenza di passate argilloscistose, se integre, divide il substrato in compartimenti stagni. Da numerose trivellazioni eseguite per ricerche acqua ad uso domestico in tale tipologia di terreni si ottengono opere di presa di discreta portata in aree ad elevata cataclasi, limitate generalmente entro i primi cento metri di substrato. Tali opere tuttavia risentono in maniera considerevole degli eventi atmosferici.

Terreni semipermeabili

Sono stati cartografati in tale classe i litotipi appartenenti alle marne del Flysch di Sanremo dove la presenza di numerosi intercalari impermeabili permette il deflusso sotterraneo solo in corrispondenza dei livelli maggiormente fratturati e delle dislocazioni. Anche in tali terreni sono stati eseguiti numerosi pozzi a piccolo diametro ad uso domestico, tuttavia le trivellazioni più produttive si sono rivelate quelle realizzate nell'intorno di lineazioni tettoniche. Risulta degna di menzione inoltre in corrispondenza di una lineazione tettonica il località Rio Fontane - Coppi Rossi la presenza di acque ad elevato contenuto solforoso, riscontrabile sia da vecchi pozzi esistenti che da recenti terebrazioni.

Terreni impermeabili

Le aree definite impermeabili sono quelle ad urbanizzazione compatta dove non si riscontrano fenomeni di infiltrazione ma solo ruscellamento superficiale; tali aree sono state indicate con il termine Tessuto Urbano.

Sulla carta idrogeologica, che ben rappresenta il sistema di interazione fra l'idrosfera ed il suolo sono state inoltre cartografati i pozzi e le sorgenti ad uso potabile, industriale ed irriguo.

Si evidenzia immediatamente uno sfruttamento intensivo delle risorse idriche del bacino del torrente Prino con presenza di numerose opere di captazione lungo il tratto terminale che corre dall'abitato di Dolcedo alla foce in corrispondenza della piana alluvionale.

Lungo il Torrente Caramagna invece, è presente un numero medio di opere di presa che non sembrano gravare eccessivamente sul bilancio idrologico del bacino.

Le captazioni cartografate per i Rii Inferno e Baitè sono poche unità e non rivestono praticamente alcuna importanza.

Non sono stati considerati i pozzi destinati ad uso domestico in considerazione della limitata quantità d'acqua emunta.

2.5 Carta dell'uso del suolo

La legenda utilizzata è quella definita dalla Regione Liguria. Non tutte le tipologie previste sono state individuate all'interno del bacino.

Le tipologie individuate sono le seguenti:

1. Territori modellati artificialmente
 - 1.1 Zone urbanizzate
 - 1.1.1. *tessuto urbano continuo*
 - 1.1.2. *tessuto urbano discontinuo*
 - 1.2. Zone industriali commerciali e reti di comunicazione
 - 1.2.1. *aree industriali e commerciali*
 - 1.2.2. *reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori*
 - 1.2.3. *aree portuali*
 - 1.3. Aree estrattive e discariche
 - 1.3.1. *aree estrattive*
 - 1.3.2. *discariche*
 - 1.4. Zone verdi artificiali non agricole
 - 1.4.1. *aree verdi urbane*
 - 1.4.2. *aree sportive e ricreative*
2. Territori agricoli
 - 2.1. Seminativi
 - 2.1.2. *seminativi in aree irrigue*
 - 2.1.2.1 *seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena aria*
T=terrazzati
 - 2.1.2.2 *seminativi, vivai, colture ortofloricole in serra*
T=terrazzati
 - 2.2. Colture permanenti arboree
 - 2.2.1. *vigneti*
 - 2.2.2. *frutteti*
 - 2.2.3. *oliveti*
 - 2.4. Zone agricole eterogenee
3. Territori boscati ed ambienti seminaturali
 - 3.1. Praterie

3.2. Zone boscate

3.3 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva

Zone con vegetazione rada o assente

3.4.1 spiagge, dune

3.4.2 rocce nude

3.4.3 aree con vegetazione rada (*calanchi, conoidi detrici*)

5. Corpi Idrici

5.1.1 corsi d'acqua, canali larg.minima alveo mt 10

Di seguito vengono fornite alcune informazioni riguardanti le tipologie presenti nell'area.

1. Territori modellati artificialmente

1.1 Zone urbanizzate

1.1.1. tessuto urbano continuo

E' costituito dagli spazi strutturati dagli edifici e dalla viabilità. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente occupano più dell' 80% della superficie totale.

Tale tipologia è presente nella parte bassa del bacino in quantità rilevante, ed è presente qua e là nel resto del bacino, in corrispondenza dei nuclei abitati.

1.1.2. tessuto urbano discontinuo

Si tratta degli spazi caratterizzati dalla presenza di edifici, viabilità e superfici a copertura artificiale qualora questi coprano dal 50 all' 80% della superficie totale. Tali spazi si trovano per lo più nella parte bassa del bacino.

1.2. Zone industriali commerciali e reti di comunicazione

1.2.1. aree industriali e commerciali

Sono presenti quasi esclusivamente nella parte bassa del bacino, nel territorio comunale di Imperia.

1.2.2. reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori

Sono stati considerati se di larghezza non inferiore a 10 m. Sono inclusi in questa tipologia anche i grandi svincoli stradali e le stazioni di smistamento.

1.2.3. aree portuali

1.3. Aree estrattive e discariche

E' presente una sola discarica, situata in località Ponticelli nel comune di Imperia.

L'unica attività estrattiva degna di menzione risulta essere una cava di materiale lapideo sita immediatamente Nord Ovest di Poggio Superiore.

1.4. Zone verdi artificiali non agricole

1.4.1. aree verdi urbane

Si tratta degli spazi ricoperti da vegetazione compresi nel tessuto urbano. Sono presenti per lo più a Imperia e a Dolcedo, che sono i centri abitati di maggior estensione

1.4.2. aree sportive e ricreative

Tale tipologia comprende le aree utilizzate per camping, attività sportive, parchi di divertimento, campi da golf, ecc. Si trovano solitamente nelle vicinanze dei centri abitati.

2. Territori agricoli

2.1.2. seminativi in aree irrigue

Si tratta delle colture irrigate stabilmente e periodicamente grazie ad infrastrutture permanenti (impianti di irrigazione, vasche di raccolta).

2.2. Colture permanenti arboree

Sono le colture non soggette a rotazione che forniscono i raccolti, esclusi i prati, i pascoli ed i boschi.

2.2.1. vigneti

2.2.2. frutteti

2.2.3. oliveti

2.4. Zone agricole eterogenee

Si tratta delle porzioni di territorio in cui sono presenti territori agricoli di vario genere che vengono cartografati insieme perchè l'estensione di ciascuno non è abbastanza grande da permettere che essi vengano rappresentati singolarmente.

2.6 Carta della vegetazione reale

La legenda utilizzata è quella definita dalla Regione Liguria. Non di tutte le tipologie previste si è riscontrata la presenza nel bacino.

Le tipologie individuate sono le seguenti:

- PRATERIA
- ARBUSTETO
- macchia mediterranea
- arbusteto mesofilo o submontano
- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME TERMOFILE
- a prevalenza di roverella
- formazioni miste
- FORMAZIONI DI CONIFERE TERMOFILE
- FORMAZIONI MISTE DI CONIFERE E ANGIOSPERME TERMOFILE
- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME MESOFILE a prevalenza di castagno
- FORMAZIONI MISTE DI ANGIOSPERME E CONIFERE MESOFILE
- FORMAZIONI RIPARIALI
- AREE NUDE O CON VEGETAZIONE SPORADICA
- AREE AGRICOLE
- utilizzate, terrazzate e non terrazzate
- non utilizzate in evoluzione naturale, terrazzate e non terrazzate
- non utilizzate invase da infestanti,

Vengono qui fornite informazioni riguardanti le tipologie presenti nell'area.

- PRATERIE

E' presente con una certa estensione nella parte nord-occidentale del bacino, oltre 700-800 m s.l.m., ed è presente a piccole superfici nella parte restante del bacino.

- ARBUSTETO: macchia mediterranea

E' una delle tipologie vegetazionali più diffuse.

- ARBUSTETO: arbusteto mesofilo o submontano

E' presente mescolato con altre tipologie.

- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME TERMOFILE: a prevalenza di roverella.

Non sono molto diffuse. Se presenti, si trovano per lo più sopra i 400-500 m s.l.m.

- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME TERMOFILE: formazioni miste.

E' la tipologia di bosco più diffusa. Le specie costituenti il bosco sono la roverella (*Quercus pubescens*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), l'orniello (*Fraxinus excelsior*).

-FORMAZIONI DI CONIFERE TERMOFILE

Sono poco diffuse. Dove presenti, sono rappresentate per lo più dal pino marittimo (*Pinus pinaster*).

- FORMAZIONI MISTE DI CONIFERE E ANGIOSPERME TERMOFILE

Tali formazioni, che sono poco diffuse, sono costituite essenzialmente da roverella carpino nero, pino marittimo.

