

dott. Luigi cavalli - geologo - 15048 valenza (al) - via raffaello 9
tel. uff. (0131) 952227 - tel. abit. (0131) 947931
Studio tecnico di geologia applicata

c.f.: CVL LGU 40C10 A182B - p. i.v.a. 00481220069

COMUNE DI CALAMANDRANA

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA RIGUARDANTE LO STUDIO DELLE AREE INTERESSATE DA NUOVI INSEDIAMENTI RESIDENZIALI E PRODUTTIVI PREVISTI DALLA VARIANTE AL P.R.G.C. E DI ADEGUAMENTO IN CONSEGUENZA DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL NOVEMBRE '94

Integrata e modificata ai sensi delle osservazioni formulate
dalla Direzione Regionale Pianificazione e Gestione Urbanistica
della Regione Piemonte

(Nel testo le parti scritte in grassetto rappresentano le parti di testo aggiunto, le parti barrate rappresentano il
testo eliminato)

Ottobre 2000

Dott. Geol. Luigi Cavalli

INDICE

1. Premessa	pag.	5
-------------------	------	---

2. Metodologia del lavoro.....	pag.	7
3. Il territorio	pag.	9
4. Inquadramento geologico generale.....	pag.	11
4.1 Geologia locale del territorio	pag.	12
4.2 Le formazioni geologiche affioranti	pag.	13
4.2.1 Arenarie di Serravalle	pag.	14
4.2.2 Marne di S. Agata Fossili.....	pag.	16
4.2.3 Coltre eluvio-colluviale	pag.	17
4.2.4 Depositi alluvionali quaternari.....	pag.	18
4.2.5 Alluvioni attuali degli alvei attivi dei corsi d'acqua.....	pag.	19
5. Gli elaborati	pag.	20
5.1 Carta geologico-strutturale	pag.	20
5.2 Carta geoidrologica.....	pag.	20
5.3 Carta geomorfologica e dei dissesti.....	pag.	21
5.4 Carta del censimento delle opere idrauliche e della dinamica fluviale del torrente Belbo.....	pag.	23
5.5 Carta delle aree inondate	pag.	24
5.6 Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica.....	pag.	25
6. Zone residenziali di espansione.....	pag.	31
6.1 Zona Ca4.....	pag.	31
6.2 Ampliamento della zona residenziale Ba4	pag.	32
6.3 Zone RN1.....	pag.	34

7. Zone artigianali e produttive	pag.	36
7.1 Zona Da.....	pag.	36
7.2 Ampliamento dell'area artigianale Dd7.....	pag.	38
7.3 Zone Dc3 e Dc4.....	pag.	39
7.4 Zona Dc5.....	pag.	40
7.5 Ampliamento dell'area industriale Dc1	pag.	41
7.6 Ampliamento dell'area artigianale Dd4.....	pag.	42
8. Integrazioni riguardanti alcune aree del P.R.G.C. originario o Varianti precedenti, richieste dalla Regione Piemonte - Servizio Geologico.....	pag.	44
8.1 Settore dell'area Dd1 compreso tra la Strada Comunale ed il corso d'acqua di Valle delle Chiozze	pag.	44
8.2 Area industriale Dc2	pag.	45
8.3 Area di rispetto e di riserva Gf8	pag.	47
9. Conclusioni ed indicazioni operative per la Variante Specificata al P.R.G.C.....	pag.	47

1. Premessa

La Variante al P.R.G.C. del Comune di Calamandrana prevede alcune aree destinate a nuovi insediamenti residenziali e produttivi, in relazione alle prospettive di sviluppo ipotizzate dallo Strumento Urbanistico.

Per queste aree è richiesta, come ulteriore Allegato tecnico in conformità all'art. 14 della L.R. 5/12/1977 n.56, la relazione geologico-tecnica con la quale siano evidenziate le caratteristiche dei terreni interessati dai nuovi insediamenti, quali accorgimenti siano da adottare in sede preventiva per le nuove opere e quindi, in ultima analisi, accertare che le aree scelte o incluse dagli Estensori della Variante di P.R.G.C. siano idonee, dal punto di vista geologico-tecnico, ad essere sede di quanto previsto.

Esse sono state oggetto di indagini particolareggiate per le quali sono stati tenuti presenti i risultati delle ricerche con cui il territorio del Comune di Calamandrana è stato a suo tempo rappresentato con le diverse "Carte Tematiche" approntate per il P.R.G.C. originario e le successive Varianti (Carta geolitologica, Carta dei dissesti idrogeologici, Carta della stabilità), suddividendo il territorio stesso in classi a diverso rischio idrogeologico.

In particolare, i risultati delle indagini evidenziati nella precedente "Carta della stabilità", sono stati molto utili per le scelte di sviluppo e di indirizzo, per cui oggi risulta in gran parte facilitato l'esame delle singole aree di nuova espansione previste dagli Amministratori comunali.

Nell'anno 1997 erano stati quindi portati a termine gli studi richiesti dalla Normativa vigente e prescritti dalla Circolare del Presidente della Giunta Regionale n.7 LAP del 6/5/96, con l'elaborazione di uno "Schema di relazione geologico-tecnica riguardante lo studio delle aree interessate da nuovi insediamenti residenziali e produttivi previsti dalla Variante specifica al P.R.G.C.", nonché ulteriori indagini relative ai corsi d'acqua minori presenti nel territorio comunale al fine di definire le fasce di rispetto dagli stessi corsi d'acqua, in relazione alle portate di massima piena con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Tali indagini sono state sottoposte all'esame del Servizio Geologico Regionale il quale,

con il parere n.5485 del 28/08/1997, ha richiesto alcune integrazioni.

L'Amministrazione Comunale, nell'accogliere in parte le osservazioni presentate al progetto preliminare ha definito alcune variazioni all'assetto del progetto stesso.

Ciò ha comportato la revisione degli elaborati con la stesura di una prima relazione datata aprile 1998.

Successivamente nei mesi autunnali dello stesso anno 1998 e durante l'esame della documentazione da parte dei Funzionari della Regione Piemonte -Direzione regionale servizi tecnici di prevenzione - Settore Prevenzione Territoriale del Rischio Geologico - Area di Asti, Vercelli e Biella, sono emerse alcune problematiche riguardanti il rischio geomorfologico della parte collinare del territorio, le quali hanno condotto ad un approfondimento delle indagini, anche a seguito della pubblicazione della Legge 3/08/1998 n.267 "Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 11/06/98 n.18 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania"

Questo Ufficio ha apportato le modifiche richieste alla "Carta geomorfologica e dei dissesti" e, d'intesa con gli Urbanisti, ha proposto una riclassificazione della "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" rielaborando infine i calcoli idraulici sulle fasce di rispetto dei rii minori con un'integrazione alla relazione geologico-tecnica in data 3 dicembre 1998.

Ora, con nota n.2.100/20.5 del 18/3/99 la Regione Piemonte ha espresso un ultimo parere sul Progetto definitivo contenente alcune ulteriori lievi modifiche che hanno comportato la riedizione delle relazioni, nonché altre limitate modifiche della "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica".

2. Metodologia del lavoro

Le aree prescelte per i nuovi insediamenti sia nel Concentrico che nei vari agglomerati sono state dunque oggetto di analisi particolareggiate per le quali, oltre ai rilievi diretti di cui si è già parlato, sono state utilizzate anche le fotografie aeree dalle quali è stata derivata l'ortofotocarta della nuova Carta Tecnica Regionale di tutto il territorio.

Su questa base topografica è stato rielaborato inoltre il rilievo geologico ex novo di tutto il territorio in scala 1:10.000, evidenziando con maggior precisione i contatti stratigrafici e tettonici tra le varie formazioni.

I principali parametri fisici esaminati sono stati i seguenti:

- formazioni geologiche affioranti;
- giacitura degli strati;
- potenza presunta del suolo agrario;
- drenaggio;
- soggiacenza della falda;
- condizioni di stabilità;
- caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti.

Pur essendo di fronte a previsioni di carattere urbanistico generale sono stati utilizzati i risultati di alcune indagini geotecniche ed idrogeologiche effettuate negli ultimi anni nella zona, con il supporto di accertamenti diretti in aree di scavo attualmente esistenti o limitrofe alle zone dei nuovi interventi.

In particolare, negli anni scorsi ed ancora nei mesi estivi dell'anno 1997 sono state effettuate diverse prospezioni geognostiche nella Frazione S.Giovanni ed in fregio alla strada comunale di Bruciati per lo studio di versanti interessati da movimenti franosi, acquisendo importanti conoscenze dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico di queste parti del territorio, mentre sono stati tenuti presenti i risultati degli studi effettuati, sempre attraverso prove penetrometriche, nei pressi di C.na Cavallo, nel fondovalle del rio Garbazzola, nonché le indagini per la formazione dei numerosi P.E.C. realizzati in località Quartino e S.Vito.

Ulteriore ed importante scopo della presente relazione è stato quindi quello di ottemperare a quanto stabilito dal D.M. 11/3/1988 (Supplemento ordinario alla G.U. n.127 del 1 giugno 1988), avente per oggetto le "Indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" nonché dalla Circolare del Presidente della Giunta Regionale del Piemonte del 18 luglio 1989 n.16/URE, la quale richiama la necessità di adeguate conoscenze, dal punto di vista geologico-tecnico delle aree scelte per i nuovi insediamenti residenziali e produttivi.

Appare dunque chiaro come la presente relazione si prefigga di fornire al Comune di Calamandrana la traccia per la corretta interpretazione sia per le prescrizioni previste dalle disposizioni legislative appena citate, sia per quelle proposte dalla relazione sulle caratteristiche geomorfologiche ed idrologiche di tutto il territorio.

Come già accennato, sono stati perciò rielaborati alcuni allegati geologici al precedente P.R.G.C. secondo le nuove disposizioni della Circolare del Presidente della Giunta Regionale n.7 LAP, approvata in data 6/05/1996 ed avente per oggetto le specifiche tecniche per

l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli Strumenti urbanistici, riesaminando la situazione attuale del territorio comunale alla luce degli eventi alluvionali che hanno colpito tutta la valle del torrente Belbo nell'autunno del 1994 aggiornando la "Carta geomorfologica e dei dissesti", ed elaborando la "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" secondo quanto prescritto dalla succitata Circolare, approntando infine l'ulteriore nuovo elaborato della "Carta Geoidrologica".

La "Carta delle aree inondate in occasione dell'evento alluvionale del Novembre 1994" é stata rappresentata in scala 1:5.000 con i rilievi specifici effettuati sia dalla "Carta di primo impiego" della Banca Dati della Regione Piemonte e sia dall'Ufficio Geologico della Provincia di Asti.

Seguendo le prescrizioni regionali é stata infine elaborata la "Carta della dinamica fluviale e del censimento delle opere idrauliche" anch'essa in scala 1:10.000.

3. Il territorio

Il Comune di Calamandrana (1.459 abitanti al censimento 1991) si estende su una superficie di 12,74 Km² ed é ubicato nei rilievi collinari dell'Astigiano Meridionale, localmente incisi dalla vallata del T. Belbo, affluente di destra del F. Tanaro.

Il lineamento orografico del territorio comunale é quindi caratterizzato dalla presenza di tale vallata che separa i rilievi collinari a Nord, piú sfumati, da quelli meridionali piú aspri e con elevazioni di quota all'estremo Sud.

Il fondovalle principale é assai piatto e taglia il territorio comunale da Sud-Ovest a Nord-Est con una discreta ampiezza, specie in rapporto con l'alveo ordinario del Torrente, abbastanza ristretto.

Il Nucleo storico del Capoluogo comunale (Chiesa Vecchia) é ubicato su di un aspro sperone a Sud della pianura, mentre la parte piú recente (Quartino) é situata nella vallata del torrente Belbo, per la quale é previsto uno sviluppo insediativo.

La quota piú depressa (138 m s.l.m.) é posta in corrispondenza dell'uscita del T. Belbo dal territorio comunale, mentre i rilievi principali sono posti nella parte meridionale del territorio con le quote piú elevate in corrispondenza del confine Sud nei pressi di C.na Caffare (circa 340 m s.l.m.).

La maggioranza dei rilievi é comunque compresa tra 200 m di altitudine ed i 300 m

circa.

Il territorio comunale é raffigurato in diverse Cartografie ufficiali, e precisamente:

- F. 69 “Asti” della Carta d’Italia I.G.M. in scala 1:100.000;
- F. 69 “Asti “ della Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000;
- Tavole: II SO “Calamandrana” (agg. 1966); II NO “Mombercelli” (agg. 1966), II SE “Calamandrana” (agg. 1966); II NE “Nizza Monferrato” (agg. 1966) in scala 1:25.000;
- Sezioni n.193040 “Castelnuovo Calcea”, n.193080 “Calamandrana”, n.194010 “Nizza Monferrato” e n.194050 “Castel Rocchero” della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000, agg. 1991

La Sede comunale presenta la seguente localizzazione:

- Coordinate chilometriche U.T.M.: 32TMQ47485408
- Coordinate geografiche: 44° 44’ 08”, lat. Nord 4° 07’ 00”, long. Ovest da Monte Mario

4. Inquadramento geologico generale

Come già accennato, la morfologia del territorio riflette la natura geologica dei terreni che ne formano il substrato, in quanto il modellamento dovuto al clima ed all’azione erosiva dei corsi d’acqua ha agito in maniera diversa in funzione della litologia e dell’assetto strutturale dei terreni che compongono i rilievi collinari.

Essi sono formati da depositi marini di età relativamente recente, attribuiti ad una successione di rocce sedimentarie, costituenti l’unità strutturale sedimentaria denominata “Bacino Terziario Ligure-Piemontese”, legate alle alterne fasi di trasgressione-regressione del

passato livello marino e rappresentate essenzialmente da conglomerati, arenarie, marne ed argille, che ricoprono in discordanza stratigrafica le grandi unità geologiche sottostanti (Liguridi e Alpi a Sud).

Durante il periodo pliocenico tutto il “Bacino Terziario” é stato interessato da un generalizzato innalzamento della parte a Sud del fiume Tanaro con un abbassamento a Nord, in corrispondenza del bacino alessandrino e della pianura di Asti e tale fenomeno (basculamento) ha comportato una modifica del reticolato idrografico con fenomeni di cattura fluviale, anche molto recenti, come la variazione del tracciato dello stesso fiume Tanaro e l’abbassamento del livello di base di tutti i suoi affluenti, testimoniato dalle profonde incisioni dei corsi d’acqua presenti a Sud dello stesso Bacino dove la maggior parte della valle Belbo presenta attualmente un assetto tettonico monotono con giacitura degli strati verso Nord, mentre l’inclinazione prevalente dei medesimi risulta variabile da 10° a 15°.

I versanti, anche nel territorio di Calamandrana, presentano un modellamento asimmetrico in funzione della giacitura degli strati, con disposizioni alternativamente a franapoggio ed a reggipoggio e quindi con diversi processi di degradazione.

4.1 Geologia locale del territorio

Il territorio comunale é costituito da un substrato profondo composto da unità geologiche antiche (Cretaceo-eoceniche) sopra al quale si trova una più recente successione di depositi marini di copertura iniziata con i conglomerati dell’Oligocene i quali si sono depositati in condizioni di mare poco profondo con elevata energia dell’ambiente fisico.

La sequenza è continuata con fasi alterne di deposizioni dei materiali provenienti dallo smantellamento delle terre emerse circostanti con variazioni di intensità e differenti profondità rispetto alla superficie marina, formando così intervalli ciclici di trasgressioni-regressioni.

Nell’ambito del territorio di Calamandrana si hanno a Sud gli affioramenti delle “Arenarie di Serravalle” (Miocene, Serravalliano) che rappresentano depositi di mare poco profondo, sormontati in successione stratigrafica dalle “Marne di S. Agata Fossili” (Miocene Superiore, Tortoniano), le quali indicano invece condizioni di mare molto più profondo.

La differente litologia delle due formazioni causa vistose variazioni morfologiche che segnano il limite tra il Monferrato Meridionale e le Langhe, le quali presentano rilievi più elevati ed aspri, soprattutto in virtù del ringiovanimento in corso lungo l’asta del torrente Belbo e nell’intero Piemonte meridionale in conseguenza della citata cattura della testata dell’antico Tanaro da parte di un corso d’acqua che iniziava tra Alba e Bra.

L'assetto tettonico dell'area è relativamente indisturbato e presenta un'inclinazione regionale degli strati con debole immersione verso Nord-NordEst senza particolari oscillazioni.

In tale contesto, i passati fondali man mano emergevano e venivano smantellati dai processi di demolizione, in svariati cicli geomorfologici controllati e causati da numerosi fattori.

E' iniziata così la deposizione nelle incisioni vallive dei depositi continentali legati al normale ciclo erosivo fluviale, deposizione affiancata da vari eventi di pedogenesi, legati soprattutto ai periodi interglaciali.

