

COMUNE DI PADOVA

P. di L. "BRENTELLA"

zona di perequazione n.1 - Bacchiglione nord

RELAZIONE IDRAULICA E ASSEVERAZIONE

N. ELABORATO

F

DATA: Aprile '13 - Sett. '13

I committenti :

I progettisti :

| COMMESSA | NOME FILE | PERCORSO DIGITALE |
|----------|--------------------|---|
| 06_05 | P671_VCI_Brentella | o:\06_05_parco brentelle\5_pa_piani_attuativi\p.dil._aprile_2013\eg |

Sommario

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Premessa..... | 3 |
| 2 | Inquadramento metodologico..... | 8 |
| 3 | Verifica del rispetto dei limiti imposti..... | 8 |
| 4 | Analisi regionalizzata delle precipitazioni: introduzione | 9 |
| 4.1 | Premessa..... | 9 |
| 4.2 | Scelta della rete di misura..... | 10 |
| 4.3 | Campo di analisi e scelta delle stazioni..... | 11 |
| 5 | Analisi regionalizzata delle precipitazioni: procedimento numerico | 14 |
| 5.1 | Il metodo della grandezza indice e la distribuzione GEV | 15 |
| 5.1.1 | Calcolo della grandezza indice caratteristica di ciascuna stazione..... | 16 |
| 5.1.2 | Regolarizzazione dei campioni normalizzati stima delle curve di crescita . | 17 |
| 5.1.3 | Valutazione dell'omogeneità dell'area con il test H..... | 18 |
| 5.1.4 | Analisi della distribuzione spaziale delle medie dei massimi annuali..... | 19 |
| 6 | Calcolo delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento | 20 |
| 6.1 | Curve segnalatrici a tre parametri per sottoaree omogenee..... | 20 |
| 6.1.1 | Attribuzione delle curve segnalatrici ai territori comunali | 21 |
| 6.1.2 | Curve segnalatrici per la zona omogenea sud-occidentale (ipotesi B)..... | 24 |
| 6.2 | Curve segnalatrici a due parametri e loro utilizzo | 25 |
| 6.3 | Determinazione di pluviogrammi di progetto | 25 |
| 7 | Descrizione dello stato di fatto..... | 27 |
| 8 | Analisi dello stato di progetto, determinazione del coefficiente di deflusso | 30 |
| 9 | Calcolo dei volumi da rendere disponibili per la laminazione | 34 |
| 10 | Individuazione dei volumi di laminazione..... | 39 |
| 11 | Sintesi della valutazione | 47 |

1 Premessa

La presente relazione riguarda lo studio idrologico per la valutazione della compatibilità idraulica afferente al "Piano di Lottizzazione Brentella" zona di perequazione n.1 – Bacchiglione nord, compreso tra Via Monte Rua, Via Padova, Via Dei Colli, nel Comune di Padova (PD), in zona di perequazione ambientale catastalmente censita al foglio n.132.

Fanno parte integrante della presente valutazione di compatibilità idraulica i seguenti elaborati grafici:

- 1 – Estratti planimetrici
- 2 – Estratto di mappa
- 3 – Rilievo dello stato di fatto
- 4 – Documentazione fotografica
- 5 - Planivolumetrico
- 8 – Schema rete acque bianche
- 8.1 – Profili e sezioni comparative
- 8.2 – Permeabilità/impermeabilità suoli. Tavola comparativa

Il sito sul quale sorgerà l'intervento si trova nel Comune di Padova, ed è raggiungibile da Via Dei Colli poi Via Padova e via Monte Rua.



Figura 1. Inquadramento geografico foto dal satellite.

L'area è censita catastalmente nel Comune di Padova al foglio 132. Di seguito si riportano l'intera planimetria con indicazione in rosso dell'area di intervento e tre estratti del foglio 132 afferenti ai mappali 150, 207 e 522.

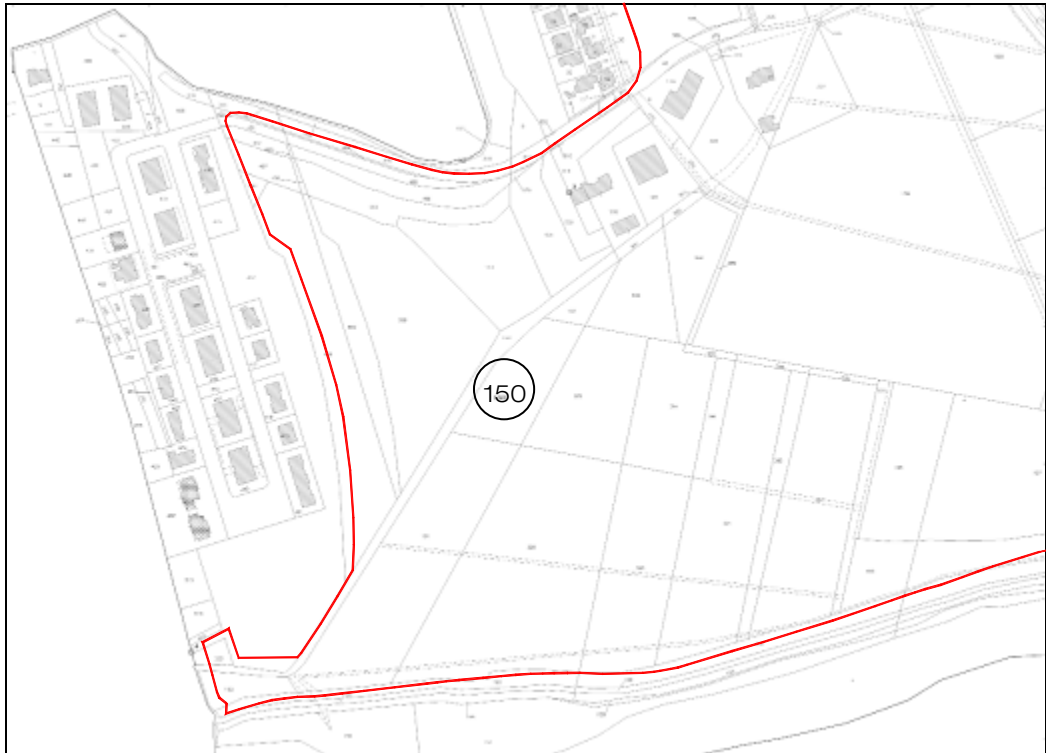
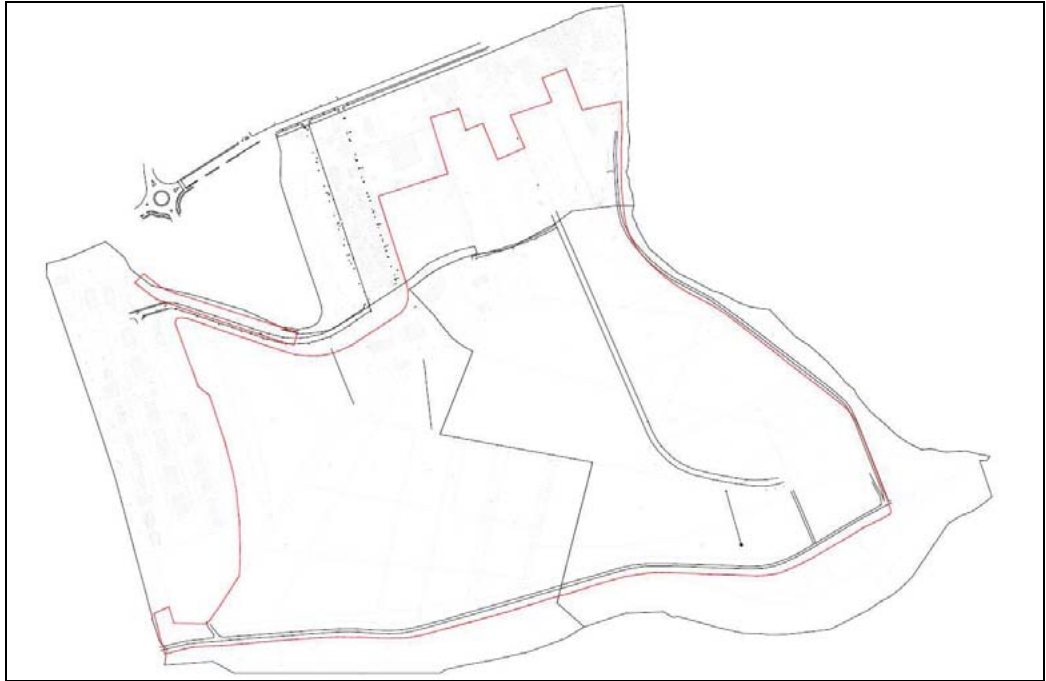




Figura 2. Estratto catastale (evidenziato in rosso il limite dell'area di intervento).