- FORMAZIONI DI ANGIOSPERME MESOFILE a prevalenza di castagno.

Mentre alcuni decenni fa i castagni erano piuttosto diffusi, almeno secondo quanto riferito dalla popolazione locale, attualmente sono presenti solo in alcune zone, situate per lo più nella parte nord-occidentale del bacino: tra le altre Le Canate, Beurghi, a nord di Poggio della Croce, vicino a Madonna della Neve.

-FORMAZIONI MISTE DI ANGIOSPERME E CONIFERE MESOFILE

Sono presenti in modo molto sporadico.

-FORMAZIONI RIPARIALI

Sono presenti a tratti lungo gli alvei dei torrenti; sono costituite per lo più da pioppi, salici, canneti.

-AREE NUDE CON VEGETAZIONE SPORADICA

Sono presenti qua e là in modo sporadico

- AREE AGRICOLE utilizzate, terrazzate e non terrazzate

Sono soprattutto presenti dove la pendenza è più dolce e vicino ai nuclei abitati.

- AREE AGRICOLE non utilizzate in evoluzione naturale o invase da infestanti

Sono piuttosto diffuse, in particolare nella parte alta dei versanti.

Per quanto riguarda le formazioni boscate è stato indicato il grado di copertura arborea con le seguenti sigle:

BR bosco rado grado di copertura dal 20 al 50%

BB bosco grado di copertura dal 50% al 100%

2.7 Assetto idrologico

2.7.1 Meteorologia e Clima

Procedendo in uno studio idrogeologico di un bacino risulta di essenziale importanza l'osservazione dei fenomeni meteorologici che interessano la zona. L'analisi dei dati deve essere estesa, al fine di

ottenere risultati significativi, ad almeno un trentennio, in modo tale da ottenere un effettiva media delle precipitazioni e temperature e da poter verificare un eventuale ricorso di eventi straordinari. L'elaborazione dei dati climatici diventa fondamentale non solo per la caratterizzazione climatica dell'area ma anche per prevedere e valutare la distribuzione e intensità dei fenomeni di degradazione e delle risorse idriche.

Questo studio, infatti, oltre a fornire un quadro generale per la valutazione effettiva del bilancio idrologico e della potenzialità delle risorse sfruttabili, svolge un ruolo di non trascurabile importanza per la previsione di eventi eccezionali a cui sono strettamente correlati i fenomeni franosi.

Nel nostro lavoro abbiamo esaminato i dati registrati da due stazioni pluviometriche, Dolcedo (77 m. s.l.m.) e Tavole (500 m. s.l.m.), presenti nel bacino del torrente Prino, unitamente ai dati registrati dall'osservatorio meteorologico di Imperia (15 m. s.l.m.), compreso fra il torrente Caramagna ed il rio Inferno, osservatorio che registra, oltre alle precipitazioni, anche le temperature e da cui abbiamo tratto i dati inerenti all'umidità relativa dell'aria ed alla direzione dei venti.

Va ricordato, inoltre, che i dati reperiti per la stazione è aggiornata solamente al 1983 (attualmente dismessa) e che la stazione di Tavole non è più funzionante dal 1976.

2.7.2 Precipitazioni.

Dall'analisi da noi effettuata dei dati del periodo compreso fra il 1923 ed il 1983 per la stazione di Dolcedo, 1935 - 1976 per Tavole, e del periodo compreso fra il 1920 ed il 1995 dell'osservatorio di Imperia, abbiamo realizzato due diversi tipi di grafici: uno, che fornisce le precipitazioni totali annuali nel corso del periodo esaminato, un secondo che mette in risalto il regime pluviometrico, ossia l'andamento della media delle precipitazioni mensili, calcolata nel periodo studiato, nel corso dell'anno solare.

Il primo tipo di grafici fornisce un quadro generale sul ricorso storico di anni di magra ed anni piovosi. Osservando, infatti, gli istogrammi delle tre stazioni è evidente un ricorso di anni di siccità ogni 20 anni (1943 - 1944, 1967, 1983), ed un periodo pressoché uguale per gli anni piovosi (1927, 1960 - 1961, 1977).

Il secondo tipo di grafico fornisce un quadro informativo sul regime climatico della zona. Dall'analisi comparata dei grafici ottenuti dalle tre stazioni di registrazione risulta un regime pluviometrico caratterizzato da due periodi piovosi, intorno ai mesi di Marzo e Novembre, ed due periodi di scarse precipitazioni (Luglio e Dicembre).

Questo fenomeno è tipico del regime pluviometrico sublitoraneo appenninico, con massimo autunnale maggiore di quello primaverile (Arredi 1947).

Vanno inoltre ricordati i fenomeni eccezionali orari registrati dall'osservatorio di Imperia, cui sono strettamente correlate le alluvioni derivate:

25.10.1894:	156 mm in 8 ore
18.01.1974:	140 mm in 19 ore
25.09.1981:	110 mm in 2 ore
15.09.1968:	22 mm in 20 minuti
07.03.1972:	13 mm in 10 minuti.
16.11.1995:	170 mm in 15 ore.

2.7.3 Temperatura

Abbiamo analizzato i dati registrati fra l'anno 1940 ed il 1984 dall'osservatorio meteorologico di Imperia, rilevando le temperature minime, medie e massime.

Il grafico ottenuto dalle temperature medie mensili mette in risalto l'andamento termometrico durante il corso dell'anno solare, a cui è strettamente correlato il fenomeno dell'evapotraspirazione, utilizzabile per un eventuale bilancio idrologico (non esistendo ad oggi stazione di misura del deflusso superficiale non è possibile eseguire determinazioni significative).

2.7.4 Venti

La nostra osservazione dei fenomeni meteorologici è stata quindi rivolta alle correnti d'aria che predominano nel periodo estivo, correnti che spingono l'aria ricca di umidità, come è evidenziato nella tabella dal predominare dei venti provenienti da SE e SW, da mare verso terra, favorendo le precipitazioni occulte, ossia la condensazione dell'acqua per escursione termica dovuta all'altitudine.

I dati forniscono la media calcolata per il periodo compreso fra 1949 ed il 1992, dei mesi più interessanti per il fenomeno sopraccitato, con la direzione di provenienza delle correnti d'aria e la percentuale delle correnti spiranti.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
GIUGNO	4,3	9,8	19,2	21,5	4,0	21,3	9,1	3,7
LUGLIO	4,9	9,4	13,1	23,9	2,8	25,8	10,3	4,7
AGOSTO	6,9	12,8	13,9	21,1	2,4	23,3	11,3	5,5

2.7.5 Umidità relativa dell'aria.

L'umidità relativa dell'aria esprime il rapporto fra la quantità di vapore acqueo effettivamente contenuta nell'atmosfera e l'umidità assoluta di saturazione, ovvero il rapporto fra la tensione di vapore presente nell'atmosfera e la tensione di saturazione.

Il valore dello 0% corrisponde all'atmosfera secca, mentre il 100% rappresenta l'atmosfera satura di vapore acqueo.

I dati riportati nella tabella seguente, per la stazione di Imperia, rappresentano la norma calcolata per il periodo compreso fra gli anni 1971 e 1992 durante il corso dell'anno solare, mettendo in risalto un massimo di umidità per i mesi più caldi, quando maggiore è l'evaporazione che avviene sul mare.

G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	MED
60,4	60,0	61,7	62,4	64,1	66,0	65,0	65,8	65,9	63,8	63,3	62,0	63,4

2.7.6 Gerarchizzazione dei corsi d'acqua - L'ordinamento secondo Strahler

I reticoli idrografici dei bacini appartenenti all'ambito in esame evidenziano caratteri simili con pattern subdendritici: ciascuno di essi è infatti caratterizzato da un canale principale che si suddivide in rami via via meno importanti procedendo verso monte secondo forme arborescenti preferenzialmente lungo direzioni NW-SE e SW-NE dettate da un controllo tettonico di lineazioni parallele

La gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo il metodo suggerito da Strahler ha permesso di individuare un'asta di 5° ordine (Torrente Prino) mentre gli altri alvei si mantengono ad ordini inferiori: quarto per il torrente Caramagna, terzo per il Rio Ponticelli e secondo per il Baitè.

2.7.7 Valutazione del trasporto solido

Le correnti idriche trasportano, in natura, materiali solidi incoerenti che derivano dalle azioni erosive sui versanti e dagli sforzi esercitati dalla corrente stessa sull'alveo. I materiali solidi trasportati da una corrente possono muoversi strisciando e rotolando sul fondo dell'alveo (trasporto solido al fondo) oppure essere tenuti in sospensione dall'agitazione turbolenta del moto (trasporto solido in sospensione).

Nei corsi d'acqua naturali non esiste un vero e proprio limite di separazione tra i due processi, ma piuttosto un passaggio graduale da un moto di sedimenti per strisciamento ad un moto per rotolamento e per salti fino alla sospensione completa. Dal punto di vista teorico risulta però conveniente distinguere i due tipi di trasporto.

Nei successivi paragrafi verranno valutate le portate solide per il bacino in oggetto, che sono naturalmente funzione delle caratteristiche della corrente, dell'alveo e del tipo di materiale trasportato.