Il modellamento delle vallate ad opera delle acque correnti superficiali ha subito un notevole influsso geologico, in conseguenza delle variazioni di litologia e per l'assetto tettonico, nonché dell'asimmetria dei versanti con un cambiamento della direzione di drenaggio.

4.2 Le formazioni geologiche affioranti

La formazione è l'unità litostratigrafica fondamentale utilizzata dall'attuale Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 ed è definita come un "corpo roccioso caratterizzato da una particolare composizione litologica, cartografabile e distinto dalle unità circostanti".

Le verifiche effettuate sul terreno non mostrano difformità rispetto alla cartografia ufficiale, per cui nei paragrafi seguenti verranno descritte le formazioni geologiche affioranti nell'area in esame, seguendo la terminologia riportata nella legenda del Foglio n.69 "Asti" della citata Carta Geologica d'Italia.

La descrizione formazionale è stata ordinata in base all'età, a partire dalle più antiche per arrivare alle più recenti, nell'intento di realizzare una descrizione stratigrafica che, assieme alle considerazioni già esposte nei paragrafi precedenti, permetta a chi legge di ricostruire la storia geologica del territorio, comprendendo l'assetto e le differenti caratteristiche geomeccaniche.

Sarà così possibile comprendere l'attuale paesaggio, prevederne l'evoluzione futura ed individuarne meglio la vocazione gestionale del suolo.

4.2.1 Arenarie di Serravalle - Miocene Medio

Gran parte del territorio collinare di Calamandrana è costituito dall'areale di affioramento della formazione geologica in oggetto, molto conosciuta in letteratura anche per la vistosità delle sue esposizioni in molte località del Piemonte meridionale.

Essa costituisce inoltre il substrato dei depositi alluvionali quaternari della pianura del Belbo e della pianura alla confluenza con il rio Garbazzola e con il rio Molinello.

Le "Arenarie di Serravalle" si estendono, come molte altre formazioni del Bacino Terziario Ligure-Piemontese, in una fascia assai estesa tra la sinclinale astigiana, al centro del Bacino, e al suo bordo meridionale.

Esse sovrastano in successione stratigrafica la formazione delle "Marne di Cessole", con locali eteropie, mentre il loro limite superiore (che interessa estesamente il territorio comunale) è costituito da una breve transizione stratigrafica con le "Marne di S. Agata Fossili".

Il territorio di Calamandrana mostra delle esposizioni denudate, anche ampie, principalmente a Sud del T. Belbo, che consentono l'affioramento delle rocce in questione; viene così mostrata la parte superiore della formazione costituita da strati con spessore decimetrico limitati da superfici di stratificazione piano parallele continue che immergono debolmente verso Nord-Est ($10^{\circ} \div 15^{\circ}$ di massima pendenza) con leggere oscillazioni o dispersioni.

In tutto il territorio non sono segnalate faglie o pieghe visibili e la giacitura degli strati giustifica la presenza delle pareti scoscese, concentrate particolarmente nei pendii a reggipoggio.

Dal punto di vista litologico la formazione è costituita da rocce fortemente eterogenee (per sequenze e spessore): sabbie senza strutture interne, arenarie grigio-giallastre laminate in bancate compatte (da medio sottili a molto spesse) passanti a marne sabbioso-siltose grigie, arenarie o sabbie poco cementate.

I litotipi delle varie facies hanno differente comportamento geotecnico in quanto si passa da rocce coerenti (per gli strati arenacei o arenaceo-pelitici più cementati) a semicoerenti (rocce con legami cementizi molto scarsi o semplicemente ben compattate), come nel caso delle bancate sabbiose che divengono a volte incoerenti a contatto con gli agenti atmosferici e, limitatamente, a pseudocoerenti (coerenti se asciutte ed incoerenti quando sono imbevute d'acqua) in qualche modo nel caso dei livelli più fini, pelitici, scarsi e quasi sempre sabbiosi e/o calcarei.

Il peso di volume del materiale fresco è sempre discretamente elevato ($1,85 \div 1,95 \text{ t/m}^3$) e le alterazioni sono lievi, mentre anche gli angoli di attrito interno dei livelli sabbiosi sono compresi tra i valori di 28° e 36° .

La permeabilità é bassa o nulla, ma si ha spesso un minimo di drenaggio con qualche orizzonte che, nei casi di versanti orientati favorevolmente, consente delle fuoriuscite d'acqua di limitata portata.

In ogni caso si tratta sempre di materiali con buona compattezza e resistenza ai processi di degradazione, come dimostrato dalle elevate acclività dei versanti.

Nel territorio si sono registrati alcuni movimenti franosi per scivolamento planare in aree non abitate ed il rischio per gli areali di affioramento delle "Arenarie di Serravalle" o nelle aree di interesse urbanistico è trascurabile o comunque limitato, mentre il pericolo di franamenti per scivolamento si ha invece per lo più nelle pareti con stratificazione a franapoggio.

Le caratteristiche geotecniche di tale formazione sono comunque buone, mentre il suolo derivante dalle "Arenarie" presenta potenzialità non elevatissime, con possibilità di movimenti gravitativi della coltre di alterazione dovuti prevalentemente a copiose infiltrazioni o eccessive acclività, a particolari condizioni litostratigrafiche oppure per coltivazioni improprie.

Bosco, nocioleti, prati e vigneti sono da considerarsi le vocazioni preferenziali dei rilievi in questione, tuttavia la realizzazione di terrazzamenti agricoli può rappresentare un rischio a lungo termine in quanto essi richiedono una manutenzione costante negli anni, con pericoli idrogeologici in caso di abbandono a causa della possibilità di ristagno sulle superfici pianeggiate.

4.2.2 Marne di S. Agata Fossili - Miocene Superiore

Tale formazione occupa la parte settentrionale del territorio di Calamandrana dove si registra una generale mancanza o scarsità di affioramenti dovuta alla presenza di una potente coltre di alterazione e di suolo agrario, per cui il substrato geologico è osservabile solamente in occasione di sbancamenti, anche se il limite con la formazione sottostante è ben individuabile per le variazioni morfologiche del paesaggio.

In linea generale si può affermare che si tratta di marne grigio-azzurre, con possibili livelli più sabbiosi giallastri a causa della presenza di noduli di solfuri di ferro i quali a contatto con gli agenti atmosferici si ossidano originando il tipico cambiamento della colorazione dal grigio-azzurro al giallastro.

Le caratteristiche litotecniche delle Marne di S. Agata Fossili sono generalmente omogenee e sufficientemente discrete se i materiali sono freschi e non posti a contatto con infiltrazioni idriche persistenti di origine naturale (ad esempio per la presenza di orizzonti più sabbiosi e permeabili) od antropica: si tratta infatti nella quasi totalità di terreni pseudocoerenti.

Certamente i parametri geotecnici non sono favorevoli come per le "Arenarie di Serravalle" ed infatti si generano rilievi meno elevati e più tondeggianti che consentono lo sviluppo di una coltre di alterazione e di un suolo assai potenti.

Si hanno così in occasione di eventi meteorologici eccezionali numerosi movimenti franosi per saturazione e fluidificazione dei terreni sciolti superficiali o “soil - slip”, modesti per volume e profondità dei piani di scorrimento, ma molto diffusi in tali occasioni e man mano più sporadici per piovosità minori, mentre sono possibili movimenti gravitativi coinvolgenti il substrato, qui costituiti da frane di scoscendimento o scorrimenti rotazionali, eventualmente tendenti a colata.

La descrizione degli elaborati cartografici illustra i litotipi costituenti la formazione come siltiti marnose con comportamento nel complesso assimilabile a quello di terreni coesivi.

I suoli sono in gran parte costituiti da depositi colluviali e copertura rimaneggiata a causa dei lavori agricoli, con diffusa instabilità dei medesimi, mentre l'areale di affioramento delle “Marne di S. Agata Fossili” si presenta già discretamente edificato e si presta ad un moderato incremento della stessa densità edilizia con interventi particolarmente incentrati nelle zone più sicure come le cime dei rilievi o le dorsali od altri casi di siti particolarmente idonei (versanti localmente poco acclivi, alcune basi dei medesimi, giacitura favorevole, ecc.).

L'uso del suolo ottimale è rappresentato dai vigneti, dai boschi e dai prati, con le cautele per le arature molto profonde e la necessità di una attenta regimazione delle acque superficiali.

4.2.3 Coltre eluvio-colluviale - (Olocene - Pleistocene).

Alla base di rilievi collinari delimitanti le principali vallate che interessano il territorio di Calamandrana e nei fondovalle dei rii secondari sono stati individuati depositi di origine eluvio-colluviale a matrice prevalentemente limoso-argillosa derivanti dall'alterazione delle formazioni geologiche affioranti negli stessi rilievi.

Trattasi di depositi caratterizzati da un modesto grado di permeabilità rappresentati principalmente da argille residuali normal-consolidate con buoni parametri geotecnici, come dimostrato dalle indagini dirette effettuate mediante prove penetrometriche o assaggi geognostici nelle pareti ove essi affiorano e dove é possibile accertarne la potenza variabile da 2 m a 6 m circa.

4.2.4 Depositi alluvionali quaternari - (Pleistocene Recente, Olocene).

Il Comune di Calamandrana è attraversato da quattro vallate principali, rispettivamente del torrente Belbo, del rio Garbazzola, del rio Molinello, e del rio S.Giovanni, nonché da alcuni tributari minori.

Si tratta di depositi non ben distinguibili perché non terrazzati o terrazzati in modo poco chiaro ed in parte antropizzati, per cui nell'intero Foglio "Asti" della Carta Geologica d'Italia è risultata problematica la delimitazione tra le ultime alluvioni legate alle glaciazioni (Fluviale Recente) e quelle postglaciali, anche per le più recenti.

Per quanto riguarda la litologia, si ha ovunque una base di ghiaia e sabbie di colore grigio con alcuni ciottoli i quali rappresentano il primo riempimento successivo ad un'ondata erosionale ad alta energia.

Sopra tali livelli che ricoprono il substrato terziario si hanno orizzonti di sabbie, di colore nocciola o grigio con un aumento della frazione fine verso l'alto, ovvero di limi ed argille che in taluni casi possono testimoniare la presenza di antichi suoli.

I sedimenti descritti ospitano sempre una falda acquifera, la cui superficie libera si pone ad una profondità variabile tra 3 m ed 4 m dal piano di campagna.

L'originaria superficie topografica dei depositi alluvionali è stata modificata dalla progressiva urbanizzazione del territorio con la realizzazione di nuove costruzioni in rilevato e la formazione di depressioni isolate o contropendenze, le quali hanno contribuito al verificarsi di fenomeni di allagamento in occasione degli eventi di esondazione del torrente Belbo.

Dal punto di vista geotecnico tali sedimenti presentano buoni parametri e risultano quindi idonei ad ospitare le nuove costruzioni che verranno realizzate in questa parte pianeggiante del territorio, le quali peraltro presentano tipologie costruttive abbastanza modeste.

4.2.5 Alluvioni attuali degli alvei attivi dei corsi d'acqua - (Olocene).

Il torrente Belbo scorre nel territorio comunale con un alveo ad andamento sinuoso, ovvero con ampie anse e con passate divagazioni riscontrate in tracce molto chiare e nette.

Il canale è approfondito rispetto al piano di campagna e, a differenza dell'alveo che si riscontra a monte di S.Stefano B., diminuisce il numero delle isole o barre vegetate con un canale di deflusso molto regolare e modellato.

Negli ultimi anni, dopo la piena del Novembre 1994, si ha un fondo-alveo con depositi

sabbioso-limosi di colore tabacco ancora poco vegetati e debolmente ma nettamente reinciati dall'erosione fluviale successiva alla deposizione stessa.

I materiali di trasporto e risulta dell'attività dei corsi d'acqua hanno interessato ripetutamente l'intera pianura di Calamandrana, ove però l'attività non è descrivibile se non con l'analisi storica fornita dalla letteratura, che testimonia un elevato trasporto solido in tutti gli eventi alluvionali, anche se non sempre con la medesima intensità.

5. Gli elaborati

5.1 Carta geologico-strutturale

Tale elaborato basato su osservazioni di geologia di superficie, derivanti dal rilievo geologico ex novo di campagna integrato dall'analisi delle fotografie aeree e per una migliore utilizzazione applicativa, le formazioni sono state ordinate in base alla loro età, privilegiando la descrizione delle caratteristiche litotecniche e granulometriche e seguendo la classificazione riportata dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 nel F. n.69 "Asti" che comprende l'area.

La "Carta geologico-strutturale" allegata si propone di essere uno strumento oggettivo, cioè atto a servire da supporto per altri elaborati ed in grado di permettere ai Tecnici di effettuare valutazioni autonome per ogni indagine futura che abbia per oggetto lo studio del territorio.

Il grado di permeabilità delle formazioni affioranti, derivante soprattutto dalle loro caratteristiche deposizionali e geotecniche, pur non essendo completo per rappresentare la situazione idrogeologica locale, permette tuttavia di ottenere una sintesi sulle capacità che il sottosuolo offre per la progettazione di nuovi pozzi, e nello stesso tempo risulta utile per completare il quadro geomorfologico di base.

5.2 Carta geoidrologica

Questo elaborato, tracciato sulla base di osservazioni dirette e ricavato anche dalla bibliografia e dai documenti ufficiali reperibili presso l'Ente Regionale (Cartografia C.S.I. - Piemonte), la Provincia di Asti e l'Ufficio Tecnico Comunale, si propone di delineare un quadro sintetico dell'idrografia di superficie e della permeabilità.

Allo studio del substrato geologico, cioè dei fattori passivi del processo geodinamico di superficie, si affianca così quello dei corsi d'acqua, o dei fattori attivi (assieme al clima) a completare il quadro geomorfologico di base.

Su questa carta tematica sono stati quindi tracciati gli alvei attuali di piena ordinaria e gli spartiacque principali, secondo la gerarchizzazione dei corsi d'acqua di Strahler (1958), mentre tutto il territorio comunale è stato suddiviso nei vari bacini pertinenti ad ogni corso d'acqua.

La "Carta geoidrologica" fornisce inoltre informazioni sulle caratteristiche idrauliche principali della falda, nella zona di pianura, ed in essa sono stati quindi riportati i pozzi censiti nel territorio nonché quelli utilizzati per le misure freaticometriche, effettuate nel mese di gennaio '97, accanto ai quali sono state indicate le soggiacenze della stessa falda e le quote assolute della superficie piezometrica, il cui andamento è stato indicato mediante linee isopieze e direzioni prevalenti del deflusso idrico sotterraneo.

5.3 Carta geomorfologica e dei dissesti

L'elaborato prende in esame gli elementi geomorfologici presenti nel territorio, nonché la dinamica dei versanti, con la verifica della presenza di dissesti in atto o avvenuti in passato, e l'analisi della dinamica fluviale.

In particolare sono stati rappresentati su tale Carta gli orli delle scarpate di degradazione, frequenti nella parte meridionale del territorio in corrispondenza delle più profonde incisioni dei corsi d'acqua che hanno dato origine a pareti spesso verticali, nonché gli orli di scarpate dovute all'erosione fluviale nei depositi alluvionali di pianura, spesso non ben riconoscibili sul terreno a causa dei continui livellamenti e spianamenti.

Per quanto riguarda i dissesti in atto e gli antichi movimenti franosi essi sono stati rappresentati seguendo le indicazioni del Servizio Geologico Nazionale nella “Carta Geomorfologica d’Italia” e distinguendo i fenomeni gravitativi in funzione del tipo di movimento che li ha generati: prevalentemente per scorrimento planare.

Una notevole difficoltà si ha nella schematizzazione (pur con la Guida della cartografia tematica regionale C.S.I. - C.N.R.) di dissesti anche molto differenti tra loro: ben diversi sono infatti i soliflussi dalle frane che si possono verificare negli areali di affioramento delle “Arenarie di Serravalle”, costituite da rocce molto compatte e con strati molto potenti disposti con una immersione verso Nord-NordEst.

Sono state inoltre delimitate porzioni di versante dissestate da fenomeni di soliflusso riguardanti prevalentemente la coltre di alterazione superficiale e localizzati principalmente in corrispondenza di locali ispessimenti del suolo agrario o di versanti con pendenze superiori a 30°, oppure interessati da colture agrarie improprie o ruscellamento diffuso.

L’osservanza dell’art.30 della Legge Urbanistica Regionale (punto 5b), relativo al divieto di nuove costruzioni ed opere di urbanizzazione “in tutte le aree soggette a dissesto, a pericolo di valanghe o di alluvioni o che comunque presentino caratteri geomorfologici che le rendano inidonee a nuovi insediamenti”, si é ottenuta con l’inibizione dell’edificabilità nelle aree di frana e con una serie di valutazioni recepite dalla “Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica”, che divide il territorio in diverse classi di rischio.