Tale studio è volto al calcolo delle portate attualmente generate dalla configurazione esistente e all'individuazione delle misure compensative da realizzare al fine di non aggravare, con le opere di progetto, l'equilibrio idraulico dell'area in cui l'opera va ad inserirsi, per eventi con un tempo di ritorno non inferiore a 50 anni, così come previsto dalla Deliberazione della Giunta Regionale Veneto n. 1322 del 10 maggio 2006 integrata dalla DGR 1841 del 19 Giugno 2007 pubblicata sul B.U.R. n.61 del 10.07.2007 e s.m. e come anche dalle Ordinanze del 22.01.08 del "Commissario delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 Settembre che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto" (O.P.C.M. n.3621 del 18.10.2007) pubblicata sul B.U.R. n.10 del 01.02.2008 anche se quest'ultime non vigenti nella porzione di territorio in esame.

L'obiettivo dell'invarianza idraulica è quello di garantire, a fronte di una trasformazione di uso del suolo, la realizzazione di opportune azioni compensative, i cui oneri dovranno essere sostenuti dai beneficiari delle trasformazioni, per il consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

La DGR introduce inoltre una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici, la quale consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.

La classificazione è riportata nella tabella seguente:

Tabella 1. Soglie dimensionali per la suddivisione in classi di intervento secondo la DGR 1322/06 e s.m.i..

| Classe di intervento | Definizione |
|---|--|
| Trascurabile impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici di estensione inferiore a 0,10 ha |
| Modesta impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese tra 0,10 ha e 1 ha |
| Significativa impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese tra 1 ha e 10 ha; intervento su superfici di estensione oltre i 10 ha con impermeabilizzazione < 0,30 |
| Marcata impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici superiori a 10 ha con impermeabilizzazione > 0,30 |

- Nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
- Nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene, è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di

diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;

- Nel caso di significativa impermeabilizzazione andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione;
- Nel caso di marcata impermeabilizzazione è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

Il calcolo della superficie impermeabilizzata allo stato di progetto, deve tener conto di quattro possibili usi del suolo:

- tetti;
- strade;
- parcheggi;
- verde pubblico.

Ad ognuna di queste, è stato assegnato un diverso valore di coefficiente di deflusso secondo quanto indicato nella D.G.R. 1322 del 10.05.2006

Tabella 2. Valori dei coefficienti di deflusso secondo la DGR 1322/2006.

| Classe d'uso | Coefficiente di deflusso |
|---|--------------------------|
| Aree Agricole | 0.1 |
| Superfici permeabili (Verde) | 0.2 |
| Superfici semipermeabili | 0.6 |
| Superfici impermeabili (Tetti, strade...) | 0.9 |

Nei successivi paragrafi sarà calcolato l'aumento di area impermeabile al fine di valutare la classe dell' intervento oggetto della presente valutazione.

2 Inquadramento metodologico

Nella redazione della presente relazione, sono stati approfonditi i seguenti punti:

- a) verifica dell'appartenenza alla classe di intervento così come definito nella DGR 1322-06 e conseguente necessità di sviluppare lo studio di compatibilità idraulica;
- b) definizione dei dati pluviometrici raccolti;
- c) descrizione della metodologia di regionalizzazione dei dati pluviometrici;
- d) descrizione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento;
- e) determinazione del coefficiente di deflusso medio, quindi determinazione della pioggia efficace;
- f) definizione di misure compensative da attuare al fine di ottenere un assetto idrologico della zona oggetto di studio compatibile con la rete ricettrice.

All'esposizione dei risultati numerici si fa una premessa essenziale: tutti i dati pluviometrici, i parametri per la regionalizzazione delle precipitazioni, nonché i dati delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (ovvero, quanto ai punti (b), (c) e (d) del precedente elenco) sono quelli ricavati dallo studio *"Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento"* condotto da *NORDEST INGEGNERIA S.R.L.* nella persona dell'Ing. Alvise Fiume, per conto del "Commissario delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 Settembre che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto"; tali analisi sono gratuitamente disponibili nel sito internet della Struttura Commissariale:

<http://www.commissarioallagamenti.veneto.it/>

3 Verifica del rispetto dei limiti imposti

La verifica preliminare alla redazione del presente studio, come conseguenza di quanto stabilito dai succitati riferimenti normativi, consiste nella valutazione dell'effettiva area di intervento e della conseguente impermeabilizzazione.

Lo studio di seguito esposto, si riferisce ad un'area di estensione pari a 73.230 mq (7,32 ha) ricadendo quindi, come precedentemente esposto, nel caso di *significativa impermeabilizzazione*; andranno pertanto dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

4 Analisi regionalizzata delle precipitazioni: introduzione

4.1 Premessa

I contenuti di quanto riportato nelle successive tre sezioni non costituiscono elaborazioni autonome dell'ing. Baldo ma legittime citazioni di un documento terzo.

Le analisi a seguire risultano in linea con quanto prescritto dall'Ing. Mariano Carraro, "Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione del Veneto nel giorno 26 settembre 2007"; tali indicazioni tecniche nascono dall'esigenza di individuare delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento per l'area nelle province di Venezia, Padova e Treviso colpite dalle recenti avversità atmosferiche.

Come premesso al Paragrafo 2 del presente scritto, tutti i dati impiegati nella presente applicazione sono quelli ricavati dallo studio "Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento" condotto da NORDEST INGEGNERIA S.R.L. nella persona dell'Ing. Alvise Fiume (alcuni brani delle relazioni tecniche vengono riportati in toto per rendere maggiormente comprensibile la procedura computazionale che è stata seguita) per conto del Commissario, e da quest'ultimo resi disponibili gratuitamente ai fini dell'impiego di parametri univoci all'interno di qualsivoglia studio idrologico/idraulico che riguardi le Province coinvolte.

Il calcolo di leggi che restituiscano un valore atteso di precipitazione in funzione del tempo di ritorno e della durata di pioggia costituisce un passo fondamentale per il corretto dimensionamento delle opere idrauliche; i risultati dovranno essere utilizzati sia nell'ambito degli interventi straordinari per la riduzione del rischio idraulico, sia come dati di riferimento per le opere di laminazione imposte ai privati dalla normativa regionale e dalle recenti ordinanze del Commissario. È stato stabilito di svolgere un'analisi regionalizzata, che miri cioè ad analizzare in forma congiunta le registrazioni operate in diversi siti di interesse, valutando contestualmente il grado di omogeneità dei valori massimi annuali misurati nelle varie stazioni e la presenza di eventuali trend spaziali. Tale procedimento limita l'influenza di singole registrazioni eccezionali, individua le caratteristiche comuni del regime pluviometrico sull'intero territorio considerato e fornisce gli strumenti per un'eventuale suddivisione dell'area in sottoinsiemi omogenei, ai quali attribuire una singola curva segnalatrice di possibilità pluviometrica.