2.7.7.1 Il trasporto al fondo

Per la valutazione del trasporto solido al fondo sono state proposte numerose equazioni a partire dalla fine del secolo scorso; quelle maggiormente utilizzate nel campo tecnico sono dovute a Meyer-Peter & Muller, ad Ashida & Michiue ed ad Engelund. Ciò che varia, nei diversi approcci teorici, sono i coefficienti di moltiplicazione, mentre è comune assegnare la dipendenza del trasporto solido al fondo al prodotto di funzioni di $g^{3/2}$ e di $\left(\frac{g_c}{g}\right)^{3/2}$, dove il significato dei simboli verrà introdotto di seguito.

La prima, per miscugli di varia granulometria, si scrive:

$$\Phi_F = \frac{q_{sF}}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho}} g d_s^3} = 8g^{3/2} \left(1 - \frac{g_c}{g}\right)^{3/2} \quad (1)$$

la seconda:

$$\Phi_F = \frac{q_{sF}}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho}} g d_s^3} = 17g^{3/2} \left(1 - \frac{g_c}{g}\right) \left(1 - \sqrt{\frac{g_c}{g}}\right) \quad (2)$$

mentre la terza:

$$\Phi_F = \frac{q_{sF}}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} g d_s^3}} = 10g^{3/2} \left(1 - \frac{g_c}{g}\right) \left(1 - 0.7 \sqrt{\frac{g_c}{g}}\right) \quad (3)$$

Nelle tre formule proposte, q_{sF} indica la portata solida al fondo, in volume, per unità di larghezza dell'alveo, ρ e ρ_s le densità rispettivamente dell'acqua e del sedimento, g l'accelerazione di gravità, d_s il diametro del sedimento (suggerito l'uso del d_{50}); J è il parametro di Shields, la cui espressione è la

seguinte: $J = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho)gd_s}$ dove τ_0 rappresenta la tensione al fondo e si può stimare solamente

supponendo il moto uniforme mediante la: $\tau_0 = \gamma Y j$, in cui Y è lo spessore della lama d'acqua, j la pendenza della linea dei carichi, g il peso specifico del fluido. In ultimo, J_c è un valore critico differente per le varie formule, intorno a 0.05.

2.7.7.2 Trasporto solido: Torrente Prino

Per avere una stima del trasporto solido al fondo relativa al torrente Prino si è applicata la formula (1).

In mancanza di curve granulometriche che abbiano definito il d_{50} , si è operata una stima del valore di tale dato;

si considera per esso un valore di 10^{-2} m.

Per il torrente in esame si considera il trasporto in una sezione con le seguenti caratteristiche: larghezza pari a 37 m

pendenza della linea dei carichi totali j pari a 0.7%, come la pendenza del fondo

profondità della lama d'acqua pari a 3 metri.

Tale profondità è quella per cui, in moto permanente, transiterebbe la portata di progetto con periodo di ritorno pari a 250 anni se le arginature fossero alte a sufficienza.

In queste condizioni, sostituendo nella relazione presentata precedentemente, si ottiene il valore stimato della portata solida al fondo, ovvero:

circa $1.6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

2.7.7.3 Trasporto solido: Torrente Caramagna

Per avere una stima del trasporto solido al fondo relativa al torrente Caramagna si è applicata la formula (1).

In mancanza di curve granulometriche che abbiano definito il d_{50} , si è operata una stima del valore di tale dato;

si considera per esso un valore di 10^{-2} m.

Il torrente Caramagna nel suo ultimo tratto prima dell'immissione in mare è caratterizzato da un fondo artificiale, quindi si è effettuato il calcolo del trasporto solido in corrispondenza di una sezione più a monte.

Per il torrente in esame si considera il trasporto in una sezione con le seguenti caratteristiche:

larghezza pari a 10 m

pendenza della linea dei carichi totali j pari a 0.8%, come la pendenza del fondo

profondità della lama d'acqua pari a 2.5 metri.

Tale profondità è quella per cui, in moto permanente, transiterebbe la portata di progetto con periodo di ritorno pari a 250 anni.

In queste condizioni, sostituendo nella relazione presentata precedentemente, si ottiene il valore stimato della portata solida al fondo, ovvero:

circa $0.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

2.8 Individuazione delle aree storicamente inondate

Le aree storicamente inondate sono state rappresentate nella carta specifica (TAV.10 Aree storicamente esondate) e si concentrano principalmente nelle zone immediatamente a monte della foce dei torrenti Prino e Caramagna.

La loro perimetrazione è stata eseguita in base a rilevamenti effettuati in loco immediatamente successivi agli eventi alluvionali del 1998 e 2000 che hanno confermato le criticità stimate nelle verifiche idrauliche, infatti in entrambi gli eventi le zone esondate sono risultate le stesse.

Per quanto riguarda il torrente Caramagna si è verificata l'impossibilità di deflusso della portata al disotto del ponte della S.S.Aurelia con conseguente messa in pressione della struttura, rigurgito a monte ed allagamento delle aree più depresse circostanti il corso d'acqua., in particolare in sponda sinistra dove è presente una estesa zona con abitazioni. L'effetto del livello idrico imposto dal rigurgito a monte del ponte dell'Aurelia e dell'afflusso idrico portato dal rio Artallo (affluente di sinistra del torr.Caramagna) e dal Torr.Caramagna stesso hanno causato l'esondatazione del tratto di corso d'acqua compreso tra circa 200 metri a monte della confluenza dei due e il ponte delle FS. Inoltre il trasporto della vegetazione presente in alveo e l'insufficienza idraulica di alcuni ponti e sezioni nel tratto a monte del ponte della Solerzia hanno contribuito all'esondatazione nelle zone limitrofe.

L'area che è stata interessata dall'esondatazione dell'insufficienza idraulica delle sezioni del torrente Prino è situata nel tratto terminale. Si tratta di una vasta zona residenziale e commerciale, principalmente posta in sinistra idrografica, più una parte in destra che risulta decisamente meno abitata, ma in cui è presente un campeggio e una strada inondabile.

Tuttavia dette aree sono attualmente oggetto di lavori in corso che hanno in parte risolto i problemi di esondatazione.

2.9 Aggiornamento e sistemazione dei dati climatici e meteorologici

La presente relazione idrologica si propone lo scopo di determinare la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno che si può verificare in diverse sezioni significative della rete idraulica costituente il bacino del torrente Prino, del torrente Caramagna, del Rio dell'Inferno e del Rio Baitè.

Lo studio si sviluppa a partire dai dati di pioggia registrati dalle stazioni pluviometriche di interesse per ogni bacino:

Bacino del torrente Prino: la stazione di Tavole, ubicata nella parte montana del bacino, e la stazione di Imperia, ubicata in città.

Bacino del torrente Caramagna: la stazione di Bestagno e la stazione di Imperia. In particolare si rileva che mentre una delle due stazioni ricade all'interno del bacino in esame, l'altra appartiene ad un bacino limitrofo (stazione di Bestagno, bacino torrente Impero), tuttavia l'analisi effettuata attraverso un opportuno metodo (poligoni di Thiessen) ha mostrato come la stazione non appartenente geograficamente al bacino ne descriva comunque le condizioni pluviometriche nella parte montana.

Bacino del Rio dell'Inferno: stazione di Imperia.

Bacino del Rio Baitè: stazione di Imperia.

Attraverso l'elaborazione delle serie di dati pluviometrici sono stati definiti degli eventi di pioggia (ietogrammi) che tengono conto della capacità di infiltrazione del terreno (metodo del CN). L'elaborazione di un adeguato algoritmo di calcolo basato sul modello di Nash ha permesso quindi la determinazione delle portate di massima piena con assegnato periodo di ritorno.

In particolare si rileva che l'introduzione del parametro relativo alla capacità di infiltrazione del terreno costituisce l'elemento fondamentale da cui deriva la differenza tra la portata determinata con il presente studio e quella derivante dalla curva di inviluppo redatta dall'ing. L. Cati a seguito dell'evento alluvionale verificatosi nel 1970.

2.10 Descrizione generale della metodologia di calcolo della portata di piena

La metodologia di calcolo applicata al fine di determinare la portata di massima piena si svolge attraverso due fasi fondamentali.

La prima fase consiste nell'analisi delle precipitazioni registrate dai pluviometri ubicati nel bacino o in punti limitrofi, in modo tale da giungere alla costruzione di eventi meteorici che non siano solo realistici in relazione alla meteorologia dell'ambiente in studio, ma che siano anche fenomeni critici, ovvero precipitazioni la cui distribuzione temporale risulti sfavorevole.

E' infatti accertato come la distribuzione temporale di un evento meteorico influenzi l'idrogramma di piena.

Al fine di raggiungere lo scopo prefissato si è applicata la seguente procedura :

1. definizione delle stazioni pluviometriche interessanti il bacino in esame.
2. determinazione delle curve di possibilità climatica associate a diversi periodi di ritorno.
3. stima del tempo di corrivazione
4. stima del CN (CURVE NUMBER)
5. determinazione degli ietogrammi di progetto

Nell'ambito della seconda fase si applica un modello afflussi deflussi, capace di fornire l'idrogramma di piena avendo come input gli ietogrammi definiti nella fase precedente.