Sul nuovo elaborato é stata infine indicata la zona esondabile per eventi di piena con tempi di ritorno compresi tra 25 e 50 anni ripresa e ridisegnata dalla “Carta delle aree inondabili” edita dalla Regione Piemonte - Banca Dati Geologica nonché gli alveo-tipi per i principali corsi d’acqua, anch’essi desunti dalla “Carta degli alveo-tipi e portate” della stessa Regione Piemonte - Banca Dati Geologica.

Le due nuove classi proposte con le integrazioni del dicembre 1998 sono le seguenti:

- “Porzioni di versanti caratterizzate da forti pendenze (superiori a 35°) o scarpate naturali dovute prevalentemente alle incisioni dei rii principali, nonché alla particolare giacitura degli strati.”
- “Porzioni di versanti interessate da fenomeni di ruscellamento diffuso e con locali ispessimenti del suolo agrario che possono provocare movimenti gravitativi della coltre di alterazione.”

Esse sono localizzate prevalentemente nella parte meridionale del territorio comunale

dove affiorano rocce più resistenti che hanno dato luogo a forti incisioni dei corsi d'acqua in corrispondenza delle testate dei principali assi drenanti, con notevoli rotture di pendenza o accumuli sui versanti di coltri di alterazione molto potenti e caratterizzate da una morfologia ondulata la quale testimonia antiche mobilizzazioni del suolo.

5.4 Carta del censimento delle opere idrauliche e della dinamica fluviale del torrente Belbo

Questo elaborato é stato espressamente richiesto dalla Regione Piemonte, Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, ed esso illustra tutti gli elementi riguardanti la dinamica fluviale del torrente Belbo, ricavati sia dai rilievi diretti effettuati nel territorio sia dall'esame delle cartografie disponibili prodotte in seguito all'evento alluvionale del novembre '94 ("Carta di primo impiego" pubblicata dalla Regione Piemonte) nonché dall'analisi delle fotografie aeree per l'individuazione di vecchi tracciati del corso d'acqua o di paleoalvei.

Nello stesso elaborato sono state riportate le ubicazioni delle principali opere idrauliche censite nel territorio, al fine di esprimere una valutazione di massima circa la capacità di attenuazione della pericolosità legata alla dinamica fluviale.

Durante il censimento sono state considerate in particolare quelle opere che possono rappresentare una limitazione al regolare deflusso idraulico nell'ottica di una loro successiva modifica o rimozione.

Sulla "Carta del censimento delle opere idrauliche e della dinamica fluviale del torrente Belbo" é riportata la precisa ubicazione delle opere censite ed esse sono illustrate nell'allegato atlante fotografico in quanto non é stato possibile redigere le apposite schede non essendo stati ritrovati dati di archivio significativi.

Le opere oggetto di censimento riguardano alcuni tratti del rio Molinello, del rio Garbazzola, del rio Valle Chiozze, e del rio San Giovanni ed esse sono rappresentate principalmente da tratti di corsi d'acqua incanalati, ponticelli, difese spondali e tubazioni di attraversamento.

Il deflusso delle acque risulta in alcuni casi ostacolato dalla presenza di tali manufatti, ad esempio a causa di ponti con luce ridotta (foto n.6), di tratti d'alveo caratterizzati da una folta vegetazione arbustiva sulle sponde e sul fondo (foto n.2, n.8), di tubazioni di attraversamento di piccolo diametro (foto n.9), mentre in altri casi la canalizzazione del fondo e delle sponde accelera la circolazione idrica (foto n.5).

5.5 Carta delle aree inondate

Con questa carta in scala 1:5.000 sono state indicate le porzioni di territorio interessate dall'onda di piena dell'evento alluvionale del novembre 1994.

I dati relativi alle zone inondate sono stati ricavati dai rilievi della Regione Piemonte ("Carta di primo impiego" - Banca Dati Geologica) e dalla Provincia di Asti ("Carta delle aree inondate" - Ufficio geologico) ed essi differiscono leggermente, risultando più ampia la zona indicata dalla Regione Piemonte rispetto a quella rilevata dalla Provincia di Asti.

Le aree inondate interessano prevalentemente il fondovalle del torrente Belbo con ampiezze variabili nel territorio ed in linea di massima esse sono delimitate in sponda sinistra dalla base dei rilievi collinari ed in sponda destra dal rilevato ferroviario.

5.6 Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica

Questa carta tematica finale costituisce l'interpretazione sintetica di tutte le considerazioni e delle rappresentazioni svolte precedentemente ed essa rappresenta il risultato delle analisi e delle valutazioni che gli Estensori delle presenti note hanno dovuto effettuare partendo dalle conoscenze geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche già illustrate.

La suddivisione del territorio di Calamandrana in classi di rischio idrogeologico é stata assai complessa, essendo molteplici i fattori che incidono nelle valutazioni, sia per lo stato di fatto che per l'evoluzione che assume nel tempo il paesaggio, con particolare riguardo alle modifiche antropiche (nuove urbanizzazioni ed insediamenti in genere, tra cui le infrastrutture) ed alle possibilità di sistemazioni idrogeologiche (ad esempio disalvei, manutenzioni in generale e/o creazione di argini), alcune delle quali già in atto, per cui le variabili sono numerose ed influiscono con diverso peso.

E' stato tuttavia seguito l'originario schema metodologico regionale, pur con lievi modifiche necessarie per l'adattamento alla realtà incontrata.

Si ottempera così alla Normativa regionale la quale richiede che il territorio sia suddiviso in diverse classi di rischio idrogeologico con la determinazione dei vincoli di inedificabilità o di edificabilità controllata, secondo le necessità emerse dall'analisi dei vari fattori fisici.

Con queste premesse, e con le modifiche proposte dalla Regione Piemonte ed accolte, il territorio del Comune di Calamandrana é stato suddiviso nelle seguenti classi di pericolosità geomorfologica, rispettivamente per la zona collinare e per la zona di pianura:

AREE COLLINARI:

- Classe IIIa: rappresenta le “Porzioni di territorio inedificate con caratteri geomorfologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti.”

Sono racchiuse in questa classe le aree dissestate, o con frane in atto.

- Classe IIIa1: rappresenta le “Porzioni di territorio sporadicamente edificate caratterizzate da versanti acclivi o forti incisioni dei rii, dove possono essere ammessi soltanto insediamenti di tipologia sparsa e destinati alle categorie connesse con le attività consentite nei territori agricoli. Gli interventi di nuova edificazione e di ampliamento dovranno in ogni caso essere preceduti da indagini geologico-tecniche volte ad accertare gli elementi di degrado idrogeologico in un intorno non inferiore ai 400 m dall’area, a definire gli interventi di riassetto territoriale e a stabilire le opere di risanamento più idonee”

Questa classe comprende le aree ad elevata acclività e le maggiori incisioni dei corsi d’acqua principali.

- Classe IIIa2: rappresenta le “Porzioni di territorio anch’esse poco edificate, le quali presentano soltanto potenziali pericoli geomorfologici dovuti a fenomeni di soliflusso, ad ispessimenti anomali del suolo agrario e ruscellamento diffuso, dove gli interventi di nuova edificazione e di ampliamento sono subordinati ad una serie di accertamenti idrogeologici e geotecnici volti a definire gli interventi di riassetto territoriale, che dovranno dettagliare la sistemazione generale dell’opera assicurandone la necessaria stabilità, anche nell’immediato intorno del lotto interessato.”

Sono racchiuse in questa classe le aree colpite da soliflusso nonché da fenomeni di ruscellamento diffuso o da ispessimenti del suolo agrario.

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

Tutta l’area collinare del territorio di Calamandrana é stata inserita nella classe II, seguendo le indicazioni dei Funzionari della Regione Piemonte, i quali hanno ritenuto che, non essendo possibile in questa fase effettuare un controllo puntuale delle caratteristiche geomorfologiche e geotecniche di tutto il territorio, fosse preferibile prevedere studi localizzati in occasione di ogni singolo intervento, anche in considerazione della variabilità delle condizioni stratigrafiche e geomeccaniche in ambiente collinare.

- Classe I: racchiude le “Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche. Edificabilità condizionata ai sensi del D.M. 11/3/88. n.47”

La classe comprende le aree collinari ove affiorano le formazioni più stabili o con moderata acclività, oppure ancora con favorevole giacitura degli strati, nonché le aree di fondovalle più idonee.

Il rischio idrogeologico delle aree sopra descritte é quindi basso o minimo.

AREE DI PIANURA:

- Classe IIIa: rappresenta le “Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti.”

Sono racchiuse in questa classe le zone delimitate dalla Fascia A e dalla Fascia B del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, istituito dall’Autorità di Bacino del Fiume Po.

- Classe IIIb: rappresenta le “Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio urbanistico esistente ed eventuali ampliamenti sono ammessi nell’osservanza di precisi limiti.

La classe comprende le zone delimitate nelle fasce A e B del Piano Stralcio delle Fasce

Fluviali, ma non colpite dall'onda di piena dell'evento alluvionale del Novembre 1994 in quanto sensibilmente rialzate rispetto al piano campagna circostante.

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

La classe comprende settori di territorio condizionati da modesti allagamenti dovuti all'azione antropica sul reticolato minore dove, comunque, l'azione delle acque di esondazione presenta caratteri di bassa energia ed altezza di pochi centimetri, ed essa corrisponde alla Fascia C del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali istituito dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, nonché altre aree esterne alle zone IIIa e IIIb contigue e parallele al torrente Belbo, secondo l'ultimo parere della Regione Piemonte in data 18/3/99.

- Classe I: racchiude le "Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche. Edificabilità condizionata ai sensi del D.M. 11/3/88 n.47."

La classe comprende le aree di pianura ove affiorano in parte i terreni colluviali di fondovalle costituiti prevalentemente da argille ed argille sabbiose normal-consolidate e dove sono sorti tutti i più recenti insediamenti urbani ed industriali.

Per quanto riguarda la zona della pianura circostante il torrente Belbo e corrispondente alle Fasce A e B del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, istituito dall'Autorità di Bacino del fiume Po con Delibera n.1/1996 del 5/02/1996, occorre precisare che essa é regolarmente interessata dagli eventi alluvionali costituendo un'area di naturale espansione del torrente proveniente dalla strettoia di Canelli e prima della Città di Nizza Monferrato.

Tale area risulta infatti occupata soltanto da attività agricole ed essa é quindi stata inserita nella "classe IIIa" a causa della scarsità degli insediamenti che permettono di considerarla praticamente ineditata.

Alcuni degli edifici presenti in tale area inoltre, pur essendo compresi nelle stesse Fasce del Piano Stralcio risultano sensibilmente rialzati rispetto al piano di campagna circostante ed essi non sono stati interessati dall'eccezionale evento alluvionale dell'autunno '94 o soltanto lambiti dalle acque di laminazione con altezze di pochi centimetri e di bassa energia, come risulta anche dalla "Carta delle aree inondate in occasione dell'evento alluvionale del 6 e 7 Novembre 1994" e per tale motivo sono stati circoscritti nella "classe IIIb", per la quale sono consentite trasformazioni che non aumentino il carico antropico (manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, ecc.).

Anche l'impianto di depurazione presente in sponda destra del torrente Belbo, a breve distanza da C.na Gandolfi, risulta inserito nella "classe IIIa" della "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" essendo compreso nella fascia A del Piano Stralcio.

Per tale impianto sono tuttavia in progetto opere di miglioramento con un suo rialzamento rispetto al piano campagna proprio per evitare futuri danneggiamenti a causa di eventi alluvionali.

A seguito di queste opere quindi anche questa struttura potrà essere compresa nella "classe IIIb".

Per quanto riguarda infine i corsi d'acqua secondari, sarà necessario prevedere fasce di rispetto in relazione alla possibilità di esondazione degli stessi con incidenza diversa in funzione del rischio per gli insediamenti esistenti.

Nelle porzioni di territorio esterne alle zone urbane, la fascia di rispetto dalla maggior parte dei rii dovrà avere un'ampiezza di 30 m, mentre nelle aree intensamente urbanizzate, ove gli stessi corsi d'acqua sono interessati da opere di canalizzazione le quali impediscono ogni possibile divagazione, dovrà essere mantenuta una distanza di 10 m.

In corrispondenza dei rii Paniola e Milani dovrà essere mantenuta una distanza pari a 40 m, così come richiesto dal parere della Regione Piemonte del 18/3/99, al fine di garantire un ulteriore franco di sicurezza per eventi eccezionali, ed entro tale fascia di rispetto dovranno essere osservate le limitazioni indicate per la classe IIIa nelle aree non edificate e IIIb nelle aree edificate, mentre la possibilità di utilizzo delle restanti porzioni di aree proposte sarà subordinata alla verifica, in fase attuativa, del franco di sicurezza da mantenere rispetto alla quota misurata per la massima espansione con Tr 500 anni, anche attraverso valutazioni idrauliche.

Per quanto riguarda i rii Valle S.Giovanni, Valle Chiozze e Valle Garbazzola, lo stesso parere della Regione richiede che sia considerata una fascia di rispetto, ricavata sulla base dei calcoli idraulici effettuati, da inserire in classe III anche nelle zone urbanizzate, rimanendo consentiti, per gli edifici esistenti, gli interventi di manutenzione, ristrutturazione, recupero conservativo e modesti ampliamenti tecnico-funzionali.

L'ampiezza delle fasce di rispetto per ciascun corso d'acqua non é stata riportata in cartografia a causa della scala ridotta, ma sono stati indicati i tratti di ciascun rio per i quali

dovranno essere rispettate le diverse distanze (10 m, 30 m o 40 m).

Gli eventuali ampliamenti di edifici già esistenti ricadenti nelle fasce di rispetto indicate dovranno essere in ogni caso preceduti da puntuali indagini di carattere idraulico al fine di verificare che le nuove opere non riducano la capacità di invaso e siano progettate in modo da non costituire un ostacolo al deflusso delle acque di piena, con un'analisi delle quote topografiche delle due sponde e delle portate di massima piena.

6. Zone residenziali di espansione

6.1 Zona Ca4

Nel Concentrico di Calamandrana, in località Quartino, nella parte meridionale dell'agglomerato esistente, é prevista una zona di espansione di tipo residenziale indicata con la sigla Ca4 avente una superficie di circa 6.200 m².

Trattasi di un appezzamento attualmente condotto a colture cerealicole tradizionali, rialzato di circa 50 cm rispetto alla strada comunale, posto alla base di un versante orientato verso Nord-Ovest con pendenze di circa 5°÷8°, le quali assicurano il deflusso delle acque superficiali che possono essere facilmente raccolte ed allontanate nei fossati laterali all'appezzamento ed in fregio alla stessa strada comunale.

Il suolo agrario, molto potente, ricopre la formazione geologica dei "Depositi alluvionali quaternari" costituiti prevalentemente da argille sabbiose con intercalazioni di livelli sabbiosi i quali possono ospitare deboli circolazioni idriche captate dai pozzi esistenti nella zona con portate modeste che consentono soltanto utilizzi domestici.

La falda freatica si pone in questa zona del territorio di Calamandrana a quote variabili da -5 m a -7 m con lievi escursioni stagionali, mentre le argille sabbiose sono caratterizzate in genere da buoni parametri geotecnici.

Le trasformazioni previste dalla Variante specifica al P.R.G.C. potranno quindi essere agevolmente realizzate non sussistendo, allo stato attuale, particolari problemi per l'utilizzo dell'area, a condizione che il progetto esecutivo delle nuove opere sia corredato delle prescritte indagini geotecniche, finalizzate ad ottenere la precisa caratterizzazione del sottosuolo e per il dimensionamento delle fondazioni, in ossequio a quanto prescritto dal D.M. 11/3/88 n.47.

6.2 Ampliamento della zona residenziale Ba4

Nel Concentrico di Calamandrana, in fregio alla Strada Statale per Canelli, il P.R.G.C. aveva individuato una zona residenziale indicata con la sigla Ba4 attualmente già occupata da alcuni edifici residenziali.

Ora, a seguito delle osservazioni al progetto preliminare della Variante, si richiede l'ampliamento di tale area con l'inglobamento di un appezzamento adiacente attualmente a destinazione agricola, censito al mappale n.303 del Foglio n.5 del N.C.T. di Calamandrana, per una superficie complessiva di 23.540 m².

Trattasi di un'area alla base del versante orientato verso Nord che degrada verso l'ampio fondovalle del torrente Belbo, per la maggior parte praticamente pianeggiante e solo lievemente in pendenza in corrispondenza del raccordo con lo stesso versante, dove raggiunge acclività di circa 10° ÷ 12° che permettono un buon drenaggio delle acque meteoriche le quali possono essere raccolte ed allontanate nel fossato a lato della Strada Statale.