4.2 Scelta della rete di misura

I dati disponibili per un'analisi pluviometrica nel territorio veneto derivano da due reti di misura: alla rete storica del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), avviata nei primi decenni del '900, si è infatti affiancata alla fine degli anni '80 la rete regionale del Centro Sperimentale per l'Idrologia e la Meteorologia di Teolo (ora Centro Meteorologico di Teolo — CMT) dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV). A seguito del trasferimento di competenze alle Regioni, anche la rete SIMN è stata affidata ad ARPAV, ma le modalità di esercizio delle stazioni sono ancora in fase di definizione.

Le due reti sono differenti per collocazione delle stazioni, per strumentazione e per periodi di misura. Dovendo sceglierne una, si è optato di utilizzare i dati del CMT, alla luce delle seguenti considerazioni:

- o la rete CMT misura dati dalla fine degli anni '90 ad oggi, mentre i dati del SIMN sono stati pubblicati in forma cartacea solo fino al 1996;
- o le durate di maggior interesse sono quelle fino a 24 ore, vista la tipologia di opere da dimensionare e le caratteristiche dei bacini idraulici: in tale intervallo i dati SIMN sono affidabili solo nei massimi annuali per 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive, mentre le informazioni del CMT sono aggregati su una scansione minima di 5 minuti e consentono pertanto una ricognizione affidabile dei valori di precipitazione anche per eventi brevi ed intensi;
- o tra una serie di dati più lunga, quella SIMN, ma priva degli ultimi anni, e una serie di dati breve ma aggiornata, quella CMT, la seconda appare preferibile, anche alla luce dei ripetuti eventi calamitosi odierni e delle evidenze di un cambiamento climatico in atto;
- o i dati raccolti dal CMT costituiscono oggi il principale riferimento pluviometrico regionale, mentre non è ancora stato definito con certezza il futuro delle cosiddette stazioni tradizionali ex-SIMN ora affidate all'ARPAV, soprattutto per quanto riguarda le piogge brevi.

4.3 Campo di analisi e scelta delle stazioni

L'ambito entro il quale svolgere l'analisi pluviometrica è stato individuato nell'unione delle seguenti aree:

- o l'area all'interno della linea di conterminazione lagunare;
- o i comprensori degli ex Consorzi di bonifica Dese Sile, Sinistra Medio Brenta e Bacchiglione Brenta;
- o la porzione sud-orientale dell'ex comprensorio del Consorzio di bonifica Destra Piave, a valle della linea delle risorgive;
- o il litorale del Cavallino e il bacino Caposile nel comprensorio dell'ex Consorzio di bonifica Basso Piave;
- o il bacino Fossa Paltana nel comprensorio dell'ex Consorzio di bonifica Adige Bacchiglione.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale N. 2415 del 04 agosto 2009 pubblicata sul Bur n. 74 del 08/09/2009, si sono infatti istituiti il:

- Consorzio di bonifica Veronese (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Adige Garda, Agro Veronese Tartaro Tione e Valli Grandi e Medio Veronese);
- Consorzio di bonifica Polesano (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Padana Polesana e Polesine Adige Canal Bianco);
- Consorzio di bonifica Delta del Po (corrispondente all'originario comprensorio del Consorzio di bonifica Delta Po Adige);
- Consorzio di bonifica Alta Pianura Veneta (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Riviera Berica, Zerpano Adige Guà e Medio Astico Bacchiglione);
- Consorzio di bonifica Brenta (corrispondente all'originario comprensorio del Consorzio di bonifica Pedemontano Brenta);
- Consorzio di bonifica Euganeo–Berico (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Adige Bacchiglione ed Euganeo);
- Consorzio di bonifica Bacchiglione (corrispondente all'originario comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione Brenta);
- Consorzio di bonifica Acque Risorgive (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Dese Sile e Sinistra Medio Brenta);
- Consorzio di bonifica Piave (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Destra Piave, Pedemontano Brentella di Pederobba e Pedemontano Sinistra Piave);

- Consorzio di bonifica Veneto Orientale (derivante dall'accorpamento degli originari comprensori dei Consorzi di bonifica Basso Piave e Pianura Veneta tra Livenza e Tagliamento);

L'area indicata comprende i territori di tutti i comuni ad oggi interessati alle attività e alle prescrizioni del Commissario, ad eccezione di Tribano. Le stazioni pluviometriche utilizzate per l'analisi sono state scelte in modo da circoscrivere completamente l'area di interesse, selezionando 27 siti caratterizzati da almeno 10 anni di registrazioni.

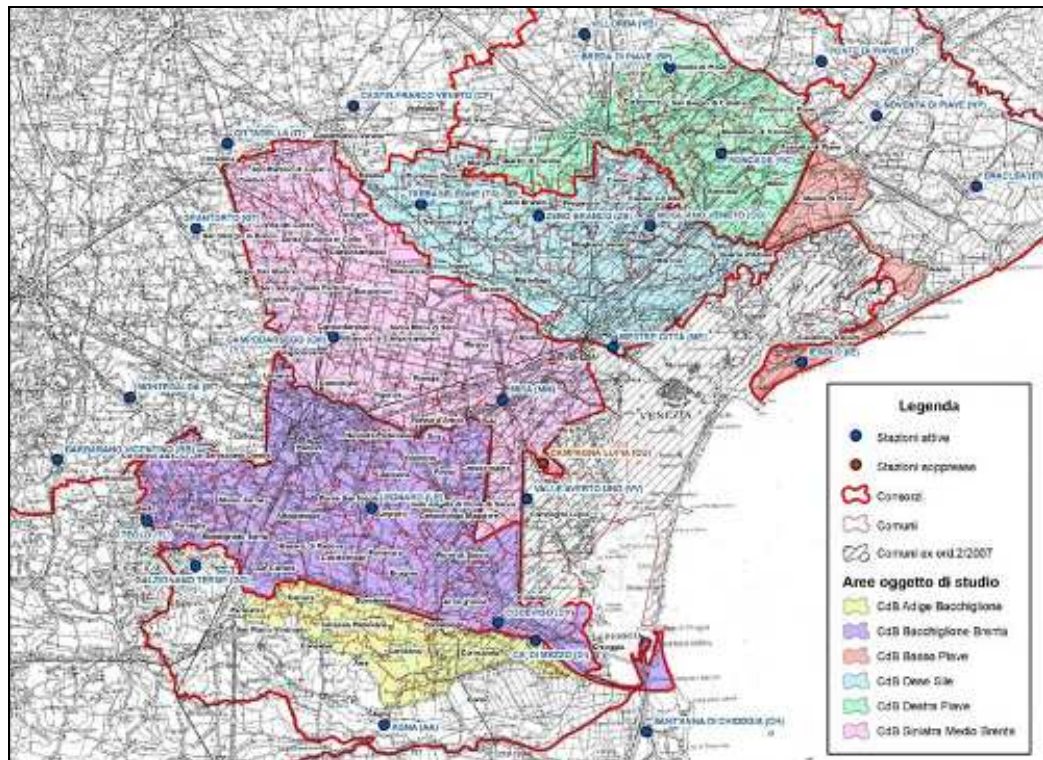


Figura 3. Planimetria dell'area oggetto di studio e delle stazioni CMT considerate.