Lo schema metodologico risulta essere:

1. costruzione dell'idrogramma unitario istantaneo
2. calcolo dell'idrogramma di piena attraverso l'integrale di convoluzione secondo il modello di Nash.

2.11 Caratteristiche principali del bacino dei torrenti Prino, Caramagna, Inferno, Baitè

2.11.1 Caratteristiche principali del bacino del torrente Prino

Il torrente Prino è un corso d'acqua a carattere prevalentemente torrentizio che sottende un bacino di 45 Km², interessante i comuni di Imperia e di Dolcedo.

La delimitazione del bacino idrografico è relativa allo scorrimento superficiale in quanto avvenuta attraverso l'individuazione sulla carta topografica della linea spartiacque.

La rete idrografica risulta essere costituita da diversi rii, dei quali i principali sono:

- Rio dei Boschi, che si innesta nel torrente Prino all'altezza di Dolcedo;
- Rio delle Tavole e Rio Furlun che confluendo danno luogo al Rio Tavole, il quale dopo l'unione con il Rio Costiole, scorre sotto il nome di Rio San Giovanni. Questo si immette nel torrente Prino in corrispondenza dell'abitato di Prelà;
- Rio del Crotto con il Rio Fornacche forma il Rio dei Molini, che confluisce nel torrente Prino all'altezza di Prelà;
- Torrente Prino a partire da Prelà fino alla foce.

L'osservazione dello sviluppo della rete idrografica mostra che fino all'altezza di Dolcedo il bacino ha uno sviluppo piuttosto ramificato sia in parte destra che in sinistra orografica. A partire da Dolcedo e proseguendo verso valle, si nota invece che il bacino è sviluppato prevalentemente in destra orografica.

Bacino del torrente Prino.

Per quanto concerne le principali caratteristiche geomorfologiche del bacino, esse sono espresse da due diversi gruppi di parametri, ovvero parametri esprimenti le caratteristiche planimetriche e parametri esprimenti le caratteristiche orografiche.

Le caratteristiche planimetriche del bacino, che esprimono le dimensioni geometriche orizzontali, sono le seguenti

Superficie del bacino	:	S=45 Km ²
Perimetro del bacino	:	P=35 Km
Asta principale:		
1° tratto : Croce Mermelina-Dolcedo	:	L1=8.4 Km.
2° tratto : Dolcedo - Foce	:	L2=6.4 Km.
totale	:	L=14.8 Km.

Rapporto di circolarità: Area del bacino / area del cerchio di ugual perimetro:

$$R_c=0.46$$

Coefficiente di uniformità: Perimetro bacino/circonferenza cerchio di area S

$$C_u=1.47$$

Rapporto di allungamento: Diametro del cerchio di area S/lunghezza dell'asta principale

$$R_a=0.50$$

Altezza media del bacino: Hm=447 m.s.l.m.

L'altezza media del bacino rappresenta la quota corrispondente alla linea di compenso della curva ipsografica di seguito riportata

2.11.2 Caratteristiche principali del bacino del torrente Caramagna

Il torrente Caramagna è un corso d'acqua a carattere prevalentemente torrentizio che sottende un bacino di 22 Km², interessante i comuni di Imperia e di Vasia, compreso entro le displuviali collinari che lo separano dal bacino del torrente Impero ad est e del torrente Prino ad ovest.

La delimitazione del bacino idrografico è relativa allo scorrimento superficiale in quanto avvenuta attraverso l'individuazione sulla carta topografica della linea spartiacque.

Lo sviluppo della rete idrografica risulta essere assai asimmetrico in quanto la presenza di una costa separa in due sottobacini la parte medio alta del comprensorio.

Relativamente alla parte collocata ad est rispetto alla costa stessa, scorre, con andamento piuttosto lineare, il rio Vasia che si immette nel torrente Caramagna all'altezza di Caramagna Ligure.

La parte di bacino ad est della costa è caratterizzata da una rete di drenaggio maggiormente ramificata, infatti procedendo dallo spartiacque verso valle si rileva la presenza del rio Moltedo, rio Montegrazie, rio della Madonna, rio Orti, che attraversa Cantalupo e rio Artallo, il quale per lungo tratto scorre all'interno di una tombinatura.

Bacino del torrente Caramagna.

Per quanto concerne le principali caratteristiche geomorfologiche del bacino, esse sono espresse da due diversi gruppi di parametri, ovvero parametri esprimenti le caratteristiche planimetriche e parametri esprimenti le caratteristiche orografiche.

Le caratteristiche planimetriche del bacino, che esprimono le dimensioni geometriche orizzontali, sono le seguenti

Superficie del bacino : S=22 Km²

Perimetro del bacino : P=20 Km

Asta principale:

1° tratto : Monte Piancavalle - Caramagna : L1=6 Km.

2° tratto Caramagna - Foce : L2=4 Km.

totale : L=10 Km.

Rapporto di circolarità : Area del bacino / area del cerchio di ugual perimetro:

Rc=0.69

Coefficiente di uniformità : Perimetro bacino/circonferenza cerchio di area S

Cu=1.20

Rapporto di allungamento : Diametro del cerchio di area S/lunghezza dell'asta principale

Ra=0.523

Altezza media del bacino: Hm=235 m s.l.m.

L'altezza media del bacino rappresenta la quota corrispondente alla linea di compenso della curva ipsografica di seguito riportata

2.11.3 Caratteristiche principali del bacino del torrente Inferno

Il Rio dell'Inferno è un corso d'acqua che sottende un bacino la cui estensione è pari a 2.7 Km², interessante il comune di Imperia, di Civezza ed il comune di San Lorenzo. Confina ad est con il bacino del torrente Prino ed a ovest con il bacino del torrente San Lorenzo.

In particolare si rinvia all'analisi idraulica, inserita negli allegati idraulici del presente Piano, degli affluenti Rio Ascheri e Rio Canielli interessanti la discarica di RSU Ponticelli il cui ampliamento è stato approvato con provv. Dirigenziale n.h.894 del 10.07.2002.

2.11.4 Caratteristiche principali del bacino del torrente Baitè

Il Rio Baitè è un corso d'acqua che sottende un bacino di 1.1 Km², interessante il comune di Imperia, confinante ad est con il bacino del torrente Impero ed a ovest con il bacino del torrente Caramagna.

La stazione pluviometrica a cui si è fatto riferimento è la stazione di Imperia.

2.12 Definizione delle stazioni pluviometriche di interesse

Le stazioni pluviometriche presenti nell'ambito del comprensorio oggetto di analisi sono le stazioni di Tavole e Imperia, tuttavia si è presa anche in considerazione la stazione di Bestagno, benché ubicata nel bacino del torrente Impero.

Al fine di ottenere una interpolazione spaziale dei dati di precipitazione, si è applicato il metodo dei poligoni di Thiessen, che ha permesso di attribuire ad ogni stazione pluviometrica un'area di competenza.

2.12.1 Stazioni pluviometriche di interesse del bacino del torrente Prino

All'interno del bacino del torrente Prino è presente la stazione di Imperia e la stazione di Tavole.

In base all'applicazione del metodo citato è risultato che il territorio costituente la parte a monte e centrale del bacino è afferente alla stazione di Tavole, mentre il comprensorio vallivo è associato alla stazione di Imperia.

Il metodo dei poligoni di Thiessen ha permesso di determinare le porzioni di territorio afferenti alle stazioni di Tavole ed Imperia che risultano essere percentualmente pari a:

TAVOLE	:	84.4%
IMPERIA	:	15.6%

Ai fini della determinazione degli ietogrammi relativi alla sezione di chiusura si sono considerate entrambe le stazioni con i relativi pesi. Nel caso delle altre sezioni significative si è considerata l'una o l'altra stazione a cui è quindi associato peso 1 a seconda della posizione. Infatti per i sottobacini più a monte, afferenti alla stazione di Tavole sono stati considerati i valori di pioggia qui registrati, mentre per i bacini gravitanti nell'area della stazione di Imperia si è fatto riferimento ai dati di quest'ultima.

I dati pluviometrici disponibili costituiscono un campione sufficientemente numeroso ai fini della determinazione delle curve di possibilità climatica infatti, le registrazioni effettuate dalla stazione di Tavole coprono un intervallo temporale di circa 20 anni a partire dal 1953 fino al 1976, e la stazione di Imperia dispone di 50 anni di osservazione effettuate dal 1935 fino al 1992.

2.12.2 Stazioni pluviometriche di interesse del bacino del torrente Caramagna

Il bacino del torrente Caramagna confina ad est con il bacino del torrente Impero e ad ovest con il bacino del torrente Prino. All'interno del bacino del torrente Caramagna è presente la sola stazione di Imperia, di conseguenza si è fatto riferimento alle stazioni ubicate nei bacini limitrofi, in quanto la variabilità spaziale del fenomeno di precipitazione, all'interno di un nucleo di intensa attività meteorologica, è osservabile dal confronto dei dati registrati in stazioni contigue al comprensorio idrografico.