L'appezzamento, nel quale é prevista una sola unità residenziale, é ricoperto da un potente suolo agrario derivante dall'alterazione dei "Depositi alluvionali quaternari" lasciati dal torrente Belbo, al raccordo stratigrafico con le sottostanti "Arenarie di Serravalle" che costituiscono l'ossatura dei rilievi presenti in tutta la parte meridionale del territorio comunale.

La falda freatica si pone a quote variabili da 4 a 5 m dal piano campagna ed essa é alimentata dalle acque di infiltrazione provenienti dai rilievi posti più a Sud, mentre i depositi alluvionali di fondovalle, costituiti da ghiaie minute e sabbie più o meno grossolane presentano discreti parametri geotecnici, anche se sarà in ogni caso necessario prevedere le opportune indagini geologico-tecniche con prove penetrometriche in fase di progetto esecutivo al fine di accertare l'eventuale presenza in profondità di orizzonti di limi più comprimibili per dimensionare correttamente le opere fondazionali.

Per la porzione più meridionale del lotto sarà inoltre necessario, se saranno previsti sbancamenti per la realizzazione di muri di sostegno, effettuare verifiche di stabilità del versante nonché dei fronti di scavo provvisori.

6.3 Zone RN1

Nel Nucleo storico di Calamandrana in località Chiesa Vecchia sono previste tre aree di espansione di tipo residenziale.

Le aree sono poste in fregio alla strada comunale Serra la quale scorre su di un alto crinale e sono poste rispettivamente alla sommità del versante degradante verso Sud-Ovest la prima e la terza, ed alla sommità del versante opposto orientato verso Nord-Est la seconda.

L'appezzamento degradante verso Nord-Est, attualmente occupato da un vigneto, é caratterizzato da pendenze notevoli, di circa 35°, ed esso é ricoperto da un sottile suolo agrario sotto al quale giacciono potenti bancate di arenarie appartenenti alla formazione geologica delle "Arenarie di Serravalle" ed affioranti anche nelle numerose scarpate a lato della strada comunale.

In tali affioramenti é stato possibile verificare la giacitura degli strati aventi un'immersione verso Nord-Est con inclinazioni di 10°÷15° i quali conferiscono quindi al versante in esame, occupato dalla nuova area di espansione, una disposizione a franapoggio, anche se l'elevata compattezza delle arenarie e l'assenza di intercalazioni di livelli più comprimibili fra le potenti bancate arenacee riduce notevolmente i pericoli di dissesto per tutta l'area in esame.

Nessun fenomeno gravitativo é infatti stato segnalato nell'appezzamento o nelle particelle circostanti mentre locali mobilitazioni del suolo possono verificarsi in corrispondenza di ispessimenti della coltre di alterazione o di infiltrazioni puntuali di acque superficiali nello stesso suolo, specie in seguito all'abbandono delle colture tradizionali a vigneto, con la formazione di superfici subpianeggianti o contropendenze e ristagni di acqua.

La prima area di espansione prevista dalla Variante é posta, come già ribadito, nel versante opposto orientato a Sud-Ovest, caratterizzato quindi da una tipica configurazione a reggipoggio e con notevoli pendenze.

La superficie libera della falda freatica é posta a quote molto ribassate rispetto al piano di campagna, mentre il drenaggio delle acque superficiali é garantito dalle elevate pendenze, anche se dovranno essere previsti nelle nuove aree opportuni fossati onde allontanare le stesse acque nei fondovalle, impedendo ogni forma di ruscellamento incontrollato e di infiltrazione puntuale in corrispondenza di eventuali contropendenze.

La terza area, introdotta a seguito delle osservazioni presentate alla Variante, é censita alle particelle n.228 e n.640 del Foglio n.12 del N.C.T. di Calamandrana, attualmente a destinazione agricola, ed ha una superficie di 6.300 m², in prossimità ad altri edifici di tipo residenziale costruiti negli ultimi anni.

Essa é posta quasi alla sommità di un ripido versante orientato verso Sud-Ovest e degradante verso il fondovalle del rio Molinello, caratterizzato da notevoli pendenze a causa della favorevole giacitura dei potenti strati di arenarie compatte costituenti la formazione delle "Arenarie di Serravalle", i quali sono disposti a reggipoggio, conferendo così un ottimo grado di stabilità a tutto il versante.

Tale buon grado di stabilità é testimoniato dall'assenza nelle particelle in esame ed in tutto il versante di fenomeni gravitativi e nessun particolare problema di carattere geotecnico emerge per le trasformazioni previste a causa delle buone caratteristiche geotecniche delle arenarie, anche se a corredo del progetto esecutivo dovranno in ogni caso essere previste le indagini per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, con prospezioni dirette e verifiche di stabilità del versante con le trasformazioni previste.

L'appezzamento oggetto di trasformazione ricade inoltre nelle aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi della L.R. 45/89, per cui per la realizzazione dei nuovi insediamenti dovranno essere altresì richieste le prescritte autorizzazioni regionali.

La superficie libera della falda freatica é posta, anche in questo caso, a quote molto ribassate rispetto al piano di campagna, mentre il drenaggio delle acque superficiali é garantito dalle elevate pendenze, in fase esecutiva degli interventi dovranno essere previsti opportuni fossati per la regimazione e l'allontanamento delle stesse acque nei fondovalle, impedendo ogni forma di ruscellamento incontrollato e di infiltrazione puntuale in corrispondenza di eventuali contropendenze.

Nessun particolare problema di carattere geotecnico emerge per le trasformazioni previste nei tre appezzamenti in quanto le caratteristiche geotecniche del substrato risultano ottime, anche se le previsioni di indagini per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo contestualmente ai progetti esecutivi dei singoli interventi, dovranno avvalersi di prospezioni dirette (prove penetrometriche o assaggi geognostici) distribuite uniformemente nei lotti interessati dalle trasformazioni al fine di definire con precisione i più importanti parametri fisici del sottosuolo.

Gli sbancamenti particolarmente significativi dovranno anch'essi essere preceduti da indagini specifiche con verifiche di stabilità dei versanti allo stato finale nonché dei fronti di scavo, così come prescritto dal D.M. 11/3/88 n.47.

7. Zone artigianali e produttive

7.1 Zona Da

Nel Concentrico di Calamandrana, in località Quartino, é prevista una zona di espansione di tipo artigianale “Da”, avente una superficie di circa 9.000 m².

L’area, adiacente ad altri edifici ad uso produttivo, é ubicata nella vasta pianura in sponda destra del torrente Belbo ove é sorto tutto l’agglomerato di Quartino ed occupa un vasto appezzamento pianeggiante condotto a seminativo e compreso tra la Strada Statale e la Strada Castelboglione, ribassato di circa 0,50 m rispetto alla stessa Strada Statale trovandosi invece allo stesso piano della strada di penetrazione che lo delimita sul lato Sud-Ovest.

Il lotto é ricoperto da un potente suolo agrario a matrice argilloso-sabbiosa derivante dalla alterazione dei “Depositi alluvionali quaternari” e tale formazione é già stata investigata negli anni scorsi attraverso alcune prove penetrometriche effettuate in un’area limitrofa per la realizzazione di edifici di civile abitazione nell’ambito del “Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica CA1” le quali hanno evidenziato, sotto al suolo agrario, la presenza di argille mediamente consolidate fino alla profondità di 1,40 m dal p.c. a cui segue uno strato di limi e di sabbie fini sub-consolidate con pessime caratteristiche geotecniche fino ad una quota media di -3,50 m dal p.c.

A maggiori profondità sono stati ritrovati ancora terreni più compatti e resistenti.

La superficie libera della falda freatica si collocava in occasione di tali indagini geognostiche (giugno 1993) alla quota di -4,50 m con possibili innalzamenti nelle stagioni più piovose.

Il drenaggio delle acque superficiali é favorito dalle lievi pendenze dell’appezzamento verso l’asta del torrente Belbo.

In fase esecutiva dovranno essere previsti opportuni fossati di scolo per convogliare le stesse acque verso il torrente evitando ristagni superficiali.

Per l’utilizzazione della vasta area nonché per le zone contigue a servizi dovranno in ogni caso essere effettuate le prescritte indagini geotecniche attraverso prospezioni dirette onde individuare la presenza nel sottosuolo di eventuali strati di limi o sabbie fini più comprimibili, specialmente laddove la presenza di edifici a carattere artigianale o produttivo con forti carichi concentrati sulle fondazioni potrebbe provocare cedimenti differenziali delle strutture.

7.2 Ampliamento dell'area artigianale Dd7

In fregio alla Strada Statale per Nizza Monferrato, nella vasta pianura in sponda destra del torrente Belbo nella parte nord-occidentale del Concentrico, il P.R.G.C. originario aveva individuato un'area artigianale di riordino, indicata con la sigla Dd7, attualmente occupata da una capannone per attività produttive.

Ora, a seguito delle osservazioni presentate al progetto preliminare di Variante, si richiede l'ampliamento di tale area con l'inglobamento di una fascia di terreno censita alla particella n.219 del F. n.3 del N.C.T. di Calamandrana ottenendo una superficie complessiva di 17.400 m².

Trattasi di un appezzamento avente attualmente destinazione agricola e ribassato di circa 1,00 m rispetto alla quota della Strada Statale, nel quale é in corso l'accumulo e lo spianamento di terreno di riporto per il rialzamento della stessa quota del p.c. fino al piano di scorrimento della Strada.

Il potente suolo agrario a matrice argilloso-sabbiosa deriva dall'alterazione dei "Depositi alluvionali quaternari", costituiti appena sotto la coltre di alterazione da argille mediamente consolidate per una profondità di circa 1,40 m a cui segue un orizzonte di limi sabbiosi e sabbie fini con scadenti parametri geomeccanici per una profondità di circa 3,50 m, come dimostrato dall'esame dei risultati di alcune prove penetrometriche effettuate alcuni anni or sono in un'area limitrofa, e precisamente nell'ambito del "Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica CA1".

La falda freatica si pone a maggiori profondità (4,50 m alla data del giugno 1993) entro i terreni più compatti ritrovati.

L'appezzamento risulta attualmente lievemente degradante verso il torrente Belbo, favorendo quindi lo smaltimento delle acque superficiali.

In fase attuativa successivamente al rialzamento dell'area fino al piano dell'adiacente insediamento artigianale, dovranno essere rispettate le pendenze naturali, con la realizzazione di opportuni fossati onde evitare ristagni superficiali e consentire l'allontanamento delle stesse acque nel corso d'acqua principale, mentre dovranno inoltre essere svolte accurate indagini di

carattere geotecnico con prospezioni penetrometriche al fine di individuare l'eventuale presenza nel sottosuolo di livelli più comprimibili di limi e progettare opportunamente le fondazioni dei nuovi capannoni in progetto.

7.3 Zone Dc3 e Dc4

Ai confini Sud-occidentali del territorio di Calamandrana, lungo la direttrice Canelli-S.Vito, la Variante specifica al P.R.G.C. prevede due vaste aree per nuovi insediamenti industriali aventi complessivamente una superficie di 8.000 m^2 ed ubicate nell'ampio fondovalle del rio Molinello.

Trattasi di appezzamenti condotti in parte a pioppeto o mais ed in parte incolti, ribassati rispetto alle strade che li delimitano sui vari lati, con evidenti problemi di drenaggio per le acque superficiali le quali dovranno quindi essere opportunamente convogliate nel rio di fondovalle, mentre i nuovi insediamenti dovranno essere rialzati rispetto al piano campagna, come d'altra parte già avvenuto per gli edifici esistenti.

In particolare per quanto riguarda l'area Dc4, lambita verso Ovest dal rio Molinello, i nuovi edifici dovranno essere posizionati ad una distanza di almeno 40 m dallo stesso corso d'acqua, all'esterno quindi della fascia di rispetto, al fine di evitare ostacoli al regolare deflusso delle acque in occasione di eventi alluvionali eccezionali, analogamente per le eventuali infrastrutture o servizi ricadenti in tale fascia.

Il potente suolo agrario a matrice sabbiosa ricopre anche in questo caso la formazione dei "Depositi alluvionali quaternari", costituiti da argille sabbiose con intercalazioni di sabbie fini e limi entro le quali la falda freatica si pone a quote variabili tra -3 m e -5 m rispetto al p.c. con lievi escursioni stagionali.

Nessun altro particolare problema di carattere geotecnico emerge per l'utilizzazione delle aree secondo quanto previsto dalla Variante, a condizione che i progetti esecutivi siano corredati delle prescritte indagini geotecniche, per ottenere la precisa caratterizzazione del sottosuolo e per il dimensionamento delle fondazioni dei nuovi edifici, in ossequio a quanto prescritto dal D.M. 11/3/88 n.47.

7.4 Zona Dc5

Nell'ampio fondovalle del rio Molinello, in fregio alla Strada Provinciale per la Frazione S.Vito, sono state individuate numerose particelle attualmente a destinazione agricola, per le quali é stata richiesta la trasformazione in area industriale denominata Dc5 avente una superficie di 38.500 m².

Le particelle, censite al Foglio n.8 del N.C.T. di Calamandrana, presentano un andamento praticamente pianeggiante con lievi pendenze verso il rio Molinello il quale rappresenta il collettore drenante di tutto il fondovalle ed esse sono ricoperte da un potente suolo agrario derivante dall'alterazione dei "Depositi alluvionali quaternari" costituiti da ghiaie minute e sabbie più o meno grossolane e permeabili contenenti la falda freatica, la quale si pone a quote variabili da 3 a 5 m dal p.c. e con lievi escursioni stagionali.

La stessa falda é alimentata anche in questo caso dalle infiltrazioni delle acque superficiali provenienti dal suolo agrario nonché dalle acque di sub-alveo del rio Molinello.

In fase attuativa le acque meteoriche dovranno essere raccolte in opportuni fossati e smaltite nello stesso corso d'acqua al fine di evitare ristagni superficiali.

Nessun particolare problema emerge quindi per la realizzazione negli appezzamenti in esame di nuovi insediamenti industriali, per i quali tuttavia dovranno essere previste a corredo dei progetti esecutivi le indagini geologiche e geotecniche come richiesto dal D.M. 11/3/88 per la caratterizzazione del sottosuolo.

7.5 Ampliamento dell'area industriale Dc1

In fregio alla Strada Statale per Canelli, in corrispondenza del bivio con la Strada Provinciale per la Frazione di San Vito, il P.R.G.C. di Calamandrana aveva individuato un'area per insediamenti industriali indicata con la sigla Dc1.

In seguito alle osservazioni al progetto preliminare di Variante é stato richiesto ora l'ampliamento di tale area con l'inglobamento di un'ulteriore fascia di terreno attualmente facente parte dell'area Gf8 avente destinazione ad area di rispetto e di riserva, non edificabile, per una superficie complessiva di 32.300 m².

L'appezzamento per il quale si richiede la trasformazione in area industriale é censito ai mappali n.119 e n.199 del Foglio n.7 del N.C.T. di Calamandrana ed esso é posto in

prossimità di C.na Roba, tra la Strada Statale, rispetto alla quale risulta ribassato di circa 1 m, e la linea ferroviaria, mentre sul lato Nord-Est é lambito dal rio Molinello.

Anche in questo caso il potente suolo agrario ricopre la formazione geologica dei “Depositi alluvionali quaternari” lasciati dallo stesso rio Molinello e dal torrente Belbo e costituiti da sabbie e ghiaie minute contenenti la falda freatica, la quale si pone a quote variabili da -3 a -4 m dal p.c. con lievi escursioni stagionali.

La morfologia praticamente pianeggiante dell’area non permette un facile smaltimento per le acque meteoriche, con possibilità di ristagni in superficie per cui, per l’utilizzazione dell’appezzamento in fase attuativa dovranno essere previsti opportuni fossati per il drenaggio delle stesse acque ed il loro allontanamento nel rio Molinello, mentre i nuovi edifici industriali in progetto dovranno essere realizzati ad una distanza minima di 40 m dal rio stesso, all’esterno quindi della fascia di rispetto individuata in seguito alla verifica della sezione del corso d’acqua ed al calcolo delle portate di massima piena con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni nonché alle indicazioni dell’ultimo parere regionale del 18/3/99.

Le costruzioni e le eventuali infrastrutture o servizi non dovranno infatti creare ostacoli al regolare deflusso delle acque in occasione di eventi alluvionali eccezionali.

Nessun altro particolare problema di carattere geotecnico emerge per l’utilizzazione dell’area secondo quanto previsto dalla Variante, a condizione che i progetti esecutivi siano corredati delle prescritte indagini geotecniche, per ottenere la precisa caratterizzazione del sottosuolo e per il dimensionamento delle fondazioni dei nuovi edifici, in ossequio a quanto prescritto dal D.M. 11/3/88 n.47.

7.6 Ampliamento dell’area artigianale Dd4

In fregio alla Strada provinciale per la Frazione S.Vito sono stati individuati dalla Variante del P.R.G.C. alcuni appezzamenti attualmente a destinazione agricola da inglobare nell’area artigianale Dd4 esistente, per una superficie complessiva di circa 39.400 m².