Tabella 3. Stazioni CMT considerate.

| NOME | Z [m.s.m.] | Coordinata Est Gauss Boaga W [m] | Coordinata Nord Gauss Boaga W [m] | Attiva dal | Numero di massimi annui |
|----------------------------|---------------|--|---|------------|-------------------------------|
| BRABARANO VICENTINO (BB) | 16 | 1701211 | 5030367 | 01-02-1991 | 16 |
| MONTEGALDA (MT) | 23 | 1708173 | 5036371 | 01-12-1991 | 16 |
| TEOLO (TL) | 158 | 1709765 | 5024498 | 02-02-1992 | 16 |
| GALZIGNANO TERME (GG) | 20 | 1714466 | 5020146 | 01-12-1991 | 16 |
| GRANTORTO (GG) | 31 | 1714510 | 5052620 | 01-09-1991 | 16 |
| CITTADELLA (IT) | 56 | 1717457 | 5060787 | 03-02-1992 | 15 |
| CAMPODARSEGO (CM) | 15 | 1727668 | 5042147 | 01-08-1989 | 16 |
| CASTELFRANCO VENETO (CF) | 50 | 1729544 | 5064403 | 01-07-1991 | 17 |
| LEGNARO (LE) | 8 | 1731313 | 5025746 | 02-02-1992 | 16 |
| AGNA (AA) | 2 | 1732493 | 5004900 | 11-07-1995 | 16 |
| TREBASELEGHE (TS) | 23 | 1736009 | 5054940 | 01-02-1992 | 12 |
| CODEVIGO (DV) | 0 | 1743376 | 5014703 | 17-10-1997 | 16 |
| MIRA (MM) | 5 | 1743834 | 5036139 | 20-06-1996 | 16 |
| VALLE AVERTO UNO (VV) | 0 | 1746144 | 5026586 | 01-02-1992 | 15 |
| CA' DI MEZZO (DI) | 6 | 1746929 | 5012991 | 13-06-1991 | 11 |
| ZERO BRANCO (ZB) | 12 | 1747270 | 5053799 | 01-02-1992 | 16 |
| CAMPAGNA LUPIA (CU) | 1 | 1747642 | 5030045 | 13-06-1991 | - ¹ |
| VILLORBA (VB) | 41 | 1751640 | 5071317 | 01-02-1992 | 16 |
| MESTRE CITTA' (ME) | 30 | 1754337 | 5041162 | 28-08-1987 | 17 |
| SANT'ANNA DI CHIOGGIA (CH) | -1 | 1757558 | 5004230 | 02-02-1992 | 16 |
| MOGLIANO VENETO (OG) | 5 | 1757898 | 5052900 | 01-09-1997 | 10 |
| BREDA DI PIAVE (BP) | 21 | 1759803 | 5068127 | 01-01-1992 | 16 |
| RONCADE (RC) | 6 | 1764703 | 5059832 | 01-02-1992 | 16 |
| IESOLO (IE) | 1 | 1772386 | 5039725 | 01-02-1992 | 15 |
| PONTE DI PIAVE (PT) | 6 | 1774311 | 5068689 | 14-03-1995 | 12 |
| NOVENTA DI PIAVE (NP) | 2 | 1779548 | 5063479 | 01-02-1992 | 16 |
| ERACLEA (ER) | -1 | 1789122 | 5056679 | 01-02-1992 | 16 |

Per ogni stazione sono stati considerati i valori massimi annui misurati su intervalli temporali di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti consecutivi e di 3, 6, 12 e 24 ore consecutive. I valori sono stati forniti dal CMT a partire da serie validate, eliminando i valori relativi ad eventuali anni in cui il funzionamento della strumentazione fosse stato inferiore al 95% del totale teorico di oltre 105.000 letture annue ogni 5 minuti.

¹ La stazione di Campagna Lupia ha terminato l'attività in data 6 Giugno 2001: i dati anteriori al 1998 sono stati composti con la vicina stazione di Valle Averte, ottenendo così una serie di 15 valori massimi annui per ciascuna durata di precipitazione.

5 Analisi regionalizzata delle precipitazioni: procedimento numerico

Lo scopo di un'analisi pluviometrica consiste nel determinare una stima dell'altezza di pioggia puntuale $h(T)$ di durata d ed assegnato tempo di ritorno T . Il tempo di ritorno è definito come l'intervallo temporale entro cui una certa altezza di precipitazione viene eguagliata o superata mediamente una volta e misura quindi il grado di rarità di un evento.

La stima $h(d,T)$ viene generalmente espressa da curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, che per vari parametri T di riferimento (per esempio 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 anni) esprimono la precipitazione attesa $h_r(d)$ in funzione della durata d .

Secondo quanto prescritto dalle Ordinanze del Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione del Veneto nel giorno 26 settembre 2007, il tempo di ritorno di riferimento per la verifica di invarianza idraulica è $T_r = 50$ anni.

Di norma, la stima delle altezze di precipitazione avviene mediante regolarizzazione statistica, individuando cioè una distribuzione teorica di probabilità che bene si accorda con i valori osservati. A tal proposito, la letteratura statistica ha sviluppato una varietà di metodi per la scelta della distribuzione più idonea alle differenti tipologie di dato e per l'inferenza dei parametri di una distribuzione a partire da un campione di misure.

L'attendibilità di una stima dipende dalla numerosità del campione disponibile, che nel caso di analisi pluviometriche è per lo più composto ai valori massimi annui registrati in uno specifico sito e per la medesima durata di precipitazione. La previsione ottenuta ha carattere esclusivamente locale, cioè deve considerarsi valida solo entro una ragionevole distanza dal punto di misura.

Nel caso in cui non si disponga di osservazioni pluviometriche in prossimità del sito di interesse, o la loro quantità sia modesta in relazione al tempo di ritorno di interesse, è possibile ricorrere a tecniche di analisi regionale della frequenza degli eventi pluviometrici. Tale classe di metodi si fonda sull'ipotesi che la distribuzione dei valori estremi di precipitazione entro una certa area presenti delle caratteristiche di omogeneità: in tal caso è accettabile studiare in maniera congiunta i valori di precipitazione misurati presso differenti stazioni ed estendere poi i risultati all'intera area di analisi.

Con riferimento alle stazioni considerate nel presente studio, si osserva ad esempio che ogni campione di dati, misurati per la medesima durata in ciascuna stazione, è formato per lo più da 16 valori. La regolarizzazione di un singolo campione porgerà risultati di scarsa affidabilità per tempi di ritorno superiori a 20 anni: è probabile poi che i dati raccolti presso stazioni vicine presentino variazioni anche assai marcate e conducano a stime significativamente diverse, senza motivi di carattere fisico o climatico che diano ragione di tali risultati. Se invece, mediante opportune tecniche di analisi regionale, si produce una stima basata su tutto l'insieme di circa 400 valori misurati, si ottiene un risultato affetto da minore incertezza e caratteristico dell'intera regione considerata.

Le metodologie più diffuse e documentate in Italia sono due: la procedura *VALutazione delle Plene* (VAPI), promossa dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R. e basata sull'uso della distribuzione *Two components Extreme Value* (TCEV), e i vari metodi fondati sul modello probabilistico *Generalized Extreme Value* (GEV), per lo più nella forma del cosiddetto metodo della *grandezza indice*.

Il metodo che si è deciso di adottare, in quanto le applicazioni ne confermano la migliore efficienza, consiste nel metodo cosiddetto *GEV*.

5.1 Il metodo della grandezza indice e la distribuzione GEV

La tecnica di analisi regionale scelta per la presente analisi è quella della grandezza indice mediante l'utilizzo della distribuzione GEV.

Nell'ambito di una *regione omogenea*, si ipotizza che i valori massimi annui delle altezze di precipitazione di durata d presentino caratteristiche simili a meno di un fattore di scala dipendente dal sito di interesse, rappresentato dalla grandezza indice. In altri termini, dividendo le altezze massime annue di precipitazione per la grandezza indice si ottengono dei valori statisticamente indistinguibili, che possono essere studiati tutti insieme.

La stima dell'altezza di pioggia presso la j -esima stazione $h_j(d, T)$ si esprime allora come prodotto di due termini:

$$h_j(d, T) = m_{j,d} \cdot h_d(T)$$

in cui $m_{j,d}$ è la grandezza indice specifica per la stazione di interesse e per la durata considerata e $h_d(T)$ è un fattore adimensionale, chiamato *curva di crescita*, che esprime la variazione dell'altezza di precipitazione di durata d in funzione del tempo di ritorno T , indipendentemente dal sito. La curva di crescita assume validità regionale ed è comune a tutte le stazioni pluviometriche appartenenti ad una data zona omogenea.

Come grandezza indice $m_{j,d}$ viene generalmente adottata la media dei valori massimi annuali dell'altezza di precipitazione nella durata d . Tale dato è stimato dalla media campionaria delle misure effettuate presso ciascuna stazione.