In particolare si è osservato che all'interno del bacino del torrente Impero è localizzata la stazione di Bestagno, assai prossima alla parte alta del bacino Caramagna, e nel comprensorio relativo al bacino del torrente Prino, in località Tavole, è presente una stazione. Infine, come già detto, si possiedono i dati di precipitazioni registrati nella stazione di Imperia.

Il territorio che costituisce la parte a monte e centrale del bacino è risultato essere afferente alla stazione di Bestagno, mentre il comprensorio vallivo è associato alla stazione di Imperia. Si rileva che l'applicazione del metodo ha evidenziato una competenza areale alla stazione di Tavole estremamente limitata, infatti solo una striscia di ridotta larghezza dipenderebbe dalla stazione di Tavole, conseguentemente, anche a seguito di una analisi dei dati stessi, si è ritenuto opportuno fare riferimento alle sole stazioni di Bastagno e di Imperia.

Il metodo dei poligoni di Thiessen ha permesso di determinare le porzioni di territorio afferenti alle stazioni di Bestagno ed Imperia che risultano essere percentualmente pari a:

BESTAGNO	:	59%
IMPERIA	:	41%

Ai fini della determinazione degli ietogrammi relativi alla sezione di chiusura si sono considerate entrambe le stazioni con i relativi pesi. nel caso delle altre sezioni significative si è considerata l'una o l'altra stazione a cui è quindi associato peso 1a seconda della posizione. Infatti per i sottobacini più a monte, afferenti alla stazione di Bestagno, sono stati considerati i valori di pioggia qui registrati, mentre per i bacini gravitanti nell'area della stazione di Imperia si è fatto riferimento ai dati di quest'ultima.

I dati pluviometrici disponibili costituiscono un campione sufficientemente numeroso ai fini della determinazione delle curve di possibilità climatica infatti, le registrazioni effettuate dalla stazione di Bestagno coprono un intervallo temporale di circa 42 anni a partire dal 1934 fino al 1992, e la stazione di Imperia dispone di 50 anni di osservazione effettuate dal 1935 fino al 1992.

Nel paragrafo successivo sono riportati i valori di pioggia di durata pari a 3/6/12/24 ore registrati da entrambe le stazioni.

2.12.3 Stazioni pluviometriche di interesse bacino del rio dell'Inferno

La stazione pluviometrica a cui si è fatto riferimento è la stazione di Imperia.

2.12.4 Stazioni pluviometriche di interesse bacino del rio Baitè

La stazione pluviometrica a cui si è fatto riferimento è la stazione di Imperia.

Introduzione all'analisi statistica

2.13 Determinazione delle curve di probabilita' climatica

Per determinare le curve di probabilita' climatica è stata utilizzata la seguente formulazione:

$$h = a \times d^n$$

dove:

h= altezza massima

d=durata delle precipitazioni

a= coefficiente

n= coefficiente

I coefficienti a ed n vengono ricavati associando una particolare distribuzione alla serie di dati disponibili, così da ricavare le diverse curve di probabilita' climatica in funzione del periodo di ritorno.

Nel caso in esame è stata associata ai dati una distribuzione di tipo Gumbel, in quanto ha superato il test di Kilmogorov - Smirnov ed è inoltre adatta alla descrizione di valori di massimo.

I coefficienti delle curve di probabilita' climatica risultano definiti come segue:

$$a = c \{1 - k/m \ln \{ \ln [T/(T-1)] \} \}$$

dove:

T= periodo di ritorno

$$K/m = 0.78 \times V / (1 - 0.45 \times V)$$

V= coefficiente di variazione = $\langle v \rangle / \langle u \rangle$

Il coefficiente di variazione V si assume costante, pari al valor medio fra i coefficienti delle serie disponibili, così da non avere intersezioni tra la CDF relative alle diverse durate, in quanto non è accettabile che vi siano altezze massime relative a durate date, superate da altezze relative a durate inferiori per lo stesso periodo di ritorno.

L'esponente n ed il coefficiente a sono determinati a seguito della regressione lineare ai minimi quadrati applicata ai dati, espressi in forma logaritmica, della media riscalata e della durata delle precipitazioni.

Si rileva che la regressione lineare fornisce direttamente il valore di n, in quanto rappresentante il coefficiente angolare della retta, mentre al valore di c, ovvero intercetta della retta, deve essere applicata la funzione esponenziale.

Di seguito sono riportati i valori di pioggia registrati dalle stazioni considerate con relativi parametri utili alla definizione delle curve di possibilità climatica.

Ad ogni stazione pluviometrica è associata una curva di probabilita' climatica per ogni periodo di ritorno.

Relativamente alla stazione di Tavole i parametri determinati sono i seguenti:

c=27.22388	T ₁ =50 anni	T ₂ =100 anni	T ₃ =150 anni	T ₄ =200 anni	T ₅ =250 anni
n=0.453285					
A	62.24719	68.51424	72.16871	74.75842	76.76583

Relativamente alla stazione di Imperia i parametri determinati sono i seguenti:

c=22.42951	T ₁ =50 anni	T ₂ =100 anni	T ₃ =150 anni	T ₄ =200 anni	T ₅ =250 anni
n=0.352578					
A	52.10024	57.40951	60.50547	62.6994	64.40002

Relativamente alla stazione di Bestagno i parametri determinati sono i seguenti:

c=21.08452	T ₁ =50 anni	T ₂ =100 anni	T ₃ =150 anni	T ₄ =200 anni	T ₅ =250 anni
n=0.412079					

A	57.17693	63.63528	67.4013	70.07007	72.13876
---	----------	----------	---------	----------	----------

L'osservazione delle curve di possibilità climatica riportate nelle due pagine

2.14 Stima del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione indica il tempo impiegato da una unità di volume di acqua per raggiungere il recapito finale.

In letteratura sono disponibili diverse formule ai fini del calcolo del tempo di corrivazione, una delle più note è sicuramente la formula proposta da Giandotti, che tuttavia in questo studio è stato ritenuto opportuno non applicare in quanto ricavata per i bacini padani. Si è infatti riscontrato che un calcolo del tempo di corrivazione con tale formula risulta essere assai elevato, conseguentemente si è preferito adottare una formula diversa, ovvero la formula proposta da Kirpich che fornisce un valore plausibile per il bacino preso in esame.

La formula utilizzata ai fini della stima del tempo di corrivazione è la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.066 \times L^{0.77} \times [1000 \times L / (H_{\max} - H_0)]^{0.385} \quad [\text{ore}]$$

dove:

L = lunghezza dell'asta principale

H_{\max} = quota massima del bacino

H_0 = quota alla sezione di chiusura

I tempi di corrivazione calcolati con la formula di Kirpich in corrispondenza delle sezioni significative riportati nelle tabelle sottostanti:

BACINO DEL TORRENTE PRINO

Sezione	t_c (ore)	Sezione	t_c (ore)
Foce	1.8	Sez. E	1.11
Sez. B	1.43	Sez. F	0.55
Sez. C	1.11	Sez. G	0.42
Sez. D	0.52		

BACINO DEL TORRENTE CARAMAGNA

Sezione	t_c (min)	Sezione	t_c (min)	Sezione	t_c (min)
Foce	68.80	Rio Orti Sez F	20.69	Sez. L	12.09
Rio Artallo Sez B	25.94	Sez. G	38.26	Sez. M	23.24
Sez. D	13.12	Sez. H	43.16	Sez. N	14.21
Sez. E	10.42	Sez. I	18.01	SezO	19.05

BACINO DEL RIO DELL'INFERNO

L = lunghezza dell'asta principale = 2.4 Km.

H_{\max} = quota massima del bacino = 357 m. s.l.m.

H_0 = quota alla sezione di chiusura = 0 m. s.l.m.

t = tempo di corrivazione = 15 min.

BACINO DEL RIO DEL RIO BAITE'

L = lunghezza dell'asta principale = 0.4 Km.
 H_{max} = quota massima del bacino = 267 m. s.l.m.
 H_0 = quota alla sezione di chiusura = 0 m. s.l.m.
 t = tempo di corrivazione = 5 min.

2.15 Determinazione degli ietogrammi di progetto

Le curve di possibilità climatica, come precedentemente esposto, forniscono l'altezza massime di precipitazione al variare della durata, e conseguentemente da esse si ricavano gli ietogrammi di progetto, ovvero l'andamento dell'intensità di pioggia al variare del tempo. Benchè le curve di possibilità climatica siano riferite ad altezze di pioggia con durata minima un'ora ai fini della determinazione degli ietogrammi si è ritenuta lecita l'estrapolazione di intensità di pioggia con durata inferiore all'ora.

Nel caso in esame si sono adottati gli ietogrammi di tipo Chicago che prevedono un andamento crescente dell'intensità di pioggia fino ad un valore di picco, al quale segue un andamento decrescente dell'intensità.