Trattasi di numerose particelle condotte a colture agricole tipiche della zona, limitrofe ad insediamenti esistenti e censite al Foglio n.8 del N.C.T. di Calamandrana, mentre la particella n.204 risulta già occupata da un capannone per attività produttive adibito a falegnameria.

Gli appezzamenti, posti ai piedi del ripido versante degradante verso Ovest su cui sorge la Frazione Chiesa Vecchia sono ricoperti da un potente suolo agrario a matrice argilloso-

sabbiosa sotto al quale giacciono i “Depositi alluvionali quaternari” lasciati dal rio Molinello nell’ampio fondovalle interessato da numerosi altri edifici di tipo industriale ed artigianale.

La porzione della nuova area di ampliamento a ridosso del ripido versante risulta invece interessata dai terreni della “Coltre eluvio-colluviale” costituiti da depositi argilloso-limosi e derivanti dall’alterazione dei sedimenti costituenti lo stesso versante.

La falda freatica si pone in questa parte del territorio di Calamandrana ad una profondità di circa 4 ÷ 5 m dal piano di campagna ed essa é alimentata dalle infiltrazioni delle acque meteoriche attraverso il suolo agrario, provenienti dai rilievi collinari ad Est, nonché dalle acque di sub-alveo del rio Molinello che interessano i depositi alluvionali del fondovalle provenendo da monte.

Nessun particolare problema di carattere geotecnico emerge per l’utilizzazione della nuova area di ampliamento per gli scopi previsti dalla Variante, anche se dovranno in ogni caso essere espletate tutte le indagini previste dalla Normativa vigente per la caratterizzazione del sottosuolo, in fase di progetti esecutivi, ed il dimensionamento delle fondazioni dei nuovi edifici.

8. Integrazioni riguardanti alcune aree del P.R.G.C. originario o Varianti precedenti, richieste dalla Regione Piemonte - Servizio Geologico

8.1 Settore dell’area Dd1 compreso tra la Strada Comunale ed il corso d’acqua di Valle delle Chiozze

A Sud-Est del Nucleo di Quartino sono state realizzate nel corso dell’ultimo secolo numerose costruzioni ad uso dapprima rurale, successivamente residenziale ed ancora negli ultimi decenni diversi edifici ad attività produttive, attraversati dalla Strada Comunale di Valle Chiozze la quale segue parallelamente il rio omonimo.

Trattasi di diversi appezzamenti posti al fondovalle costituiti da terreni di origine

colluviale ed eluviale, nonché da sedimenti alluvionali quaternari incisi per oltre 4,00 m dallo stesso corso d'acqua.

L'area, avente un'estensione di circa 15.000 m² tra la strada ed il rio, presenta una morfologia sub-pianeggiante, con lievissime pendenze verso lo stesso corso d'acqua le quali assicurano un sufficiente drenaggio, favorito d'altra parte dal buon grado di permeabilità degli stessi terreni a matrice sabbiosa ed in parte argillosa provenienti dal bacino di erosione del rio Valle delle Chiozze il quale si estende nella formazione delle "Arenarie di Serravalle".

La falda freatica, alimentata dalle acque provenienti dagli aspri rilievi circostanti é drenata dal rio con la posizione dei livelli statici dei pochi pozzi privati ancora in esercizio posta a profondità variabili da 3 a 4 m in relazione alle precipitazioni stagionali.

Come già accennato il rio scorre incassato in entrambe le sponde fronteggianti l'area per una profondità di circa 4 m ed i calcoli idraulici elaborati negli allegati indicano alla confluenza del rio Garbazzola, e quindi molto a valle della zona in esame, una possibilità di esondazione dei due rii in occasione di eventi di piena con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni con una larghezza dell'area inondata di circa 30 m, per cui le nuove costruzioni in progetto nell'area Dd1 dovranno essere previste al di fuori di tale fascia di rispetto dal rio, come evidenziato nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica".

Lo stesso rio risulta d'altra parte interessato da lavori recentemente ultimati di allargamento presso la sua confluenza con il rio Garbazzola, secondo il progetto approvato nell'anno 1996, come illustrato anche dalla documentazione fotografica (foto n.9) che testimonia l'inizio dei lavori al mese di Gennaio '98.

In ogni caso a corredo dei progetti esecutivi dovranno essere redatte opportune indagini idrauliche e geomorfologiche al fine di verificare che le trasformazioni previste non ostacolino il regolare deflusso delle acque di piena e non riducano la capacità di invaso.

8.2 Area industriale Dc2

Al margine Sud-occidentale del territorio e compresa tra la Strada Statale per Canelli e

la linea ferroviaria é prevista l'ampia area industriale Dc2 avente una superficie complessiva di circa 10.000 m², già in parte edificata con capannoni in elementi prefabbricati e strade di attraversamento interne.

Essa é lambita a Nord-Est dal rio Molinello il quale ha inciso l'area stessa che si trova rialzata rispetto al fondo dell'alveo di circa 6 m, come dimostrato dalla documentazione fotografica (foto n.20-21-22).

Dal piano dell'edificio recentemente costruito posto alla stessa quota della Strada Statale la morfologia presenta pendenze variabili da 8° a 12° le quali permettono un ottimo drenaggio per le acque superficiali drenate dal rio Molinello il quale attraversa la stessa Strada con un ponte in c.a. difeso con blocchi in calcestruzzo per un lungo tratto a monte.

Le rocce sottostanti il potente suolo agrario sono rappresentate dai "Depositi alluvionali quaternari" lasciati sia dal Belbo sia dal rio Molinello, aventi una potenza variabile da 6 a 8 m contenenti un'abbondante falda freatica di sub-alveo.

Dal punto di vista geotecnico i terreni presentano discreti parametri, anche se intercalate alle sabbie ed alle argille sabbiose possono essersi depositati orizzonti di limi particolarmente comprimibili, per cui a maggior ragione sarà necessario, in sede dei progetti esecutivi per i nuovi insediamenti, effettuare le indagini prescritte dal D.M. 11/3/88 per la caratterizzazione puntuale del sottosuolo e per il corretto dimensionamento delle fondazioni.

I nuovi calcoli idrologici ed idraulici effettuati sia a monte che a valle sul rio Molinello nelle sezioni più significative, indicano che il corso d'acqua in occasione delle piene eccezionali e con tempi di ritorno rispettivamente di 50, 200 e 500 anni provoca una esondazione delle zone circostanti le sponde per una larghezza di 31 m, 35 m e 37 m, per cui la distanza minima da osservare dalla sponda sud-occidentale del rio Molinello e per tutta la lunghezza dell'area in esame a valle del ponte sarà di 40 m, così come prescritto anche dal più volte citato parere della Regione Piemonte del 18/3/99.

In corrispondenza del ponte sulla linea ferroviaria di cui alla documentazione fotografica (foto n.23), di cui é nota la sezione desunta da un progetto elaborato dall'Amministrazione comunale nell'anno 1997 e di recente appalto, gli stessi calcoli idraulici hanno dimostrato che le portate esaminate sono contenute e che il ponte non costituisce un ostacolo anche con la massima piena e con i tempi di ritorno più lunghi.

Nessun altro problema di carattere geotecnico emerge allo stato attuale, per cui l'area stessa potrà essere, con le limitazioni sopra indicate, utilizzata per eventuali nuovi insediamenti previsti dalla Variante.

8.3 Area di rispetto e di riserva Gf8

Circostante a C.na Roba e compresa tra la sponda destra del rio Molinello e l'ampliamento già descritto della Zona Industriale Dc1 il P.R.G.C. originario aveva individuato un'area di rispetto e di riserva tuttora mantenuta ma in parte ridotta avente un andamento sub-pianeggiante ed anch'essa rappresentata da terreni colluviali di origine fluviale depositati sia dal torrente Belbo che dal rio Molinello.

Anche in questo caso non emergono particolari problemi di carattere geotecnico ed idrogeologico, salvo per le eventuali trasformazioni mantenere la fascia di rispetto di 40 m dal rio ed effettuare indagini geotecniche nel caso di nuove costruzioni in ossequio al D.M. 11/3/88 n.47.

9. Conclusioni ed indicazioni operative per la Variante Specifica al P.R.G.C.

Le indagini svolte con la presente relazione, che integra le Carte Tematiche proposte, consentono un maggior grado di conoscenza del territorio di Calamandrana.

Dal punto di vista geomorfologico, il paesaggio deriva dall'azione di processi di tipo diverso e svariati cicli di erosione e di sedimentazione, come é testimoniato dalla presenza di antichi suoli nelle colline e dalla conformazione delle profonde incisioni lasciate dai corsi d'acqua secondari.

L'idrografia si rileva altresì come il fattore dominante del modellamento dei rilievi, per l'impatto con il substrato geologico che ha determinato un'incisione asimmetrica per la valle principale del torrente Belbo e per gli stessi rii tributari con un paesaggio di carattere giovanile, specie a Sud.

L'analisi dettagliata dei numerosi parametri fisici del territorio comunale permette di esprimere alcune considerazioni conclusive nell'intento di fornire indicazioni per la Variante specifica al P.R.G.C.

Esse si riferiscono in modo particolare alla "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" la quale, unitamente alla "Carta geomorfologica e dei dissesti" rappresenta l'elaborato finale da tenere in considerazione per gli sviluppi urbanistici e per l'utilizzazione del territorio.

La Carta di Sintesi suddivide il territorio del Comune di Calamandrana in diverse classi di rischio, per cui nelle norme di attuazione della Variante si propone d'inserire i seguenti vincoli:

- *Classe IIIa (di collina per aree dissestate o con frane in atto e di pianura per rischi di esondabilità): sono aree inedificabili ai sensi dell'ultimo comma dell'art. 30 della Legge Urbanistica Regionale in quanto racchiudono areali che per i caratteri geomorfologici sfavorevoli o per rischi elevati di esondabilità, sono inadatti a nuovi insediamenti, anche per costruzioni legate all'agricoltura.*

In tali ambiti sono consentite le opere di difesa idrogeologica nonché, per le aree di pianura, gli interventi previsti per le fasce A e B dalle norme del Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF) dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Le opere pubbliche o di interesse pubblico, non localizzabili se non all'interno delle fasce previste dal P.S.F.F., sono realizzabili fatte salve le verifiche previste dalle N.T.A. del P.S.F.F. La loro messa in sicurezza non comporterà la riclassificazione.

- *Classe IIIa1 (di collina): Porzioni di territorio sporadicamente edificate caratterizzate da versanti acclivi o forti incisioni dei rii, dove possono essere ammessi soltanto insediamenti di tipologia sparsa e destinati alle categorie connesse con le attività consentite nei territori agricoli.*

Gli interventi di nuova edificazione e di ampliamento dovranno in ogni caso essere preceduti da indagini geologico-tecniche volte ad accertare gli elementi di degrado idrogeologico in un intorno non inferiore ai 400 m dall'area, a definire gli interventi di riassetto territoriale ed a stabilire le opere di risanamento più idonee.

La realizzazione di edifici agricoli non diversamente localizzabili dovrà essere preceduta da dettagliate indagini geologiche ed idrogeologiche ai sensi del D.M. 11/3/88 per definire gli interventi di riassetto territoriale da porre in atto prima di eventuali nuove edificazioni.

- *Classe IIIa2 (di collina): Porzioni di territorio anch'esse poco edificate, le quali presentano soltanto potenziali pericoli geomorfologici dovuti a fenomeni di soliflusso, ad ispessimenti anormali del suolo agrario e ruscellamento diffuso, dove gli interventi di nuova edificazione e di ampliamento sono subordinati ad una serie di accertamenti idrogeologici e geotecnici volti a definire gli interventi di riassetto territoriale, che dovranno dettagliare la sistemazione generale dell'opera, assicurandone la necessaria stabilità, anche nell'immediato intorno del lotto interessato.*

Gli interventi di nuova edificazione e di ampliamento dovranno essere preceduti da indagini geologiche ed idrogeologiche ai sensi del D.M. 11/3/88, estesi per un intorno non inferiore ai 200 m dall'area e volte a definire gli interventi di riassetto territoriale, dettagliando la sistemazione generale dell'area.

- *Classe IIIb (di pianura): Sono aree ad edificabilità condizionata alla esecuzione di interventi di riassetto territoriale. Nelle aree perimetrate nella cartografia gli interventi edificatori e/o di trasformazione del territorio sono limitati al mantenimento degli insediamenti esistenti ed eventuali ampliamenti sono ammessi nell'osservanza dei seguenti limiti:*
 - *sopraelevazione della quota di campagna originaria e opportuna ubicazione degli ampliamenti in modo da non ostacolare il deflusso delle acque secondo modalità stabilite dalla relazione geologica a corredo degli atti esecutivi di progetto redatta ai sensi del D.M. 11/3/88 n.47.*

Sono consentite le operazioni agricole e di bonifica, la realizzazione di pozzi ad uso domestico ed irriguo, le opere di difesa idrogeologica quali drenaggi, muri di sostegno, consolidamenti di fondazioni, canali di scolo, ecc.

Sono inoltre consentiti gli interventi previsti per le fasce A e B dalle norme del Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF) dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

- *Classe II (di collina) e IIa (di pianura): Sono aree ad edificabilità condizionata ai sensi del D.M. 11/3/1988 n.47. Ogni futuro intervento comportante concessione edilizia con significativo impatto opera-terreno (costruzioni, costruzioni legate all'agricoltura, strade di accesso o collegamento, opere di contenimento terra e movimenti di terreno significativi, ecc.) dovrà essere corredata da un'indagine geotecnica comprendente prospezioni esecutive (sondaggi e penetrometrie).*
Nei pendii è obbligatoria la verifica di stabilità dello stato finale dopo le trasformazioni previste, mentre nelle aree di pianura la relazione geologica e geotecnica dovrà comprendere uno studio che indichi le condizioni di sicurezza per le esondazioni.
- *Classe I (di collina e di pianura) Sono aree ad edificabilità limitatamente condizionata ai sensi del D.M. 11/3/1988 n.47. Ogni futuro intervento comportante concessione edilizia (costruzioni in genere, costruzioni legate all'agricoltura, strade di accesso o collegamento, opere di contenimento terra e movimenti di terreno significativi ecc.) dovrà essere corredata dalla relazione geotecnica per la puntuale caratterizzazione del sottosuolo prevista dal punto B5 del succitato Decreto Ministeriale.*

*In relazione al corso dei Rii minori presenti nel territorio di Calamandrana, per gli interventi di nuova costruzione, in riferimento alle aree urbane, **dovrà essere individuata per i Rii Garbazzola, Valle Chiozze, San Giovanni una prima fascia di rispetto di 10 m assimilata alla classe IIIa ed una seconda fascia di rispetto compresa tra 10 m e 30 m assimilata alla classe IIIb, mentre nelle aree esterne alle aree urbane la fascia di rispetto sarà di 30 m, assimilata alla classe IIIa.***

Per i Rii Paniola, Milani e Molinello sarà individuata una fascia di rispetto di 40 m assimilata alla classe IIIa, come meglio indicato nei tratti di rio previsti nella "Carta di Sintesi" e nelle tavole di progetto del PRG. Per tutti gli interventi ricadenti in tali fasce potrà essere richiesto dal Comune uno specifico studio idraulico, con verifiche della situazione geomorfologica e topografica, per la dimostrazione che la nuova opera non crei ostacolo al deflusso delle acque in occasione delle massime piene.

Nelle aree di espansione interessate dalla fascia di inedificabilità del Rio Paniola e Rio Milani, gli interventi edificatori dovranno essere preceduti da verifiche idrauliche atte a valutare il franco di sicurezza da mantenere rispetto alla quota misurata con $Tr.= 500$ anni.

In alcuni casi di particolari situazioni geomorfologiche e topografiche (quote altimetriche delle sponde rilevate in relazione alle portate di massima piena, esatta definizione dell'area urbana, ecc.) o a seguito della realizzazione di opere di difesa e arginatura delle sponde, nell'ambito di studi idraulici e previo parere dell'autorità idraulica competente, potranno essere ammesse riduzioni delle distanze dai Rii per gli interventi di nuova edificazione, e/o per interventi compresi in strumenti urbanistici esecutivi.

A completamento delle indicazioni fornite dalla "Carta di Sintesi", si ricorda che in ogni caso i progetti di massima ed esecutivi dei Piani di zona e di ogni altro Piano urbanistico, industriale, artigianale, per insediamenti commerciali o di recupero, dovranno essere corredati dalle indagini normate dallo stesso punto B del citato D.M. 11/3/88 e dalla Circolare 18 Maggio 1990 n.11/PRE della Regione Piemonte.