In sintesi, il metodo della grandezza indice scinde il problema in due sottoproblemi disgiunti: la stima della curva di crescita valida per l'intera regione omogenea e la comprensione della reale distribuzione della grandezza indice nel territorio, di cui le medie campionarie sono delle realizzazioni affette da un certo errore.

Da un punto di vista operativo, per ogni durata di precipitazione il metodo si sviluppa nei seguenti passi:

1. identificazione di un'ipotesi di zone omogenee;
2. calcolo della grandezza indice come media campionaria dei dati misurati presso ciascuna stazione;

3. normalizzazione del campione di ogni sito, i cui valori sono divisi per la corrispondente media;
4. individuazione della curva di crescita tramite analisi probabilistica del campione composto dai dati normalizzati di tutte le stazioni comprese nella medesima zona omogenea;
5. verifica a posteriori dell'omogeneità delle aree precedentemente identificate mediante test statistico ed eventuale riformulazione dell'ipotesi;
6. analisi spaziale della grandezza indice ed eventuale calcolo di valori di riferimento di tale grandezza per ambiti di varia estensione.

Le elaborazioni svolte sono elencate in Tabella 4

Tabella 4. Elaborazioni svolte nell'ambito del metodo della grandezza limite.

| Fase | Elaborazione svolta |
|--|--|
| 1. identificazione di un'ipotesi di zone omogenee | L'intera area in esame è stata considerata come un'unica zona omogenea ai fini della curva di crescita |
| 2. calcolo della grandezza indice | Stima della media dei massimi annui per ogni stazione e per ogni durata |
| 3. normalizzazione del campione di ogni sito | Divisione dei valori campionari per la corrispondente media |
| 4. regolarizzazione del campione composto dai dati normalizzati di tutte le stazioni comprese nella medesima zona omogenea | Calcolo dei parametri della distribuzione Generalized Extreme Value (GEV) tramite applicazione del metodo degli L-moments al campione di tutti i valori adimensionali relativi ad una medesima durata, e stima dei fattori di crescita per alcuni tempi di ritorno di interesse |
| 5. verifica a posteriori dell'omogeneità delle aree precedentemente identificate | Applicazione del test statistico di omogeneità di Hosking e Wallis basato sugli L-moments |
| 6. analisi spaziale della grandezza indice | Interpolazione spaziale mediante Kriging delle medie dei massimi annui per ciascuna durata ed identificazione mediante cluster analysis di gruppi di stazioni con grandezza indice omogenea, per la generazione di un numero discreto di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica |

5.1.1 Calcolo della grandezza indice caratteristica di ciascuna stazione

Come specificato in Tabella 4 la grandezza indice di riferimento è il valor medio dei massimi annui registrati in ciascuna stazione e per ogni durata. A tale scopo, è possibile utilizzare la media campionaria, oppure in alternativa si potrebbe operare una regolarizzazione di Gumbel su ogni serie di dati — preferibilmente con il metodo della massima verosimiglianza — e poi adottare come grandezza indice il valor medio della popolazione:

$$\mu = \varepsilon + 0.57721 \cdot \alpha .$$

I due metodi porgono risultati non molto dissimili. Per tale motivo, si è scelto di adottare nello studio il dato campionario, che eventualmente può essere facilmente monitorato e aggiornato nel futuro con ulteriori dati pluviometrici.

Tabella 5. Valori medi dei massimi annui per le durate oggetto di studio.

| Stazione | N° dati | 5 min [mm] | 10 min [mm] | 15 min [mm] | 30 min [mm] | 45 min [mm] | 1 ora [mm] | 3 ore [mm] | 6 ore [mm] | 12 ore [mm] | 24 ore [mm] |
|---------------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| AGNA (AA) | 16 | 8.4 | 14.3 | 19.2 | 26.8 | 30.1 | 32.0 | 38.9 | 44.4 | 50.1 | 55.7 |
| BRABARANO VICENTINO (BB) | 16 | 10.5 | 16.7 | 20.6 | 27.4 | 30.5 | 32.1 | 40.3 | 46.8 | 55.8 | 68.3 |
| BREDA DI PIAVE (BP) | 16 | 11.7 | 19.7 | 25.0 | 32.7 | 35.2 | 36.6 | 46.3 | 55.1 | 62.2 | 75.9 |
| CA' DI MEZZO (DI) | 11 | 9.8 | 16.5 | 20.0 | 27.0 | 30.7 | 35.9 | 47.2 | 51.0 | 57.6 | 64.9 |
| CAMPAGNA L. - V. AVERTO (CU-WV) | 15 | 10.6 | 18.7 | 23.9 | 34.6 | 39.1 | 41.9 | 60.6 | 70.6 | 80.9 | 93.1 |
| CAMPODARSEGO (CM) | 16 | 10.5 | 18.2 | 22.6 | 29.7 | 34.4 | 37.4 | 44.8 | 50.8 | 59.3 | 74.1 |
| CASTELFRANCO VENETO (CF) | 17 | 9.5 | 15.8 | 20.0 | 27.3 | 31.1 | 33.4 | 45.6 | 51.6 | 61.0 | 76.8 |
| CITTADELLA (IT) | 15 | 10.6 | 18.2 | 23.0 | 30.9 | 34.7 | 39.3 | 51.5 | 58.4 | 70.7 | 82.5 |
| CODEVIGO (DV) | 16 | 8.4 | 14.5 | 18.8 | 26.9 | 30.1 | 31.9 | 46.4 | 55.1 | 66.4 | 75.6 |
| ERACLEA (ER) | 16 | 9.4 | 15.2 | 19.2 | 26.2 | 30.9 | 32.8 | 42.9 | 49.0 | 57.8 | 72.7 |
| GALZIGNANO TERME (GG) | 16 | 9.9 | 16.8 | 21.0 | 29.0 | 33.4 | 35.9 | 46.8 | 54.0 | 64.8 | 75.6 |
| GRANTORTO (GG) | 16 | 9.6 | 16.1 | 20.6 | 28.7 | 32.9 | 35.5 | 47.4 | 57.2 | 65.7 | 79.0 |
| IESOLO (IE) | 15 | 9.4 | 15.8 | 20.3 | 28.6 | 33.5 | 37.6 | 51.4 | 61.0 | 70.8 | 80.2 |
| LEGNARO (LE) | 16 | 10.5 | 17.5 | 22.6 | 32.5 | 36.6 | 38.3 | 44.3 | 53.4 | 61.2 | 68.8 |
| MESTRE CITTA' (ME) | 17 | 9.4 | 15.7 | 20.8 | 29.2 | 33.9 | 37.3 | 49.0 | 57.9 | 65.0 | 72.3 |
| MIRA (MM) | 16 | 10.3 | 17.1 | 21.7 | 29.7 | 34.6 | 36.8 | 45.3 | 56.0 | 67.0 | 81.1 |
| MOGLIANO VENETO (OG) | 10 | 11.8 | 19.4 | 24.6 | 31.9 | 35.2 | 37.8 | 50.9 | 62.2 | 68.8 | 78.6 |
| MONTÉGALDA (MT) | 16 | 11.0 | 18.2 | 23.8 | 33.0 | 37.7 | 40.3 | 48.5 | 53.7 | 60.8 | 70.5 |
| NOVENTA DI PIAVE (NP) | 16 | 9.5 | 16.0 | 20.5 | 27.9 | 32.3 | 34.9 | 44.1 | 51.3 | 58.2 | 75.4 |
| PONTE DI PIAVE (PT) | 12 | 10.6 | 16.9 | 21.1 | 28.4 | 32.4 | 35.4 | 50.6 | 58.8 | 67.4 | 84.6 |
| RONCADE (RC) | 16 | 9.6 | 16.6 | 21.6 | 29.0 | 32.5 | 34.5 | 43.2 | 52.4 | 62.5 | 73.9 |
| SANT'ANNA DI CHIOGGIA (CH) | 16 | 9.3 | 15.7 | 19.3 | 28.2 | 34.2 | 38.1 | 51.7 | 62.1 | 71.9 | 83.1 |
| TEOLO (TL) | 16 | 10.9 | 17.4 | 21.6 | 28.6 | 32.8 | 35.7 | 44.7 | 53.7 | 64.2 | 74.7 |
| TREBASELEGHE (TS) | 12 | 9.8 | 16.6 | 21.3 | 31.2 | 36.7 | 40.5 | 48.1 | 54.6 | 62.7 | 82.0 |
| VILLORBA (VB) | 16 | 10.1 | 15.8 | 19.9 | 26.6 | 31.5 | 34.0 | 42.5 | 50.6 | 31.8 | 77.1 |
| ZERO BRANCO (ZB) | 16 | 10.9 | 18.6 | 23.7 | 31.8 | 35.0 | 36.3 | 40.1 | 47.0 | 55.9 | 72.0 |
| <i>Totale complessivo</i> | | <i>10.1</i> | <i>16.9</i> | <i>21.4</i> | <i>29.4</i> | <i>33.5</i> | <i>36.2</i> | <i>46.6</i> | <i>54.6</i> | <i>63.5</i> | <i>75.7</i> |