La durata complessiva della precipitazione è assunta pari a circa 3 volte il tempo di di corrivazione, considerando un fenomeno pluviometrico di durata pari a 4 ore, il cui picco di massima intensità si verifica dopo 2 ore dall'inizio della precipitazione.

La scelta di ietogrammi con andamento a campana è giustificato dall'opportunità di riferirsi agli eventi più sfavorevoli per il bacino, allorchè se ne ricerca la portata di massima piena. Con il modello elaborato sono state infatti effettuate prove con ietogrammi aventi andamenti diversi, ad esempio andamento crescente, ed è emerso che la situazione più sfavorevole si ha in conseguenza di un evento pluviometrico caratterizzato da un andamento a campana.

Tali ietogrammi sono caratterizzati dalla proprietà di mantenere per ogni durata anche parziale, misurata rispetto al picco, l'intensità media di precipitazione congruente con quella definita dalle curve di possibilità climatica.

In corrispondenza di ogni stazione e per ogni periodo di ritorno, si è determinato uno ietogramma di progetto con andamento a campana.

Gli ietogrammi sono stati quindi trasformati in ietogrammi di pioggia efficace attraverso l'introduzione del valore esprimente la capacità di infiltrazione del terreno. La precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale, è stata infatti ottenuta depurando gli ietogrammi dalle perdite per infiltrazione e per immagazinamento delle depressioni superficiali. Il metodo utilizzato è quello proposto dal Soil Conservation Service, noto come Curve Number, basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento.

La procedura consente di calcolare l'intensità di pioggia sulla base della seguente espressione:

$$h_n = (h - I_a)^2 / (h - I_a + S)$$

dove:

h_n = altezza di pioggia efficace

I_a = quota parte della pioggia affluita che si infila prima che il deflusso abbia inizio

S = potenziale specifico di assorbimento del terreno

in particolare:

$$S = 254 \times (100/CN - 1)$$

$I_a = 0.2 S$ indicazione del Soil Conservation Service

Evidentemente il passaggio altezza di pioggia efficace-intensità di pioggia efficace avviene dividendo l'altezza di pioggia per il tempo.

La stima del parametro CN dipende dalla natura idrologica del suolo in relazione alla permeabilità ed all'uso del territorio; sulla base delle caratteristiche del bacino in esame si è adottato il valore CN = 92, in quanto tale valore è suggerito per suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie e condizioni antecedenti l'evento molto umide.

Così determinati gli ietogrammi efficaci di ciascuna stazione si sono costruiti gli ietogrammi efficaci validi per la sezione di chiusura attraverso una media pesata. La media è pesata in relazione all'incidenza percentuale dell'area afferente alle due diverse stazioni rispetto all'area totale del bacino.

In relazione a quanto sopra si ricorda che l'area competente a ciascuna stazione è risultata dall'applicazione del metodo dei poligoni di Thiessen.

Nelle pagine seguenti sono riportati gli ietogrammi efficaci inseriti nell'algoritmo elaborato.

2.16 L'idrogramma unitario

L'idrogramma unitario rappresenta la funzione di trasferimento dall'intensità di pioggia, ovvero lo ietogramma di progetto, alla risposta del bacino idrografico.

Si è utilizzato il modello di Nash, con il quale il bacino idrografico è schematizzato da una cascata di n serbatoi uguali disposti in serie, per ciascuno dei quali si assume che il volume invasato V sia direttamente proporzionale alla portata scaricata Q secondo la relazione lineare:

$$V = K \times Q$$

essendo K un tempo caratteristico legato alle modalità di vuotamento del generico serbatoio.

L'idrogramma unitario istantaneo di questo modello si ottiene applicando la regola che fornisce l'idrogramma unitario istantaneo corrispondente all'insieme di n modelli posti l'uno in serie all'altro.

Per un afflusso istantaneo la portata uscente da un serbatoio lineare risulta:

$$u(t) = 1/k \times e^{-t/k}$$

L'idrogramma unitario istantaneo corrispondente all'insieme di n serbatoi si ottiene eseguendo la convoluzione dell'idrogramma unitario istantaneo relativo ai primi n-1 serbatoi con l'idrogramma unitario istantaneo associato all'n-esimo serbatoio.

In conclusione quindi l'idrogramma unitario istantaneo corrispondente ad un insieme di n serbatoi uguali posti in cascata l'uno rispetto all'altro risulta essere:

$$u(t) = \frac{1}{(n-1)! \times k} \times \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} \times e^{-t/k}$$

ovvero l'idrogramma unitario sintetico la cui forma varia al variare del parametro n e del parametro k, quest'ultimo funzione del tempo di corrivazione secondo la relazione:

$$k = 0.5 \times t_c / (n - 1)$$

Nel caso in esame si è assunto n= 3, valore accettato per i bacini liguri.

Di seguito è riportato l'andamento dell'idrogramma unitario istantaneo relativo alla sezione di chiusura del bacino (foce).

2.16.1 L'idrogramma di piena

La risposta del bacino idrografico agli impulsi di precipitazione descritti dallo ietogramma è fornita dall'integrale di convoluzione secondo la relazione:

$$Q(t) = S \int_0^t u(t - \tau) \times p(\tau) d\tau$$

dove:

$p(\tau)$ rappresenta la precipitazione

$u(t - \tau)$ rappresenta l'idrogramma unitario.

L'integrale di convoluzione è stato calcolato tramite un opportuno programma di calcolo, con il quale la funzione è stata discretizzata con un intervallo temporale pari a quello utilizzato per la determinazione dello ietogramma.

Dai grafici relativi alla sezione di chiusura di seguito riportati, si può osservare che esiste un ritardo fra il tempo di picco della precipitazione e il picco dell'idrogramma coerentemente con il fenomeno fisico che si attua.

2.17 Portate di piena torrente Prino

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del torrente Prino in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

PORTATE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (FOCE) in m³/s

T ₁ = 50 anni	T ₂ = 100 anni	T ₃ = 150 anni	T ₄ = 200 anni	T ₅ = 250 anni
384	435	465	486	503

In base allo studio eseguito emerge in maniera evidente la notevole differenza tra il valore leggibile dalla Curva Inviluppo redatta dall'Ing. I. Cati (720 m³/s) ed il valore determinato con il metodo descritto (503 m³/s). Presumibilmente i fattori che determinano tale discordanza sono essenzialmente due, ovvero la capacità di infiltrazione e ritenzione del terreno di cui in questa sede si è tenuto conto ed inoltre la metodologia con cui la Curva Inviluppo è stata ricavata. Infatti, come già accennato in precedenza, i dati in base ai quali la Curva è stata aggiornata sono riferiti all'evento alluvionale verificatosi nella zona nord-est della Liguria.

Di seguito sono riportati gli idrogrammi relativi alle sezioni significative considerate e i relativi valori di portata.

Portate relative a tutte le sezioni considerate

Come illustrato precedentemente le piogge sono registrate da due diverse stazioni pluviometriche, ovvero Imperia e Tavole. Ai fine della determinazione della portata di piena con tempo di ritorno assegnato, relativa a sezioni localizzate all'interno del bacino si è considerata ora l'una, ora l'altra stazione a sonda dell'ubicazione della sezione stessa.

In particolare, infatti, si riscontra che le sezioni ubicate nella parte a monte del bacino dipendono esclusivamente dalla stazione di Tavole e conseguentemente solo ad essa si è fatto riferimento per il calcolo degli ietogrammi di progetto. Relativamente alle sezioni ubicate nella parte a valle del bacino, invece, si è considerata la solo stazione di Imperia.

Si precisa infine che le portate sono state tutte calcolate con il metodo illustrato precedentemente.

Nella tabella sono riportate le sezioni riferite alla relativa stazione di competenza, dove la simbologia ha il seguente significato:

S	= superficie (Kmq.)	L	= lunghezza asta (Km.)
H _{max}	= quota massima del bacino (m.)	H ₀	= quota alla sezione di chiusura
tc(h)	= tempo di corrivazione in ore	tc(m)	= tempo di corr. in minuti
Q()	= portata in mc/s		

SEZIONE AFFERENTE ALLE STAZIONI DI TAVOLE ED IMPERIA

sez. B

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
40	14.6	1100	35	1.43	377	428	458	480	496

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 640 \text{ m}^3/\text{s}$$

SEZIONI AFFERENTI ALLA STAZIONE DI TAVOLE

sez. C

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
33.7	11.6	1100	80	1.11	364	415	444	466	482

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 505 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. D

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
3.2	6	1100	80	0.52	45	52	56	59	61

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 96 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. E

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
30	11.6	1100	80	1.11	330	375	402	421	436

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 457 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. F

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
11	6	1100	220	0.55	152	175	189	199	206

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 275 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. G

S	L	Hmax	H0	tc(h)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
8	3.9	720	230	0.42	117	136	147	154	160

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 195 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.18 Portate di piena torrente Caramagna

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del torrente Caramagna in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

PORTATE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (FOCE) in m ³ /s				
T 1 = 50 anni	T 2 = 100 anni	T 3 = 150 anni	T 4 = 200 anni	T 5 = 250 anni
192	221	238	250	260

In base allo studio eseguito emerge in maniera evidente la notevole differenza tra il valore leggibile dalla Curva Inviluppo redatta dall'Ing. I. Cati (406 m³/s) ed il valore determinato con il metodo descritto (260 m³/s) presumibilmente i fattori che determinano tale discordanza sono essenzialmente due, ovvero la capacità di infiltrazione e ritenzione del terreno di cui in questa sede si è tenuto conto ed inoltre la metodologia con cui la Curva Inviluppo è stata ricavata. Infatti, come già accennato in precedenza, i dati in base ai quali la Curva è stata aggiornata sono riferiti all'evento alluvionale verificatosi nella zona nord-est della Liguria.