E' comunque doveroso proseguire nella sistemazione idraulica nel territorio con i disalvei peraltro già iniziati di cui ai progetti recentemente predisposti dall'Amministrazione comunale:

- Lavori di miglioramento della confluenza di rio Garbazzola nel Torrente Belbo (dicembre 1997)
- Lavori di ricostruzione del ponte di strada Gosa (settembre 1997)
- Lavori di pulizia dell'alveo di rio Milani e rio Molinello in prossimità dell'abitato di Fraz.S.Vito (settembre 1997)
- Lavori di ripristino danni alluvione 1993 al ponte di strada Cavallo (settembre 1996)

e con opportune difese di sponda ove necessario, creazione di fossati o loro potenziamento, lavori di manutenzione ed eventuali rifacimenti di alcune opere di attraversamento.

La parte meridionale del territorio di Calamandrana é sottoposta a vincolo idrogeologico di cui al R.D. 30/12/1993 n.3267, per cui tutti gli interventi in tali aree dovranno essere autorizzati anche ai sensi della L.R. 9/8/89 n.45, mentre le zone boscate sono da considerarsi inedificabili, in ottemperanza alle disposizioni del penultimo comma dell'art.30 della Legge Urbanistica Regionale.

Per quanto riguarda infine le aree di nuova espansione scelte dagli Amministratori e dagli Urbanisti per la Variante in esame, esse sono da considerarsi idonee ad ospitare quanto previsto con rischio idrogeologico medio-basso e sempre controllabile, a condizione che i nuovi interventi siano attuati secondo le prescrizioni emerse con il presente studio nonché con il supporto delle indagini prescritte dal D.M. 11/3/88 n.47 più volte richiamato nonché dalla Circolare del Presidente della Giunta Regionale n.11 del 18/05/1990, i quali impongono che le modificazioni del suolo avvengano sempre attraverso il maggior grado di conoscenza, affinché sia garantita una maggior sicurezza.

Valenza, li Ottobre 2000

In fede

Allegati:

- ALL.1 Carta geologico-strutturale, in scala 1:10.000.
- ALL.2 Carta geoidrologica, in scala 1:10.000.
- ALL.3 Carta geomorfologica e dei dissesti, in scala 1:10.000.
- ALL.4 Carta del censimento delle opere idrauliche e della dinamica fluviale del torrente Belbo, in scala 1:5.000
- ALL.5 Carta delle aree inondate in occasione dell'evento alluvionale del 6 e 7 Novembre 1994, in scala 1:5.000.
- ALL.6 Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, in scala 1:10.000 aggiornata secondo quanto prescritto dal parere della Regione Piemonte del 3/07/2000.

ALL. 7 Calcoli idraulici ed indagini idrologiche sui rii minori.

ALL.8 Atlante fotografico delle opere idrauliche.

ALLEGATO N.7

COMUNE DI CALAMANDRANA VARIANTE SPECIFICA AL P.R.G.C. INDAGINI IDROLOGICHE RELATIVE AI CORSI D'ACQUA MINORI

Premessa

Si riportano i risultati dei calcoli idraulici effettuati in data aprile '98 per la verifica delle fasce di rispetto dai rii minori e successivamente modificati in data 3/12/98 su indicazione della Regione Piemonte - Direzione regionale servizi tecnici di prevenzione - Settore Prevenzione Territoriale del Rischio Geologico- Area di Asti, Vercelli e Biella.

Per il calcolo della portata di massima piena dei corsi d'acqua minori che interessano il territorio di Calamandrana, nonché la verifica delle sezioni d'alveo nei punti più significativi o nelle confluenze, è stato utilizzato in parte il programma "Piena Win" (Ver. 1.1 per Windows) edito dalla Società Program Geo di Brescia, in licenza d'uso.

Tale programma si basa sulla conoscenza dei dati pluviometrici e morfometrici riguardanti i bacini idrografici in esame, dati attraverso i quali è possibile stimare il coefficiente di deflusso e quindi effettuare il calcolo del bilancio idrologico degli stessi bacini.

La determinazione delle portate di piena può essere effettuata attraverso metodi cinematici o metodi statistici, consentendo successivamente la verifica dell'influenza della piena sulla sezione d'alveo considerata.

Di seguito si riportano le principali metodologie utilizzate dal programma.

Coefficiente di deflusso medio annuo di un bacino

Per coefficiente di deflusso medio annuo (Cd) si intende il rapporto fra il deflusso annuale del corso d'acqua, riferito ad una determinata sezione di chiusura, ed il volume delle precipitazioni cadute durante lo stesso periodo all'interno del suo bacino imbrifero.

Per il territorio di Calamandrana sono stati utilizzati i dati medi delle temperature e delle precipitazioni mensili nel periodo 1921 - 1970, forniti dalla Stazione meteorologica di Nizza Monferrato.

Il programma utilizza per il calcolo di questo parametro idrologico, il metodo semplificato di Kennessey, applicabile soprattutto a piccoli bacini.

Questo metodo passa attraverso la stima di tre indici parziali, legati rispettivamente all'acclività media del bacino (Ca), alla sua copertura vegetale (Cv) e alla permeabilità delle rocce affioranti (Cp), che sono insieme a quelli climatici, i principali fattori influenzanti il volume del deflusso superficiale.

- **Acclività media del bacino.**

In generale una maggiore acclività media comporta un aumento del deflusso superficiale, ostacolando il ristagno delle acque meteoriche e di conseguenza l'infiltrazione e l'evapotraspirazione.

- **Copertura vegetale del bacino.**

Una fitta copertura vegetale fa diminuire il valore del coefficiente di deflusso, sia perché è maggiore in questi casi il volume d'acqua disperso per traspirazione dalle piante, sia perché la vegetazione tende ad ostacolare il deflusso superficiale, rallentandolo e favorendo quindi l'infiltrazione.

- **Permeabilità media del bacino.**

Un'elevata permeabilità media favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche, riducendo di conseguenza il deflusso superficiale.

- **Fattori climatici (piovosità e temperatura).**

Più che dai valori annuali delle precipitazioni e della temperatura, il valore del coefficiente di deflusso é influenzato dalla loro distribuzione nel corso dell'anno.

Una stima dell'influenza dei fattori climatici sul valore di Cd può essere fatta attraverso l'**indice di aridità** (Ia), definito come segue:

$$Ia = [P / (T + 10) + 12 \times p/t] / 2$$

dove:

P = afflusso medio mensile;
 T = temperatura media annua;
 p e t = afflusso e temperatura del mese più arido.

Il valore di "Ia" cresce all'aumentare del rapporto fra precipitazioni totali annue e temperatura media annuale e del rapporto fra precipitazioni del mese meno piovoso e relativa temperatura mensile.

In generale quindi, a parità di temperature, si avrà un maggior deflusso superficiale al crescere dell'altezza delle precipitazioni e viceversa, a parità di afflusso meteorico, un aumento di "Cd" al diminuire delle temperature.

Il metodo di Kennessey individua tre intervalli di valori di "Ia", ad ognuno dei quali corrisponde una serie differente di coefficienti di deflusso parziali.

La procedura da seguire per la valutazione del coefficiente di deflusso medio annuo secondo Kennessey é la seguente:

- Si calcola l'indice di Aridità, utilizzando la relazione di cui sopra;
- per ogni singolo fattore (acclività, vegetazione e permeabilità) si valuta la distribuzione dell'area del bacino imbrifero all'interno delle varie categorie;
- si moltiplicano le aree percentuali per i relativi coefficienti parziali;
- si sommano i risultati per ogni singolo fattore, ottenendo i coefficienti parziali;
- si sommano i tre coefficienti di deflusso parziali Cv, Ca e Cp e si ottiene Cd, ossia il coefficiente di deflusso medio annuo del bacino

Per quanto riguarda la precisione di questo metodo, facendo un confronto con i valori di Cd ottenuti per uno stesso bacino, attraverso misure dirette del volume di deflusso, l'errore non supera generalmente il 10%.

Il procedimento di Kennessey non può sostituire quindi la misura diretta delle acque di deflusso, ma può fornire una buona stima nei bacini non attrezzati e quindi, in particolare, è utile per bacini arealmente ridotti come quelli presenti nel territorio di Calamandrana.

Bilancio idrologico di un bacino idrografico

Il bilancio idrologico è la stima dei volumi idrici che entrano ed escono da un bacino idrografico in un determinato intervallo di tempo (generalmente un anno).

In maniera sintetica, può essere espresso nella seguente forma:

$$P = D + ET \pm DR$$

dove

P= precipitazioni totali nell'intervallo di tempo considerato (mm)

D= deflusso totale (superficiale e sotterraneo) (mm)

ET= evapotraspirazione reale (mm)

DR= variazione delle riserve idriche (mm)

Se i parametri P, D ed ET sono mediati su un lungo intervallo di tempo (per esempio 30 anni) DR tende ad annullarsi, perché nel lungo periodo le positive e negative delle riserve si compensano.

In questo caso si parla di Bilancio Idrologico Annuo Medio.

Elaborazione dei dati pluviometrici

Partendo dai dati pluviometrici forniti da una stazione di misura è possibile eseguire le elaborazioni necessarie per ottenere le curve che descrivono l'altezza delle precipitazioni (h) in funzione della loro durata (t).

L'equazione che collega queste due variabili ha la seguente forma:

$$h \text{ (mm)} = a \times t^n$$

dove:

a = variabile funzione del tempo di ritorno
n = costante per un dato valore di t.

e prende il nome di *curva segnalatrice di possibilità climatica o pluviometrica*.

Tale equazione permette, per esempio, di calcolare l'altezza meteorica (h) relativa ad una precipitazione di 30 minuti (t), con un tempo di ritorno di 10 anni.

I coefficienti **a** ed **n**, per quanto riguarda il presente lavoro, sono stati ricavati dalle "Curve di possibilità climatica per assegnato tempo di ritorno per bacini pluviometrici omogenei" elaborate dall'Autorità di Bacino del fiume Po per l'analisi dell'evento alluvionale del novembre '94 e pubblicate sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.177 del 31 luglio 1995 ed essi sono riferiti all'area omogenea n.18 della Regione Piemonte per tempi di ritorno rispettivamente di **50, 200 e 500 anni**.

Portate di massima piena

Il calcolo é stato effettuato utilizzando metodi cinematici che si basano sulla stima del tempo di corrivazione (τ_c) del bacino.

Per tempo di corrivazione s'intende il tempo necessario, perché le acque di afflusso meteorico raggiungano la sezione di chiusura del bacino, rispetto alla quale viene eseguito il calcolo della portata di massima piena, partendo dai punti più lontani dello stesso bacino imbrifero.

Questo parametro é una costante per ogni bacino, in quanto funzione esclusivamente della morfologia, delle litologie e della copertura vegetale.

I metodi di calcolo più utilizzati sono quelli di Giandotti, di Pezzoli e F.A.O.

Formula di Giandotti:

$$\tau_c (h) = \frac{4 \times \sqrt{S_b} + 1,5 \times L_p}{0,8 \times \sqrt{H_m}}$$

Formula di Pezzoli:

$$\tau_c (h) = \frac{0,055 \times L_p}{\sqrt{P_m}}$$

Formula F.A.O.:

$$\tau_c (h) = \frac{L_p^{1,15}}{15 \times h_{\max}^{0,38}}$$

dove:

S_b (km²) = superficie del bacino

L_p (km) = lunghezza dell'asta principale

P_m (%) = pendenza media del bacino

H_m (m) = altezza media del bacino sul livello del mare

h_{\max} (m) = altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura

Le tre relazioni sono utilizzabili per bacini di piccola e media estensione.
La formula di Giandotti fornisce per bacini molto piccoli (inferiori a 100 km²) valori generalmente sovrastimati.

Nel calcolo per la valutazione della portata di massima piena per i corsi d'acqua del Comune di Calamandrana é stato utilizzato il valore medio dei tre metodi sopra indicati.

Ottenuto il valore di τ_c é possibile considerare la valutazione delle portate di massima piena al colmo.

Il primo dato che occorre ricavare é l'altezza dell'afflusso meteorico (h), per un tempo di ritorno fissato, corrispondente ad una durata uguale al tempo di corrivazione. Il valore di "h" ricavato va introdotto in una delle formule cinematiche disponibili in letteratura.

La formula utilizzata per il calcolo delle portate di massima piena al colmo é la seguente:

$$Q_{\max} = \frac{Cd \times h \times A}{3,6 \times \tau_c}$$

Tale formula, derivata dalla relazione che illustra il metodo razionale elaborato da D. Turazza, per bacini in cui il tempo di precipitazione risulta uguale al tempo di corrivazione, é particolarmente adatta per bacini molto piccoli in quanto confrontando la portata ottenuta con i valori ricavati con altri metodi (Giandotti-Visentini, Scimeni, Pagliaro, Forti, ecc.), questi ultimi risultano spesso sovrastimati.

Verifica di sezioni d'alveo

La portata che defluisce per una determinata sezione d'alveo é fornita dalla relazione:

$$Q \text{ (m}^3\text{/sec)} = A \times v_m$$

dove:

$$A \text{ (m}^2\text{)} = \text{area della sezione trasversale dell'alveo}$$

v_m (m/sec) = velocità media della corrente

Assumendo il criterio del moto uniforme, cioè immaginando che la linea piezometrica abbia la stessa inclinazione dell'alveo nella direzione della corrente, criterio valido in corsi d'acqua a debole pendenza, la velocità media della corrente può essere espressa dalla relazione (Gauckler-Strickler):

$$v_m \text{ (m/sec)} = K_s \times R_h^{2/3} \times (i/100)^{1/2}$$

dove:

$K_s \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$ = coefficiente di resistenza di Strickler

$R_h \text{ (m)}$ = raggio idraulico = area sezione/perimetro bagnato

$i \text{ (%)}$ = pendenza dell'alveo nel tratto considerato

Valutata la velocità della corrente, noto il valore dell'area della sezione del corso d'acqua, si può calcolare la portata smaltibile, da confrontare con la portata di piena di riferimento.

Applicazione del metodo

In diversi punti significativi del territorio di Calamandrana sono state tracciate, in corrispondenza degli alvei dei principali corsi d'acqua, altrettante sezioni sulle quali sono stati effettuati i calcoli per la valutazione della portata di massima piena.

Per ogni sezione é stata elaborata una scheda nella quale sono riportati i principali parametri morfometrici del bacino imbrifero sotteso dalla stessa sezione.

I calcoli sono stati effettuati per tempi di ritorno rispettivamente di **50, 200 e 500** anni ed in base alle portate ottenute sono state tracciate delle fasce di rispetto dai corsi d'acqua indicanti le zone a rischio di esondazione e le altezze dell'onda di piena.

SEZIONE n.1: Confluenza tra il rio dei Sabbioni ed il rio Paniola:

Dati:

Area bacino (A) =	Km ²	4,3131
Perimetro bacino (P) =	Km	9,34
Lunghezza dell'asta principale (L _p) =	km	3,187
Quota più elevata s.l.m. =	m	505
Quota alla sezione di chiusura =	m	165

Coefficiente di deflusso (Cd)

Per il calcolo del coefficiente di deflusso é stata considerata una porzione del bacino pari a 70% caratterizzata da un'acclività superiore al 35%, mentre il restante 30% con un'acclività compresa tra il 10% ed il 35%.

Per quanto riguarda la copertura vegetale il territorio ricadente nei bacini del rio dei Sabbioni e del rio Paniola risulta per la metà condotto a coltivo o bosco rado e per metà occupato da bosco d'alto fusto, mentre la permeabilità risulta compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/sec per il 70% della superficie e tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec per il restante 30%.