5.1.2 Regolarizzazione dei campioni normalizzati stima delle curve di crescita

I campioni normalizzati hanno permesso l'individuazione dei valori dei parametri della distribuzione GEV che meglio descrivono le caratteristiche pluviometriche regionali:

Tabella 6. Parametri GEV della distribuzione regionale di precipitazione.

| Durata | ϵ | α | ξ |
|-----------|------------|----------|--------|
| 5 minuti | 0.881 | 0.230 | -0.052 |
| 10 minuti | 0.877 | 0.244 | -0.065 |
| 15 minuti | 0.870 | 0.248 | -0.044 |
| 30 minuti | 0.853 | 0.260 | -0.008 |
| 45 minuti | 0.846 | 0.262 | 0.011 |
| 1 ora | 0.843 | 0.261 | 0.026 |
| 3 ore | 0.827 | 0.264 | 0.075 |
| 6 ore | 0.822 | 0.260 | 0.098 |
| 12 ore | 0.826 | 0.253 | 0.100 |
| 24 ore | 0.820 | 0.254 | 0.121 |

Per produrre una singola stima di altezza di precipitazione per un dato tempo di ritorno si possono usare le seguenti relazioni:

$$\hat{x}(T) = \varepsilon + \alpha \left[\left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right)^{-\xi} - 1 \right] / \xi$$

$$x(T) = \hat{x}(T) \cdot \mu_x$$

La prima formula calcola l'altezza adimensionale di precipitazione, mentre la seconda espressione "denormalizza" il risultato, rimoltiplicandolo per il valor medio dei massimi di precipitazione. I parametri da utilizzare nella prima espressione devono essere scelti dalla Tabella 6, mentre in Tabella 7 si riportano i risultati per alcuni tempi di ritorno significativi.

Tabella 7. Curve di crescita della distribuzione GEV per la valutazione di altezze adimensionalizzate di precipitazione per alcuni tempi di ritorno.

| T (anni) | Durata (min) | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 60 | 180 | 360 | 720 | 1440 |
| 2 | 0.965 | 0.965 | 0.96 | 0.949 | 0.943 | 0.939 | 0.925 | 0.919 | 0.921 | 0.915 |
| 5 | 1.213 | 1.226 | 1.229 | 1.241 | 1.243 | 1.243 | 1.246 | 1.242 | 1.236 | 1.237 |
| 10 | 1.370 | 1.388 | 1.400 | 1.433 | 1.444 | 1.449 | 1.475 | 1.476 | 1.466 | 1.476 |
| 20 | 1.514 | 1.536 | 1.559 | 1.617 | 1.638 | 1.650 | 1.707 | 1.718 | 1.702 | 1.727 |
| 30 | 1.595 | 1.618 | 1.648 | 1.722 | 1.751 | 1.768 | 1.846 | 1.865 | 1.847 | 1.881 |
| 50 | 1.693 | 1.718 | 1.757 | 1.852 | 1.892 | 1.917 | 2.026 | 2.057 | 2.035 | 2.085 |
| 100 | 1.822 | 1.847 | 1.901 | 2.028 | 2.084 | 2.121 | 2.280 | 2.333 | 2.306 | 2.382 |
| 200 | 1.945 | 1.970 | 2.039 | 2.201 | 2.276 | 2.329 | 2.547 | 2.627 | 2.595 | 2.704 |

5.1.3 Valutazione dell'omogeneità dell'area con il test H

La valutazione a posteriori dell'omogeneità dell'area è stata effettuata mediante il test statistico H di Hosking e Wallis. Il parametro H, opportunamente calcolato, riassume il livello di omogeneità dell'area, che risulta accettabilmente omogenea per $H < 1$. I risultati del test sono riportati in Tabella 8.

Tabella 8. Risultati del test H di Hosking e Wallis.

| Durata | V | Valore atteso di V | Deviazione standard di V | H |
|-----------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------|
| 5 minuti | $1.212 \cdot 10^{-3}$ | $1.096 \cdot 10^{-3}$ | $0.339 \cdot 10^{-3}$ | 0.339 |
| 10 minuti | $1.128 \cdot 10^{-3}$ | $0.951 \cdot 10^{-3}$ | $0.264 \cdot 10^{-3}$ | 0.668 |
| 15 minuti | $1.345 \cdot 10^{-3}$ | $1.205 \cdot 10^{-3}$ | $0.349 \cdot 10^{-3}$ | 0.400 |
| 30 minuti | $1.562 \cdot 10^{-3}$ | $1.832 \cdot 10^{-3}$ | $0.582 \cdot 10^{-3}$ | -0.646 |
| 45 minuti | $1.417 \cdot 10^{-3}$ | $1.736 \cdot 10^{-3}$ | $0.497 \cdot 10^{-3}$ | -0.642 |
| 1 ora | $1.430 \cdot 10^{-3}$ | $1.794 \cdot 10^{-3}$ | $0.500 \cdot 10^{-3}$ | -0.728 |
| 3 ore | $2.926 \cdot 10^{-3}$ | $3.628 \cdot 10^{-3}$ | $1.875 \cdot 10^{-3}$ | -0.374 |
| 6 ore | $2.756 \cdot 10^{-3}$ | $3.931 \cdot 10^{-3}$ | $2.165 \cdot 10^{-3}$ | -0.543 |
| 12 ore | $2.758 \cdot 10^{-3}$ | $2.841 \cdot 10^{-3}$ | $0.972 \cdot 10^{-3}$ | -0.085 |
| 24 ore | $2.197 \cdot 10^{-3}$ | $3.036 \cdot 10^{-3}$ | $1.176 \cdot 10^{-3}$ | -0.713 |

5.1.4 Analisi della distribuzione spaziale delle medie dei massimi annuali

Le interpolazioni spaziali della grandezza indice, individuata nella media dei massimi annui, consentono di comprendere come essa vari nella regione considerata.

Dall'analisi svolta è risultato in particolare che la media dei valori massimi annui presenta variazioni modeste e probabilmente casuali per precipitazioni di durata fino a un'ora, mentre per durate superiori (con la sola eccezione forse delle 24 ore) si manifesta sul territorio una variabilità legata alla distanza dalla costa. Dalla fascia di alta pianura (Cittadella, Trebaseleghe) i valori diminuiscono procedendo sia verso sud (comprensorio del Consorzio di bonifica Bacchiglione Brenta), sia verso est (comprensorio del Consorzio di bonifica Destra Piave), per poi aumentare di nuovo presso le stazioni costiere, interessate dai recenti episodi eccezionali (Mestre, Valle Averte, Mogliano, Isole, Sant'Anna di Chioggia).

6 Calcolo delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento

Gli elementi proposti ai punti precedenti permettono una valutazione delle altezze di pioggia attese per ciascuna delle dieci durate considerate. Da tali stime è necessario elaborare le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, cioè le formule che esprimono la precipitazione h in funzione della durata t .