Si sottolinea inoltre che recenti studi hanno mostrato una evidente disomogeneità tra l'intensità delle precipitazioni che si verificano nella parte occidentale della Liguria rispetto ai superiori valori che si registrano nella zona più a levante.

Nell'allegato sono riportati gli idrogrammi relativi alle sezioni significative considerate e i relativi valori di portata.

Portate relative a tutte le sezioni considerate

Come illustrato precedentemente le piogge sono registrate da due diverse stazioni pluviometriche, ovvero Imperia e Bestagno. Ai fini della determinazione della portata di piena con tempo di ritorno assegnato, relativa a sezioni localizzate all'interno del bacino si è considerata ora l'una, ora l'altra stazione a seconda dell'ubicazione della sezione stessa.

In particolare, infatti, si riscontra che le sezioni ubicate nella parte a monte del bacino dipendono esclusivamente dalla stazione di Bestagno e conseguentemente solo ad essa si è fatto riferimento per il

calcolo degli ietogrammi di progetto. Relativamente alle sezioni ubicate nella parte a valle del bacino, invece, si è considerata la sola stazione di Imperia.

Si precisa infine che le portate sono state tutte calcolate con il metodo illustrato precedentemente.

Nella tabella sono riportate le sezioni riferite alla relativa stazione di competenza, dove la simbologia ha il seguente significato:

S	= superficie (Kmq.)	L	= lunghezza asta (Km.)
H _{max}	= quota massima del bacino (m.)	H ₀	= quota alla sezione di chiusura
tc(h)	= tempo di corrivazione in ore	tc(m)	= tempo di corr. in minuti
Q()	= portata in mc/s		

SEZIONI AFFERENTI ALLA STAZIONE DI IMPERIA

Rio Artallo sez. B

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
2	3.5	332	7	0.432	26	37	41	44	46	48

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. C

Q(250)
212

sez. D

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
1	1.4	332	75	0.164	10	16	19	21	22	23

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 29 \text{ m}^3/\text{s}$$

sez. E

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
0.5	1.4	225	26	0.173	10	19	21	22	23	24

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rio Orti sez. F

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
1.7	3	400	32	0.345	21	38	42	45	47	49

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$$

SEZIONI AFFERENTI ALLA STAZIONE DI BESTAGNO

T. Caramagna sez. G

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
7.6	5.8	578	39	0.638	38	109	125	134	141	146

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere: $Q = 228 \text{ m}^3/\text{s}$

Rio Vasia sez. H

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
5.6	7	732	39	0.719	43	110	127	136	143	149

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere: $Q = 168 \text{ m}^3/\text{s}$

Rio Vasia sez. I

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
3	3.1	732	150	0.300	18	74	85	91	95	98

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere: $Q = 90 \text{ m}^3/\text{s}$

Rio della Madonna sez. L

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
1.3	2	500	60	0.201	12	42	48	51	53	55

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere: $Q = 46 \text{ m}^3/\text{s}$

sez. M

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
5.7	4.4	578	60	0.470	28	101	116	125	131	135

Si osserva che tale valore di portata è inferiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere: $Q = 170 \text{ m}^3/\text{s}$

Rio Montegrazie sez. N

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)
1.9	2.3	515	75	0.237	14	52	59	63	66	69

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere: $Q = 67 \text{ mc./s}$

Rio Moltedo sez. O

S	L	Hmax	H0	tc(h)	tc(m)	Q(50)	Q(100)	Q(150)	Q(200)	Q(250)

3	3.1	578	75	0.317	19	72	82	88	92	95
---	-----	-----	----	-------	----	----	----	----	----	----

Si osserva che tale valore di portata è superiore al valore che si ottiene dalla curva inviluppo, che infatti risulta essere:

$$Q = 90 \text{ m}^3/\text{s}$$

OSSERVAZIONE

Si può osservare che talvolta i valori di portata calcolati sono lievemente maggiori rispetto a quelli ottenuti con la curva inviluppo, (benchè sempre dello stesso ordine di grandezza) ciò presumibilmente è dovuto al fatto che il metodo di calcolo utilizzato in questa sede tiene conto, attraverso il tempo di corrivazione funzione della lunghezza dell'asta e della differenza di quota tra punto più alto e chiusura, dell'acclività dei versanti e della struttura del bacino stesso, mentre la curva inviluppo per due bacini con caratteristiche completamente diverse ma con ugual superficie, fornisce lo stesso valore di portata.

2.19 Portate di piena del t. Inferno

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del Rio dell'Inferno in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

PORTATE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (FOCE) in m ³ /s				
T 1 = 50 anni	T 2 = 100 anni	T 3 = 150 anni	T 4 = 200 anni	T 5 = 250 anni
41	47	52	55	57

La portata letta sulla Curva Inviluppo è pari a $Q = 108 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.20 Portate di piena rio Baitè

In base allo studio effettuato emerge che i valori di massima piena alla sezione di chiusura del bacino del Rio Baitè in corrispondenza dei diversi periodi di ritorno, risultano essere i seguenti:

PORTATE ALLA SEZIONE DI CHIUSURA (FOCE) in m ³ /s				
T1 = 50 anni	T2 = 100 anni	T3 = 150 anni	T 4 = 200 anni	T 5 = 250 anni
17	19	21	22	23

La portata letta sulla Curva Inviluppo è pari a $Q = 44 \text{ m}^3/\text{s}$

2.21 Portate di Piano

A seguito della determinazione delle formule di regionalizzazione delle portate da parte del centro di Ricerca e monitoraggio ambientale di Savona (CIMA), a cui si rimanda per la trattazione completa, si riportano i valori delle portate alla foce dei torrenti indagati:

TORRENTE	PORTATA T= 50 ANNI (m ³ /s)	PORTATA T= 200 ANNI (m ³ /s)	PORTATA T= 500 ANNI (m ³ /s)
PRINO	370	540	650
CARAMAGNA	130	190	230
BAITE'	30	44	53

Per il calcolo della portata nelle diverse sezioni di interesse lungo l'asta principale dei torrenti Prino e Caramagna le formule da utilizzare per il dimensionamento di nuove opere o per l'adeguamento di quelle esistenti sono quindi le seguenti per T=200 anni :

TORRENTE	PORTATA T= 200 ANNI (m ³ /s)	NOTE
PRINO	32,67 x A ^{0.75}	Dalla foce alla confluenza con rio dei Boschi
PRINO	30,1 x A ^{0.75}	Dalla confluenza con il rio dei Boschi alla confluenza con il rio Crotto
PRINO	27.14 x A ^{0.75}	Dalla confluenza con il rio Crotto alla confluenza con il rio Furchin
RIO DEI BOSCHI (AFFLUENTE DEL T. PRINO)	26,46 x A ^{0.75}	Dalla confluenza con il t. Prino alla zona Acquasanta
RIO CROTTO (AFFLUENTE DEL T. PRINO)	22,5 x A ^{0.75}	Dalla confluenza con il t. Prino alla zona Case Carli
CARAMAGNA	20,75 x A ^{0.75}	Dalla foce alla confluenza con il rio Vasia
CARAMAGNA	14,65 x A ^{0.75}	Dalla confluenza con il rio Vasia al rio Moltoedo
RIO VASIA (AFFLUENTE DEL T. CARAMAGNA)	22.53 x A ^{0.75}	Dalla confluenza con il t. Caramagna alla zona costa S. Andrea

Dove A = superficie (Km²) dell'area del bacino imbrifero sotteso alla sezione di interesse dell'opera.

Per tutti i rimanenti torrenti dell'ambito del presente Piano di Bacino, compresi pertanto gli affluenti delle suddette aste principali non menzionati nella precedente tabella, caratterizzati da una superficie di bacino compresa tra 2 e 10 Km² le formule da utilizzare per il dimensionamento di nuove opere o per l'adeguamento di quelle esistenti sono quindi le seguenti per T=200 anni :

classificazione dei bacini regionali per la stima del valore di CN.