Il coefficiente di deflusso totale del bacino derivante dalla somma dei coefficienti parziali risulta:

$$Cd = Ca + Cv + Cp = 0,19 + 0,05 + 0,155 = \mathbf{0,395}$$

Calcolo bilancio idrologico

In base ai dati morfometrici del bacino ed ai dati pluviometrici della zona, risulta:

Turc $P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 479,0 + 257,82 + -84,12 = 652,7$

Thornthwaite $P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 574,0 + 257,82 + -179,12 = 652,7$

Tempo di corrivazione τ_c

$$\tau_c = (0,055 \times L_p) / \sqrt{P_m} = \underline{0,55 \text{ ore}} \text{ (Formula di Pezzoli).}$$

$$\tau_c = (4 \times \sqrt{S} + 1,50 \times L_p) / 0,80 \sqrt{H_m} = \underline{1,24 \text{ ore}} \text{ (Formula di Giandotti).}$$

$$\tau_c = L_p / 15 \times h_{\max}^{0,38} = \underline{0,38 \text{ ore}} \text{ (Formula FAO).}$$

dove:

$L_p =$ (Km) lunghezza asta principale = 3,187 Km;

$P_m =$ (%) pendenza media del bacino = 10%;

$H_m =$ (m) altezza media del bacino sul livello mare = 175 m;

$S =$ (Km²) superficie del bacino = 4,3131 Km²;

$h_{\max} =$ (m) altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura = 340 m;

τ_c considerato = 0,72 ore

Calcolo dell'altezza di pioggia "h" in mm pari al tempo di corrivazione τ_c per tempi di ritorno $Tr = 50$ anni, $Tr = 200$ anni e $Tr = 500$ anni:

$$h = a \times \tau_c^n = 134,82 \times 0,72^{0,38} = \underline{119,00 \text{ mm}} \quad (50 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 164,98 \times 0,72^{0,39} = \underline{145,14 \text{ mm}} \quad (200 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 184,91 \times 0,72^{0,40} = \underline{162,14 \text{ mm}} \quad (500 \text{ anni})$$

Calcolo portata di massima piena del rio alla sezione di chiusura del bacino idrografico:

Si utilizza per questo calcolo la formula:

$$Q_{\max} = \frac{C_d \times h \times A}{3,6 \times \tau_c}$$

dove:

C_d = coefficiente di deflusso = 0,395

h = altezza di pioggia = 145,14 mm, 119,00 mm e 162,14 mm

A = superficie del bacino = 4,3131 Km²

τ_c = tempo di corrivazione = 0,72 ore

risolvendo si ottiene:

$$Q_{\max} = \frac{0,395 \times 119,00 \times 4,3131}{3,6 \times 0,72} = \underline{78,28 \text{ m}^3/\text{sec}} \quad (50 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,395 \times 145,14 \times 4,3131}{3,6 \times 0,72} = \underline{95,47 \text{ m}^3/\text{sec}} \quad (200 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,395 \times 162,14 \times 4,3131}{3,6 \times 0,72} = \underline{106,57 \text{ m}^3/\text{sec}} \quad (500 \text{ anni})$$

Ad una verifica della sezione d'alveo risulta che tali portate non sono contenute nella stessa sezione inondando il territorio circostante per una lunghezza rispettivamente di 31, 33 e 34 m.

Il coefficiente di resistenza di Strickler utilizzato é variabile da 15 a 20 e le velocità della corrente calcolate sono risultate rispettivamente:

50 anni	1,71 m/sec
200 anni	1,76 m/sec
500 anni	1,81 m/sec

SEZIONE n.2: Confluenza tra il rio dei Milani ed il rio Penengo:

Dati:

Area bacino (A) =	Km ²	5,0156
Perimetro bacino (P) =	Km	9,42
Lunghezza dell'asta principale (L _p) =	km	3,32
Quota più elevata s.l.m. =	m	422
Quota alla sezione di chiusura =	m	167

Coefficiente di deflusso (Cd)

Per il calcolo del coefficiente di deflusso é stata considerata una porzione del bacino pari a 70% caratterizzata da un'acclività superiore al 35%, il 20% con un'acclività compresa tra il 10% ed il 35%, mentre il restante 10% presenta pendenze comprese tra il 3,5% ed il 10%.

Per quanto riguarda la copertura vegetale il territorio ricadente nel bacino risulta per il 30% condotto a coltivo o bosco rado e per il 70% occupato da bosco d'alto fusto, mentre la permeabilità risulta compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/sec per il 75% della superficie e tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec per il restante 25%

Il coefficiente di deflusso totale del bacino derivante dalla somma dei coefficienti parziali risulta:

$$C_d = C_a + C_v + C_p = 0,179 + 0,042 + 0,157 = \mathbf{0,379}$$

Calcolo bilancio idrologico

In base ai dati morfometrici del bacino ed ai dati pluviometrici della zona, risulta:

$$\text{Turc} \quad P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 479,0 + 247,37 + -73,68 = 652,7$$

$$\text{Thorntwaite} \quad P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 574,0 + 247,37 + -168,67 = 652,7$$

Tempo di corrivazione τ_c

$$\tau_c = (0,055 \times L_p) / \sqrt{P_m} = \underline{0,69 \text{ ore}} \text{ (Formula di Pezzoli).}$$

$$\tau_c = (4 \times \sqrt{S} + 1,50 \times L_p) / 0,80 \sqrt{H_m} = \underline{1,86 \text{ ore}} \text{ (Formula di Giandotti).}$$

$$\tau_c = L_p / 15 \times h_{\max}^{0,38} = \underline{0,45 \text{ ore}} \text{ (Formula FAO).}$$

dove:

L_p = (Km) lunghezza asta principale = 3,32 Km;

P_m = (%) pendenza media del bacino = 7%;

H_m = (m) altezza media del bacino sul livello mare = 88 m;

S = (Km²) superficie del bacino = 5,0156 Km²;

h_{\max} = (m) altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura = 255 m;

τ_c considerato = 1,00 ore

Calcolo dell'altezza di pioggia "h" in mm pari al tempo di corrivazione τ_c per tempi di ritorno $Tr = 50$ anni, $Tr = 200$ anni e $Tr = 500$ anni:

$$h = a \times \tau_c^n = 134,82 \times 1,00^{0,38} = 134,82 \text{ mm} \quad (50 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 164,98 \times 1,00^{0,39} = 164,98 \text{ mm} \quad (200 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 184,91 \times 1,00^{0,40} = 184,91 \text{ mm} \quad (500 \text{ anni})$$

Calcolo portata di massima piena del rio alla sezione di chiusura del bacino idrografico:

Si utilizza per questo calcolo la formula:

$$Q_{\max} = \frac{C_d \times h \times A}{3,6 \times \tau_c}$$

dove:

$C_d =$ coefficiente di deflusso = 0,379

$h =$ altezza di pioggia = 164,98 mm, 134,82 mm e 184,91 mm

$A =$ superficie del bacino = 5,0156 Km²

$\tau_c =$ tempo di corrivazione = 1,00 ore

risolvendo si ottiene:

$$Q_{\max} = \frac{0,379 \times 134,82 \times 5,0156}{3,6 \times 1,00} = 71,19 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (50 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,379 \times 164,98 \times 5,0156}{3,6 \times 1,00} = 87,11 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (200 \text{ anni})$$

$$3,6 \times 1,00$$

$$Q_{\max} = \frac{0,379 \times 184,91 \times 5,0156}{3,6 \times 1,00} = 97,64 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (500 \text{ anni})$$

Ad una verifica della sezione d'alveo risulta che tali portate non sono contenute nella stessa sezione inondando il territorio circostante per una lunghezza rispettivamente di 27, 29 e 31 m.

Il coefficiente di resistenza di Strickler utilizzato é variabile da 15 a 20 e le velocità della corrente calcolate sono risultate rispettivamente:

50 anni	1,75 m/sec
200 anni	1,81 m/sec
500 anni	1,87 m/sec

SEZIONE n.3: Confluenza tra il rio Paniola ed il rio dei Milani:

Dati:

Area bacino (A) =	Km ²	10,6347
Perimetro bacino (P) =	Km	14,78
Lunghezza dell'asta principale (L _p) =	km	5,50
Quota più elevata s.l.m. =	m	505
Quota alla sezione di chiusura =	m	159

Coefficiente di deflusso (Cd)

Per il calcolo del coefficiente di deflusso é stata considerata una porzione del bacino pari a 60% caratterizzata da un'acclività superiore al 35%, il 30% con

un'acclività compresa tra il 10% ed il 35%, mentre il 5% presenta pendenze comprese tra il 3,5% ed il 10% ed il restante 5% con pendenze inferiori al 3,5%.

Per quanto riguarda la copertura vegetale il territorio ricadente nel bacino risulta per la metà condotto a coltivo o bosco rado e per la metà occupato da bosco d'alto fusto, mentre la permeabilità risulta compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/sec per il 60% della superficie, tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec per il 30% e per il restante 10% variabile da 10^{-3} a 10^{-1} cm/sec.

Il coefficiente di deflusso totale del bacino derivante dalla somma dei coefficienti parziali risulta:

$$C_d = C_a + C_v + C_p = 0,168 + 0,05 + 0,144 = \mathbf{0,362}$$

Calcolo bilancio idrologico

In base ai dati morfometrici del bacino ed ai dati pluviometrici della zona, risulta:

$$\text{Turc} \quad P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 479,0 + 236,28 + -62,58 = 652,7$$

$$\text{Thorntwaite} \quad P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 574,0 + 236,28 + -157,58 = 652,7$$

Tempo di corrivazione τ_c

$$\tau_c = (0,055 \times L_p) / \sqrt[5]{P_m} = \underline{1,21 \text{ ore}} \text{ (Formula di Pezzoli).}$$

$$\tau_c = (4 \times \sqrt[3]{S} + 1,50 \times L_p) / 0,80 \sqrt[3]{H_m} = \underline{1,95 \text{ ore}} \text{ (Formula di Giandotti).}$$

$$\tau_c = L_p / 15 \times h_{\max}^{0,38} = \underline{0,71 \text{ ore}} \text{ (Formula FAO).}$$

dove:

- L_p = (Km) lunghezza asta principale = 5,50 Km;
- P_m = (%) pendenza media del bacino = 6,20%;
- H_m = (m) altezza media del bacino sul livello mare = 187 m;
- S = (Km²) superficie del bacino = 10,6347 Km²;

$h_{max} =$ (m) altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura = 346 m;

τ_c considerato = 1,29 ore

Calcolo dell'altezza di pioggia "h" in mm pari al tempo di corrivazione τ_c per tempi di ritorno $Tr = 50$ anni, $Tr = 200$ anni e $Tr = 500$ anni:

$$h = a \times \tau_c^n = 134,82 \times 1,29^{0,38} = 148,52 \text{ mm} \quad (50 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 164,98 \times 1,29^{0,39} = 182,21 \text{ mm} \quad (200 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 184,91 \times 1,29^{0,40} = 204,74 \text{ mm} \quad (500 \text{ anni})$$

Calcolo portata di massima piena del rio alla sezione di chiusura del bacino idrografico:

Si utilizza per questo calcolo la formula:

$$Q_{max} = \frac{C_d \times h \times A}{3,6 \times \tau_c}$$

dove:

$C_d =$ coefficiente di deflusso = 0,362

$h =$ altezza di pioggia = 182,21 mm, 148,52 mm e 204,74 mm

$A =$ superficie del bacino = 10,6347 Km²

$\tau_c =$ tempo di corrivazione = 1,29 ore

risolvendo si ottiene:

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 148,52 \times 10,6347}{3,6 \times 1,29} = 123,23 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (50 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 182,21 \times 10,6347}{3,6 \times 1,29} = 151,18 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (200 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 204,74 \times 10,6347}{3,6 \times 1,29} = 169,87 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (500 \text{ anni})$$

Ad una verifica della sezione d'alveo risulta che tali portate non sono contenute nella stessa sezione inondando il territorio circostante per una lunghezza rispettivamente di 31, 35 e 37 m.

Il coefficiente di resistenza di Strickler utilizzato é variabile da 15 a 20 e le velocità della corrente calcolate sono risultate rispettivamente:

50 anni	1,99 m/sec
200 anni	2,07 m/sec
500 anni	2,13 m/sec

SEZIONE n.4: Confluenza tra il rio Garbazzola ed il rio delle Chiozze

Dati:

Area bacino (A) =	Km ²	5,0137
Perimetro bacino (P) =	Km	8,69
Lunghezza dell'asta principale (L _p) =	km	2,97
Quota più elevata s.l.m. =	m	407
Quota alla sezione di chiusura =	m	154

Coefficiente di deflusso (Cd)

Per il calcolo del coefficiente di deflusso é stata considerata una porzione del bacino pari a 70% caratterizzata da un'acclività superiore al 35%, mentre il restante 30% con un'acclività compresa tra il 10% ed il 35%,.

Per quanto riguarda la copertura vegetale il territorio ricadente nel bacino risulta per la metà condotto a coltivo o bosco rado e per la metà occupato da bosco d'alto fusto, mentre la permeabilità risulta compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/sec per il 70% della superficie, e tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec per il restante 30%

Il coefficiente di deflusso totale del bacino derivante dalla somma dei coefficienti parziali risulta:

$$Cd = Ca + Cv + Cp = 0,19 + 0,05 + 0,155 = \mathbf{0,395}$$

Calcolo bilancio idrologico

In base ai dati morfometrici del bacino ed ai dati pluviometrici della zona, risulta:

$$\text{Turc} \quad P \text{ (mm)} = Et + Qs + I = 479,0 + 257,82 + -84,12 = 652,7$$

$$\text{Thorntwaite} \quad P \text{ (mm)} = Et + Qs + I = 574,0 + 257,82 + -179,12 = 652,7$$

Tempo di corrivazione τ_c

$$\tau_c = (0,055 \times L_p) / \sqrt{P_m} = \underline{0,56 \text{ ore}} \text{ (Formula di Pezzoli).}$$

$$\tau_c = (4 \times \sqrt{S} + 1,50 \times L_p) / 0,80 \sqrt{H_m} = \underline{1,68 \text{ ore}} \text{ (Formula di Giandotti).}$$

$$\tau_c = L_p / 15 \times h_{\max}^{0,38} = \underline{0,39 \text{ ore}} \text{ (Formula FAO).}$$

dove:

L_p = (Km) lunghezza asta principale = 2,97 Km;
 P_m = (%) pendenza media del bacino = 8,50%;
 H_m = (m) altezza media del bacino sul livello mare = 99 m;
 S = (Km²) superficie del bacino = 5,0137 Km²;
 h_{max} = (m) altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura = 253 m;

τ_c considerato = 0,88 ore

Calcolo dell'altezza di pioggia "h" in mm pari al tempo di corrivazione τ_c per tempi di ritorno $Tr = 50$ anni, $Tr = 200$ anni e $Tr = 500$ anni:

$$h = a \times \tau_c^n = 134,82 \times 0,88^{0,38} = 128,43 \text{ mm} \quad (50 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 164,98 \times 0,88^{0,39} = 156,96 \text{ mm} \quad (200 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 184,91 \times 0,88^{0,40} = 175,69 \text{ mm} \quad (500 \text{ anni})$$

Calcolo portata di massima piena del rio alla sezione di chiusura del bacino idrografico:

Si utilizza per questo calcolo la formula:

$$Q_{max} = \frac{C_d \times h \times A}{3,6 \times \tau_c}$$

dove:

C_d = coefficiente di deflusso = 0,395
 h = altezza di pioggia = 156,96 mm, 128,43 mm e 175,69 mm
 A = superficie del bacino = 5,0137 Km²

$\tau_c =$ tempo di corrivazione = 0,88 ore

risolvendo si ottiene:

$$Q_{\max} = \frac{0,395 \times 128,43 \times 5,0137}{3,6 \times 0,88} = 80,29 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (50 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,395 \times 156,96 \times 5,0137}{3,6 \times 0,88} = 98,12 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (200 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,395 \times 175,69 \times 5,0137}{3,6 \times 0,88} = 109,83 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (500 \text{ anni})$$

Ad una verifica della sezione d'alveo risulta che tali portate non sono contenute nella stessa sezione inondando il territorio circostante per una lunghezza rispettivamente di 27, 30 e 31 m.

Il coefficiente di resistenza di Strickler utilizzato é variabile da 15 a 20 e le velocità della corrente calcolate sono risultate rispettivamente:

50 anni 2,07 m/sec

200 anni 2,13 m/sec

500 anni 2,16 m/sec

SEZIONE n.5: Rio Garbazzola in località C.na Cavallo ove sono previsti nuovi insediamenti:

Dati:

Area bacino (A) =	Km ²	2,451
Perimetro bacino (P) =	Km	6,40
Lunghezza dell'asta principale (L _p) =	km	2,00
Quota più elevata s.l.m. =	m	407
Quota alla sezione di chiusura =	m	154

Coefficiente di deflusso (Cd)

Per il calcolo del coefficiente di deflusso é stata considerata una porzione del bacino pari a 50% caratterizzata da un'acclività superiore al 35%, mentre il restante 50% con un'acclività compresa tra il 10% ed il 35%,.