Le formule più diffuse in letteratura sono le seguenti:

$$(1) h = \frac{a}{(t+b)^c} t$$

$$(2) h = a \cdot t^n$$

caratterizzate rispettivamente da 3 o 2 parametri che devono essere ottenuti per taratura.

La formula (2) non consente una buona interpolazione dei dati per tutte le durate considerate: è bene pertanto riferirsi di norma all'espressione (1) con tre parametri.

6.1 Curve segnalatrici a tre parametri per sottoaree omogenee

Le curve segnalatrici possono essere calcolate con riferimento ad una singola stazione, oppure, come in questa sede, per sottoaree omogenee. A tale scopo, *NORDEST INGEGNERIA S.R.L.* ha effettuato un'indagine delle medie dei massimi annuali mediante metodologie matematiche che producono dei raggruppamenti ottimi di una serie di osservazioni (dette tecniche di *cluster analysis*), in modo tale che ciascun gruppo risulti omogeneo al proprio interno e distinto dagli altri.

I risultati hanno evidenziato che si delineano 3 macrogruppi, uno relativo all'area nord-orientale, uno relativo alla zona sud-occidentale e uno costituito da due sottozone: l'area costiera e lagunare da lesolo a Chioggia e l'entroterra cittadellese.

NORDEST INGEGNERIA S.R.L., che ha sviluppato l'intera analisi, rende noto che il metodo impiegato ha avuto difficoltà ad assegnare ai rispettivi gruppi le stazioni di Mestre e Mira: si ritiene quindi che Mira, possa essere lasciata con la zona sud-occidentale (ipotesi A), oppure assegnata al raggruppamento costiero (ipotesi B), anche in base a criteri di carattere amministrativo.

Una volta individuati i macrogruppi, le curve segnalatrici sono state calcolate valutando per ciascuna durata la media dei massimi di precipitazione delle stazioni del gruppo, calcolando poi le altezze di precipitazione per i vari tempi di ritorno e per le varie durate e producendo infine la stima dei parametri a , b e c per ottimizzazione numerica. Si ricorda che nell'applicazione della curva segnalatrice

$$h = \frac{a}{(t + b)^c} t$$

i tempi t devono essere espressi in minuti e il risultato è restituito in millimetri.

6.1.1 Attribuzione delle curve segnalatrici ai territori comunali

Per un'applicazione univoca dei risultati del presente studio, si ritiene utile assegnare ciascun comune a una specifica zona omogenea tra quelle precedentemente individuate. Tale attribuzione deve essere effettuata tenendo conto delle caratteristiche geografiche, idrografiche e amministrative di ciascun territorio comunale.

Il criterio oggettivo qui proposto prevede l'utilizzo dei cosiddetti *topoieti*, o *poligoni di Thiessen*. Considerato l'insieme delle stazioni di misura, si congiunge ciascun sito con quelli ad esso prossimi, ottenendo un reticolo di maglie triangolari. Di ciascun segmento tracciato si individua l'asse, cioè la perpendicolare nel punto medio; gli assi permettono di definire dei poligoni irregolari, uno per stazione: per costruzione, ogni punto interno al topoieto è così associato alla stazione più vicina. Il topoieto individua così l'area di influenza della stazione in esso contenuta.

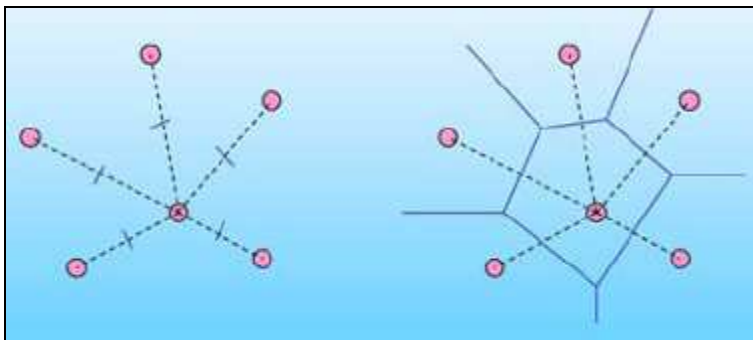


Figura 4. Metodo di costruzione dei poligoni di Thiessen a partire da un insieme di punti.

L'applicazione del metodo dei topoieti al caso in esame prevede di intersecare i topoieti con i perimetri dei comuni e associare poi ogni comune alla zona omogenea "prevalente", i cui topoieti contengono la maggioranza relativa del territorio comunale. In Figura 5 è rappresentato il risultato della ripartizione con riferimento all'ipotesi B (stazione di Mira assegnata al cluster costiero) di definizione delle zone omogenee.

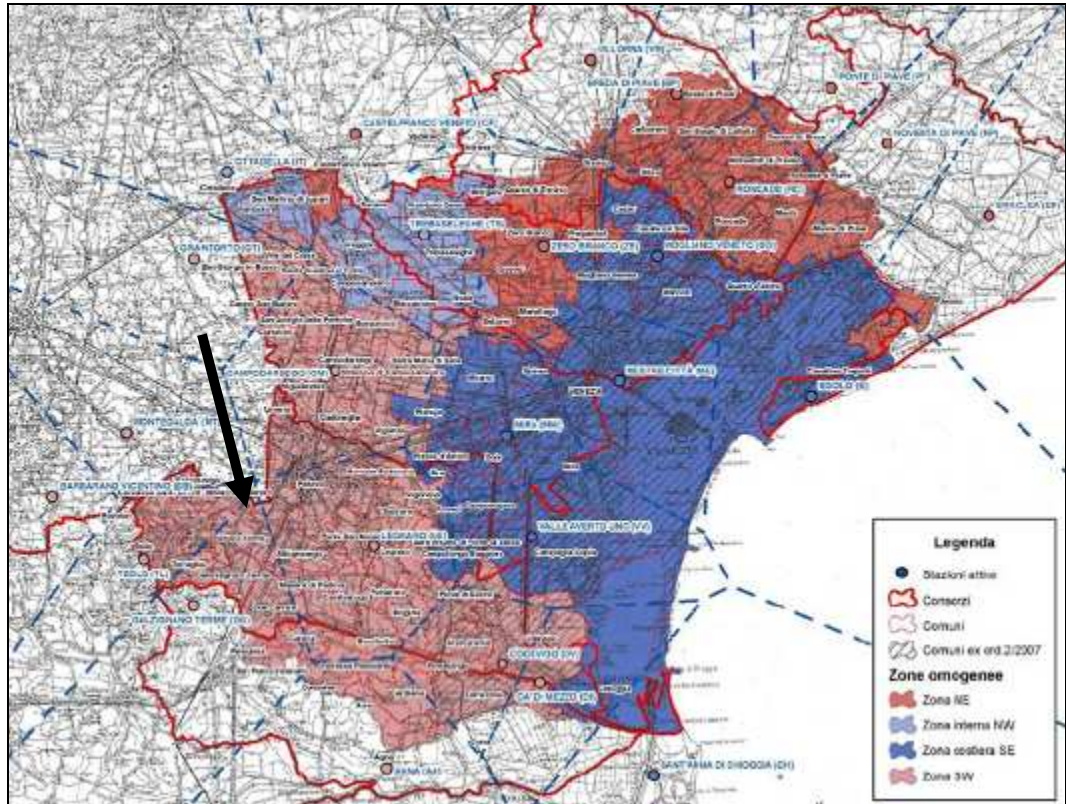


Figura 5. Possibile ripartizione dei comuni tra le quattro zone omogenee individuate dall'ipotesi B.
La freccia indica l'area in esame.