Tipo	Descrizione	CN
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	92
B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	87
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	75
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

Il riferimento alle condizioni standard sopra riportate consente di esprimere la portata con tempo di ritorno 2.9 anni come:

$$Q_{2.9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3 s^{-1}];$$

mentre le portate per il tempo di ritorno del piano (T=200 anni) si ottengono dalla $Q_T = 5.02 Q_{2.9}$ $[m^3 s^{-1}];$

Il coefficiente di portata, C_Q , in funzione del tipo di bacino e della sua posizione è il seguente :

Piano di Bacino dei Torrenti Prino, Caramagna, Inferno e Baitè

Longitudine gradi	primi	Bacino Tipo			
		A	B	C	D
7	30	5,15	4,30	3,29	2,89
7	32,5	5,24	4,38	3,35	2,94
7	35	5,34	4,46	3,41	3,00
7	37,5	5,44	4,54	3,47	3,05
7	40	5,54	4,62	3,54	3,11
7	42,5	5,63	4,70	3,60	3,16
7	45	5,73	4,79	3,66	3,22
7	47,5	5,83	4,87	3,73	3,27
7	50	5,93	4,95	3,79	3,33
7	52,5	6,03	5,04	3,86	3,38
7	55	6,13	5,12	3,92	3,44
7	57,5	6,23	5,21	3,98	3,50
8	0	6,33	5,29	4,05	3,55
8	2,5	6,43	5,37	4,11	3,61
8	5	6,53	5,45	4,17	3,66
8	7,5	6,63	5,54	4,24	3,72
8	10	6,73	5,62	4,30	3,77
8	12,5	6,82	5,70	4,36	3,83
8	15	6,92	5,77	4,42	3,88
8	17,5	7,01	5,85	4,48	3,93
8	20	7,10	5,93	4,54	3,98
8	22,5	7,19	6,00	4,59	4,03
8	25	7,28	6,07	4,65	4,08
8	27,5	7,36	6,14	4,70	4,13
8	30	7,44	6,21	4,75	4,17
8	32,5	7,48	6,25	4,78	4,20
8	35	7,52	6,28	4,80	4,22
8	37,5	7,55	6,30	4,82	4,24
8	40	7,58	6,33	4,84	4,25
8	42,5	7,61	6,35	4,86	4,27
8	45	7,63	6,37	4,87	4,28
8	47,5	7,65	6,38	4,89	4,29
8	50	7,66	6,40	4,89	4,30
8	52,5	7,67	6,40	4,90	4,30
8	55	7,67	6,41	4,90	4,31
8	57,5	7,68	6,41	4,90	4,31
9	0	7,67	6,40	4,90	4,30
9	2,5	7,66	6,40	4,90	4,30
9	5	7,65	6,38	4,89	4,29
9	7,5	7,63	6,37	4,87	4,28
9	10	7,60	6,35	4,86	4,26
9	12,5	7,57	6,32	4,84	4,25

9	15	7,53	6,29	4,81	4,22
9	17,5	7,49	6,25	4,78	4,20
9	20	7,44	6,21	4,75	4,17
9	22,5	7,41	6,18	4,73	4,15
9	25	7,38	6,16	4,72	4,14
9	27,5	7,35	6,14	4,70	4,12
9	30	7,32	6,11	4,67	4,10
9	32,5	7,27	6,07	4,65	4,08
9	35	7,22	6,03	4,61	4,05
9	37,5	7,16	5,98	4,58	4,02
9	40	7,10	5,93	4,53	3,98
9	42,5	7,02	5,86	4,49	3,94
9	45	6,94	5,80	4,44	3,90
9	47,5	6,86	5,72	4,38	3,85
9	50	6,76	5,64	4,32	3,79
9	52,5	6,65	5,56	4,25	3,73
9	55	6,54	5,46	4,18	3,67
9	57,5	6,42	5,36	4,10	3,60
10	0	6,30	5,26	4,02	3,53
10	2,5	6,16	5,14	3,94	3,46
10	5	6,02	5,02	3,84	3,37
10	7,5	5,86	4,89	3,75	3,29
10	10	5,70	4,76	3,64	3,20
10	12,5	5,53	4,62	3,54	3,10

2.22 Relazione Idraulica

2.22.1 Verifica idraulica preliminare - Moto Uniforme

Detta verifica consiste nel valutare innanzi tutto la massima portata defluente, a pelo libero, nelle sezioni critiche delle varie tombinature, e nel confrontarla con la portata massima di progetto valutata con periodi di ritorno pari a 50-200-500 anni, così come determinata nella relazione idrologica del presente lavoro.

Si è adoperato lo schema di moto uniforme, utilizzando la formulazione di Gauckler-Strickler, di seguito riportata:

$$Q = AK_s R^{2/3} \sqrt{i_f}$$

essendo $A [m^2]$ l'area della sezione idraulica, $K_s [m^{1/3}s^{-1}]$ il coefficiente di scabrezza alla Gauckler-Strickler, $R [m]$ il raggio idraulico ed i_f la pendenza del fondo.

Per il coefficiente di scabrezza si sono assunti valori pari a $35 m^{1/3}s^{-1}$, $45 m^{1/3}s^{-1}$ a seconda dello stato di conservazione delle pareti e del fondo alveo di ogni torrente.

2.22.2 Tratti con moto permanente

La verifica idraulica adottata è stata condotta in moto permanente utilizzando il modello matematico di calcolo implementato su calcolatore elettronico denominato HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineering.

Le formule adottate sono quelle contenute nella moderna letteratura in materia e sono basate sull'equazione del bilancio energetico:

$$y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Dove:

Y = altezze d'acqua in due sezioni consecutive del corso d'acqua in m

Z = quota del fondo alveo in due sezioni consecutive del corso d'acqua in m

V = velocità medie in due sezioni consecutive del corso d'acqua in m/s

g = accelerazione di gravità in m/s²

α = coefficiente di Coriolis

h_e = perdite di carico tra una sezione e la successiva del corso d'acqua in m

Le perdite di carico tra le due sezioni successive vengono calcolate con un analogo procedimento iterativo e sono in diretta dipendenza con la scabrezza dell'alveo.

Nei casi in cui il profilo liquido dell'acqua passa attraverso la profondità critica, la suddetta equazione dell'energia non è più applicabile; in tali casi si applica pertanto l'equazione del momento:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \rho \Delta V_x$$

dove:

P = pressione idrostatica nelle due sezioni consecutive del corso d'acqua

W = forza peso dell'acqua nella direzione x (direzione del moto)

F = forza d'attrito della corrente

Q = portata del corso d'acqua

ρ = densità dell'acqua

ΔV = variazione della velocità tra le due sezioni consecutive

I dati da fornire in input al modello matematico sono costituiti essenzialmente dalle caratteristiche geometriche del corso d'acqua (sezioni trasversali, lunghezze dei singoli tratti, altezze del fondo alveo), dal valore della portata di verifica e dalle condizioni idrauliche al contorno (condizioni di moto all'inizio e alla fine del tratto analizzato).

I suddetti valori insieme alle caratteristiche geometriche delle sezioni di progetto sono stati quindi implementati nel modello matematico in cui è stato ipotizzato come ulteriore dato di avvio della simulazione il moto uniforme della corrente nel tratto di monte (tratto a sezione costante) e nel tratto di valle dell'alveo considerato. I risultati sono riportati negli allegati specifici.

2.23 Fenomeni di instabilità nei versanti e nella rete idrografica

Una prima osservazione dei fenomeni ha messo in evidenza come gli stessi interessino aree ad elevata acclività in coltre o in roccia particolarmente fratturata.

A questo proposito si può constatare facilmente che il litotipi più franosi nell'ambito del territorio in oggetto sono quelli appartenenti ai lembi pliocenici.

Considerazione diverse interessano invece i paleoaccumuli interessanti estese aree, spesso edificate, in stato attuale di equilibrio ma riattivabili specie se sottoposti all'erosione torrentizia, al ruscellamento diffuso superficiale o alla infiltrazione di acque dovute alla cattiva regimazione superficiale.

2.24 Catasto delle opere idrauliche

I risultati del catasto delle opere idrauliche sono materializzati nei volumi e nella cartografia allegata in cui viene fornita la localizzazione e la documentazione fotografica.

2.25 Censimento delle attività estrattive

L'unica attività estrattiva degna di menzione risulta essere una cava di materiale lapideo sita immediatamente Nord Ovest di Poggio Superiore: si tratta di un'area a superficie limitata in cui il materiale viene estratto mediante escavatore meglio individuata nella carta geomorfologica.

2.3.CARTA DEI CORSI D'ACQUA PUBBLICI

La base cartografica utilizzata per la redazione della carta dei corsi d'acqua pubblici è la Carta tecnica regionale nella scala 1:10.000 cartacea e in formato raster.

Sono state tracciate tutte le aste fluviali dalla foce alle origini, compresi affluenti e subaffluenti e tutta la rete idrologica minore .

Le aste fluviali di primo ordine che non hanno origine da sorgente e lunghezza inferiore ai 500 m. vengono escluse.

Per le aste fluviali di primo ordine che non hanno origine da sorgente e hanno lunghezza superiore ai 500 m. vengono esclusi i primi cinquecento metri.

Per le aste fluviali di primo ordine che sboccano direttamente a mare e lunghezza superiore ai 500 m. vengono esclusi i primi cinquecento metri.