Per quanto riguarda la copertura vegetale il territorio ricadente nel bacino risulta per il 70% condotto a coltivo o bosco rado e per il 30% occupato da bosco d'alto fusto, mentre anche la permeabilità risulta compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/sec per il 70% della superficie, e tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec per il restante 30%

Il coefficiente di deflusso totale del bacino derivante dalla somma dei coefficienti parziali risulta:

$$Cd = Ca + Cv + Cp = 0,17 + 0,058 + 0,155 = \mathbf{0,383}$$

Calcolo bilancio idrologico

In base ai dati morfometrici del bacino ed ai dati pluviometrici della zona, risulta:

$$\text{Turc} \quad P \text{ (mm)} = Et + Qs + I = 479,0 + 249,98 + -76,29 = 652,7$$

$$\text{Thorntwaite} \quad P \text{ (mm)} = Et + Qs + I = 574,0 + 249,98 + -171,28 = 652,7$$

Tempo di corrivazione τ_c

$$\tau_c = (0,055 \times L_p) / \sqrt{P_m} = \underline{0,38 \text{ ore}} \text{ (Formula di Pezzoli).}$$

$$\tau_c = (4 \times \sqrt{S} + 1,50 \times L_p) / 0,80 \sqrt{H_m} = \underline{1,19 \text{ ore}} \text{ (Formula di Giandotti).}$$

$$\tau_c = L_p / 15 \times h_{\max}^{0,38} = \underline{0,25 \text{ ore}} \text{ (Formula FAO).}$$

dove:

L_p = (Km) lunghezza asta principale = 2 Km;

P_m = (%) pendenza media del bacino = 8,50%;

H_m = (m) altezza media del bacino sul livello mare = 94 m;

S = (Km²) superficie del bacino = 2,451 Km²;

h_{\max} = (m) altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura = 250,50 m;

$$\underline{\tau_c \text{ considerato}} = 0,61 \text{ ore}$$

Calcolo dell'altezza di pioggia "h" in mm pari al tempo di corrivazione τ_c per tempi di ritorno $Tr = 50$ anni, $Tr = 200$ anni e $Tr = 500$ anni:

$$h = a \times \tau_c^n = 134,82 \times 0,61^{0,38} = 111,73 \text{ mm} \quad (50 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 164,98 \times 0,61^{0,39} = 136,05 \text{ mm} \quad (200 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 184,91 \times 0,61^{0,40} = 151,74 \text{ mm} \quad (500 \text{ anni})$$

Calcolo portata di massima piena del rio alla sezione di chiusura del bacino idrografico:

Si utilizza per questo calcolo la formula:

$$Q_{\max} = \frac{C_d \times h \times A}{\text{-----}}$$

$$3,6 \times \tau_c$$

dove:

Cd = coefficiente di deflusso = 0,383

h = altezza di pioggia = 136,06 mm, 111,73 mm e 151,74 mm

A = superficie del bacino = 2,451 Km²

τ_c = tempo di corrivazione = 0,61 ore

risolvendo si ottiene:

$$Q_{\max} = \frac{0,383 \times 111,73 \times 2,451}{3,6 \times 0,61} = 47,76 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (50 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,383 \times 136,06 \times 2,451}{3,6 \times 0,61} = 58,16 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (200 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,383 \times 151,74 \times 2,451}{3,6 \times 0,61} = 64,86 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (500 \text{ anni})$$

Ad una verifica della sezione d'alveo risulta che tali portate non sono contenute nella stessa sezione inondando il territorio circostante per una lunghezza rispettivamente di 30, 37 e 39 m in sponda destra in quanto in sponda sinistra si manifesta una ripida parete molto più elevata sottostante C.na Cavallo.

Il coefficiente di resistenza di Strickler utilizzato é variabile da 15 a 20 e le velocità della corrente calcolate sono risultate rispettivamente:

50 anni 1,95 m/sec

200 anni 2,03 m/sec

500 anni 2,07 m/sec

SEZIONE n.6: Rio Valle del Tufo, o Valle S.Giovanni, alla confluenza con il torrente Belbo:

Dati:

Area bacino (A) =	Km ²	2,090
Perimetro bacino (P) =	Km	6,70
Lunghezza dell'asta principale (L _p) =	km	2,30
Quota più elevata s.l.m. =	m	288
Quota alla sezione di chiusura =	m	141

Coefficiente di deflusso (Cd)

Per il calcolo del coefficiente di deflusso é stata considerata una porzione del bacino pari al 5% caratterizzata da un'acclività superiore al 35%, al 30% con un'acclività compresa tra il 10% ed il 35%, mentre il 50% del territorio presenta un'acclività compresa tra il 3,50% ed il 10% ed il restante 15% ha un'acclività inferiore al 3,5%.

Per quanto riguarda la copertura vegetale il territorio ricadente nel bacino risulta per l'85% condotto a coltivo o bosco rado e per il 15% occupato da bosco d'alto fusto, mentre anche la permeabilità risulta compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/sec per il 15 della superficie, tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec per il 75% e tra 10^{-1} e 10^{-3} cm/sec per il restante 10%

Il coefficiente di deflusso totale del bacino derivante dalla somma dei coefficienti parziali risulta:

$$Cd = Ca + Cv + Cp = 0,052 + 0,064 + 0,122 = \mathbf{0,237}$$

Calcolo bilancio idrologico

In base ai dati morfometrici del bacino ed ai dati pluviometrici della zona, risulta:

Turc $P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 479,0 + 154,69 + 19,01 = 652,7$

Thorntwaite $P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 574,0 + 154,69 + -75,99 = 652,7$

Tempo di corrivazione τ_c

$$\tau_c = (0,055 \times L_p) / \sqrt{P_m} = \underline{0,57 \text{ ore}} \text{ (Formula di Pezzoli).}$$

$$\tau_c = (4 \times \sqrt{S} + 1,50 \times L_p) / 0,80 \sqrt{H_m} = \underline{0,82 \text{ ore}} \text{ (Formula di Giandotti).}$$

$$\tau_c = L_p / 15 \times h_{\max}^{0,38} = \underline{0,28 \text{ ore}} \text{ (Formula FAO).}$$

dove:

L_p = (Km) lunghezza asta principale = 2,30 Km;

P_m = (%) pendenza media del bacino = 10%;

H_m = (m) altezza media del bacino sul livello mare = 198,60 m;

S = (Km²) superficie del bacino = 2,090 Km²;

h_{\max} = (m) altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura = 147 m;

$$\underline{\tau_c \text{ considerato}} = 0,35 \text{ ore}$$

Calcolo dell'altezza di pioggia "h" in mm pari al tempo di corrivazione τ_c per tempi di ritorno $T_r = 50$ anni, $T_r = 200$ anni e $T_r = 500$ anni:

$$h = a \times \tau_c^n = 134,82 \times 0,35^{0,38} = 90,47 \text{ mm} \quad (50 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 164,98 \times 0,35^{0,39} = 109,55 \text{ mm} \quad (200 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 184,91 \times 0,35^{0,40} = 121,50 \text{ mm} \quad (500 \text{ anni})$$

Calcolo portata di massima piena del rio alla sezione di chiusura del bacino idrografico:

Si utilizza per questo calcolo la formula:

$$Q_{\max} = \frac{C_d \times h \times A}{3,6 \times \tau_c}$$

dove:

C_d = coefficiente di deflusso = 0,237

h = altezza di pioggia = 90,47 mm, 109,55 mm e 121,50 mm

A = superficie del bacino = 2,090 Km²

τ_c = tempo di corrivazione = 0,35 ore

risolvendo si ottiene:

$$Q_{\max} = \frac{0,237 \times 90,47 \times 2,090}{3,6 \times 0,35} = 35,57 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (50 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,237 \times 109,55 \times 2,090}{3,6 \times 0,35} = 43,07 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (200 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,237 \times 121,50 \times 2,090}{3,6 \times 0,35} = 47,76 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (500 \text{ anni})$$

Ad una verifica della sezione d'alveo risulta che tali portate non sono contenute nella stessa sezione inondando il territorio circostante per una lunghezza rispettivamente di 30, 34 e 36 m.

Il coefficiente di resistenza di Strickler utilizzato é variabile da 15 a 20 e le velocità della corrente calcolate sono risultate rispettivamente:

50 anni	1,68 m/sec
200 anni	1,74 m/sec
500 anni	1,79 m/sec

SEZIONE n.7: Rio Molinello, o Milani, in corrispondenza del ponte della Ferrovia:

Dati:

Area bacino (A) =	Km ²	11,56
Perimetro bacino (P) =	Km	15,18
Lunghezza dell'asta principale (L _p) =	km	6,40
Quota più elevata s.l.m. =	m	505
Quota alla sezione di chiusura =	m	149

Coefficiente di deflusso (Cd)

Per il calcolo del coefficiente di deflusso é stata considerata una porzione del bacino pari al 60% caratterizzata da un'acclività superiore al 35%, al 30% con un'acclività compresa tra il 10% ed il 35%, mentre il 5% del territorio presenta un'acclività compresa tra il 3,50% ed il 10% ed il restante 5% ha un'acclività inferiore al 3,5%.

Per quanto riguarda la copertura vegetale il territorio ricadente nel bacino risulta per la metà condotto a coltivo o bosco rado e per metà occupato da bosco d'alto fusto, mentre anche la permeabilità risulta compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/sec per il 60 della superficie, tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec per il 30% e tra 10^{-1} e 10^{-3} cm/sec per il restante 10%

Il coefficiente di deflusso totale del bacino derivante dalla somma dei coefficienti parziali risulta:

$$Cd = Ca + Cv + Cp = 0,168 + 0,05 + 0,144 = \mathbf{0,362}$$

Calcolo bilancio idrologico

In base ai dati morfometrici del bacino ed ai dati pluviometrici della zona, risulta:

$$\text{Turc} \quad P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 479,0 + 236,28 + -62,58 = 652,7$$

$$\text{Thornthwaite} \quad P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 574,0 + 236,28 + -157,58 = 652,7$$

Tempo di corrivazione τ_c

$$\tau_c = (0,055 \times L_p) / \sqrt{P_m} = \underline{1,41 \text{ ore}} \text{ (Formula di Pezzoli).}$$

$$\tau_c = (4 \times \sqrt{S} + 1,50 \times L_p) / 0,80 \sqrt{H_m} = \underline{2,02 \text{ ore}} \text{ (Formula di Giandotti).}$$

$$\tau_c = L_p / 15 \times h_{\max}^{0,38} = \underline{0,83 \text{ ore}} \text{ (Formula FAO).}$$

dove:

L_p = (Km) lunghezza asta principale = 26,40 Km;

P_m = (%) pendenza media del bacino = 6,20%;

H_m = (m) altezza media del bacino sul livello mare = 207 m;

S = (Km²) superficie del bacino = 11,56 Km²;

h_{\max} = (m) altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura = 356 m;

$$\underline{\tau_c \text{ considerato}} = 1,42 \text{ ore}$$

Calcolo dell'altezza di pioggia "h" in mm pari al tempo di corrivazione τ_c per tempi di ritorno $T_r = 50$ anni, $T_r = 200$ anni e $T_r = 500$ anni:

$$h = a \times \tau_c^n = 134,82 \times 1,42^{0,38} = 154,04 \text{ mm} \quad (50 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 164,98 \times 1,42^{0,39} = 189,16 \text{ mm} \quad (200 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 184,91 \times 1,42^{0,40} = 212,75 \text{ mm} \quad (500 \text{ anni})$$

Calcolo portata di massima piena del rio alla sezione di chiusura del bacino idrografico:

Si utilizza per questo calcolo la formula:

$$Q_{\max} = \frac{C_d \times h \times A}{3,6 \times \tau_c}$$

dove:

C_d = coefficiente di deflusso = 0,362

h = altezza di pioggia = 154,04 mm, 189,16 mm e 212,75 mm

A = superficie del bacino = 11,56 Km²

τ_c = tempo di corrivazione = 1,42 ore

risolvendo si ottiene:

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 154,04 \times 11,56}{3,6 \times 1,42} = 126,15 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (50 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 189,16 \times 11,56}{3,6 \times 1,42} = 154,91 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (200 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 212,75 \times 11,56}{3,6 \times 1,42} = 174,23 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (500 \text{ anni})$$

Ad una verifica della sezione d'alveo risulta che tali portate sono contenute nella stessa sezione senza inondare il territorio circostante.

Il coefficiente di resistenza di Strickler utilizzato é variabile da 15 a 20 e le velocità della corrente calcolate sono risultate rispettivamente:

50 anni	4,50 m/sec
200 anni	4,71 m/sec
500 anni	4,84 m/sec

SEZIONE n.8: Rio Molinello in corrispondenza del ponte stradale:

Dati:

Area bacino (A) =	Km ²	11,2347
Perimetro bacino (P) =	Km	15,28
Lunghezza dell'asta principale (L _p) =	km	6,10
Quota più elevata s.l.m. =	m	505
Quota alla sezione di chiusura =	m	153

Coefficiente di deflusso (Cd)

Per il calcolo del coefficiente di deflusso é stata considerata una porzione del bacino pari a 60% caratterizzata da un'acclività superiore al 35%, al 30% con un'acclività compresa tra il 10% ed il 35%, mentre il 5% del territorio presenta un'acclività compresa tra il 3,50% ed il 10% ed il restante 5% ha un'acclività inferiore al 3,5%.

Per quanto riguarda la copertura vegetale il territorio ricadente nel bacino risulta per la metà condotto a coltivo o bosco rado e per metà occupato da bosco d'alto

fusto, mentre anche la permeabilità risulta compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/sec per il 60% della superficie, tra 10^{-3} e 10^{-5} cm/sec per il 30% e tra 10^{-1} e 10^{-3} cm/sec per il restante 10%.

Il coefficiente di deflusso totale del bacino derivante dalla somma dei coefficienti parziali risulta:

$$C_d = C_a + C_v + C_p = 0,168 + 0,05 + 0,144 = 0,362$$

Calcolo bilancio idrologico

In base ai dati morfometrici del bacino ed ai dati pluviometrici della zona, risulta:

$$\text{Turc} \quad P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 478,97 + 236,24 + -62,61 = 652,6$$

$$\text{Thorntwaite} \quad P \text{ (mm)} = E_t + Q_s + I = 573,90 + 236,24 + -157,54 = 652,6$$

Tempo di corrivazione τ_c

$$\tau_c = (0,055 \times L_p) / \sqrt{P_m} = 1,50 \text{ ore (Formula di Pezzoli).}$$

$$\tau_c = (4x\sqrt{S} + 1,50 \times L_p) / 0,80 \sqrt{H_m} = 1,95 \text{ ore (Formula di Giandotti).}$$

$$\tau_c = L_p / 15 \times h_{\max} 0,38 = 0,79 \text{ ore (Formula FAO).}$$

dove:

L_p = (Km) lunghezza asta principale = 6,10 Km;

P_m = (%) pendenza media del bacino = 5%;

H_m = (m) altezza media del bacino sul livello mare = 210 m;

S = (Km²) superficie del bacino = 11,2347 Km²;

h_{\max} = (m) altezza massima del bacino rispetto alla sezione di chiusura = 352 m;

$$\tau_c \text{ considerato} = 1,41 \text{ ore}$$

Calcolo dell'altezza di pioggia "h" in mm pari al tempo di corrivazione τ_c per tempi di ritorno $Tr = 50$ anni, $Tr = 200$ anni e $Tr = 500$ anni:

$$h = a \times \tau_c^n = 134,82 \times 1,41^{0,38} = 153,62 \text{ mm} \quad (50 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 164,98 \times 1,41^{0,39} = 188,64 \text{ mm} \quad (200 \text{ anni})$$

$$h = a \times \tau_c^n = 184,91 \times 1,41^{0,40} = 212,15 \text{ mm} \quad (500 \text{ anni})$$

Calcolo portata di massima piena del rio alla sezione di chiusura del bacino idrografico:

Si utilizza per questo calcolo la formula:

$$Q_{\max} = \frac{C_d \times h \times A}{3,6 \times \tau_c}$$

dove:

C_d = coefficiente di deflusso = 0,362

h = altezza di pioggia = 153,62 mm, 188,64 mm e 212,15 mm

A = superficie del bacino = 11,2347 Km²

τ_c = tempo di corrivazione = 1,41 ore

risolvendo si ottiene:

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 153,62 \times 11,2347}{3,6 \times 1,41} = 122,74 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (50 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 188,64 \times 11,2347}{3,6 \times 1,41} = 150,73 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (200 \text{ anni})$$

$$Q_{\max} = \frac{0,362 \times 212,15 \times 11,2347}{3,6 \times 1,41} = 169,51 \text{ m}^3/\text{sec} \quad (500 \text{ anni})$$

Ad una verifica della sezione d'alveo risulta che tali portate sono tutte contenute nella stessa sezione senza inondare il territorio circostante.

Il coefficiente di resistenza di Strickler utilizzato é variabile da 15 a 20 e le velocità della corrente calcolate sono risultate rispettivamente:

50 anni	4,51 m/sec
200 anni	4,73 m/sec
500 anni	4,86 m/sec

I calcoli effettuati con le precedenti indagini, di cui alla relazione generale presentata nel mese di aprile '98, pur considerando un coefficiente di scabrezza o di Strickler maggiore di quello consigliato dai Funzionari del Servizio geologico regionale, conducevano ad ampiezze delle fasce di rispetto soltanto leggermente inferiori e le distanze minime di 30 m e 40 m da ciascun rio nelle aree non urbanizzate per eventuali nuove costruzioni dovranno essere quindi tassativamente mantenute, mentre i singoli progetti dovranno essere corredati, come già ribadito, da opportuni studi idraulici con verifiche locali della situazione geomorfologica e topografica.

Ottobre 2000