Tabella 9. Ripartizione dei comuni per provincia e per zone omogenee, individuate in base all'ipotesi B. L'eventuale ripartizione in base all'ipotesi A si ottiene trasferendo sette comuni della provincia di Venezia, indicati nella tabella in corsivo, dalla zona costiera SE alla zona SW.

| Zona omogenea | Provincia | | |
|---------------|---|--|--|
| | PD | TV | VE |
| SW | Abano Terme, Agna, Albignasego, Arre, Arzergrande, Borgoricco, Bovolenta, Brugine, Cadoneghe, Campo San Martino, Campodarsego, Candiana, Cartura, Casalserugo, Cervarese santa Crice, Codevigo, Conselve, Correzzola. Curtarolo, Due Carrare, Legnaro, Limena, Maserà di Padova, Pernumia, Piove di sacco, Polverara, Ponte san Nicolò, Pontelongo, Rovolon, Saccolongo, San Giorgio delle Pertiche, san Giorgio in Bosco, San Pietro Viminario, Santa Giustina in Colle, Sant'Angelo di Piove di sacco, Saonara, Selvazzano dentro, Teolo, Terrassa Padovana, torreglia, Vigodarzere, Vigonza, Villa del conte, Villanova di Camposampiero | | Cona, Santa Maria di Sala, Vigonovo |
| Costiera SE | | Casale sul Sile, Casier, Mogliano Veneto | Campagna Lupia, Campolongo Maggiore, Camponogara, Cavallino-Treporti, Chioggia, <i>Dolo</i> , Fiesso d'Artico, <i>Fosso'</i> , Marcon, <i>Mira</i> , <i>Mirano</i> , <i>Pianiga</i> , Quarto d'Altino, <i>Spinea</i> , <i>Stra</i> , Venezia |
| Interna NW | Camposampiero, Cittadella, Loreggia, Massanzago, Piombino Dese, San Mertino di Lupari, Tombolo, Trebaseleghe | Istrana, Morgano, Resana | Noale |
| NE | | Breda di Piave, Carbonera, Castelfranco Veneto, Monastier di Treviso, Preganziol, Quinto di Treviso, Roncade, San Biagio di Callalta, Silea, Treviso, Vedelago, Zenson di Piave, Zero branco | Fossalta di Piave, Jesolo, Martellago, Meolo, Musile di Piave, Salzano, Scorzè |

6.1.2 Curve segnalatrici per la zona omogenea sud-occidentale (ipotesi B)

Stazioni: Teolo (TL), Legnaro (LE), Montegalda (MT), Ca'di Mezzo (DI), Codevigo (DV), Campodarsego (CM), Grantorto (GT), Galzignano Terme (GG)

GRANDEZZE INDICE:

| Durata (min) | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 60 | 180 | 360 | 720 | 1.440 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| h | 10,078 | 16,924 | 21,444 | 29,535 | 33,691 | 36,372 | 46,207 | 53,720 | 62,702 | 73,215 |

VALORI ATTESI DI PRECIPITAZIONE:

| T (anni) | Durata (min) | | | | | | | | | |
|----------|--------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 60 | 180 | 360 | 720 | 1440 |
| 2 | 9,7 | 16,3 | 20,6 | 28,0 | 31,8 | 34,2 | 42,7 | 40,4 | 57,7 | 67,0 |
| 5 | 12,2 | 20,7 | 26,4 | 36,7 | 41,9 | 45,2 | 57,6 | 66,7 | 77,5 | 90,6 |
| 10 | 13,8 | 23,5 | 30,0 | 42,3 | 48,7 | 52,7 | 68,2 | 79,3 | 91,9 | 108,1 |
| 20 | 15,3 | 26,0 | 33,4 | 47,7 | 55,2 | 60,0 | 78,9 | 92,3 | 106,7 | 126,4 |
| 30 | 16,1 | 27,4 | 35,3 | 50,8 | 59,0 | 64,3 | 85,3 | 100,2 | 115,8 | 137,7 |
| 50 | 17,1 | 29,1 | 37,7 | 54,7 | 63,7 | 69,7 | 93,6 | 110,5 | 127,6 | 152,7 |
| 100 | 18,4 | 31,3 | 40,8 | 59,9 | 70,2 | 77,2 | 105,4 | 125,3 | 144,6 | 174,4 |
| 200 | 19,6 | 33,3 | 43,7 | 65,0 | 76,7 | 84,7 | 117,7 | 141,1 | 162,7 | 197,9 |

PARAMETRI DELLA CURVA SEGNALATRICE:

| T | a | b | c |
|-----|------|------|-------|
| 2 | 20,6 | 10,8 | 0,842 |
| 5 | 27,4 | 12,1 | 0,839 |
| 10 | 31,6 | 12,9 | 0,834 |
| 20 | 35,2 | 13,6 | 0,827 |
| 30 | 37,1 | 14,0 | 0,823 |
| 50 | 39,5 | 14,5 | 0,817 |
| 100 | 42,4 | 15,2 | 0,808 |
| 200 | 45,0 | 15,9 | 0,799 |

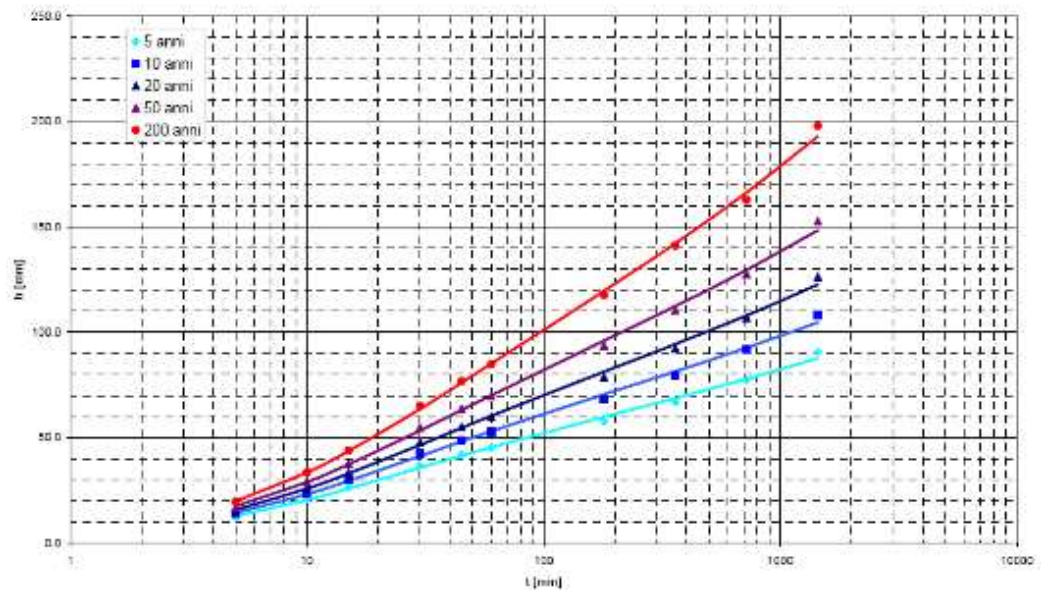


Figura 6. Curve segnalatrici a tre parametri.

6.2 Curve segnalatrici a due parametri e loro utilizzo

Si riportano di seguito le curve segnalatrici a due parametri afferenti all'analisi consultabile gratuitamente in rete, fornita dalla Struttura Commissariale per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione del Veneto nel giorno 26 settembre 2007. L'equazione di riferimento è del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

per le quattro zone omogenee. Tale trattazione è svolta unicamente per l'utilizzo delle formule della letteratura che richiedono i coefficienti a ed n dell'espressione tradizionale a due parametri.

Si ribadisce che i dati ottenuti dall'analisi probabilistica non possono essere interpolati adeguatamente da una curva a due parametri per l'intero range di durate da 5 minuti a 24 ore. E' opportuno invece individuare intervalli più ristretti di durate, entro i quali la formula bene approssimi i valori ottenuti con la regolarizzazione regionale.

Si forniscono pertanto i parametri delle curve segnalatrici tarate su intervalli di cinque dati, per i vari tempi di ritorno. Il parametro Δ indica l'errore medio relativo dell'approssimazione. I tempi t devono essere espressi in minuti. Il risultato è in millimetri.

L'ipotesi considerata è l'ipotesi B: Mira appartenente al raggruppamento costiero – lagunare.

| <i>Zona sud-occidentale senza Mira</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------|----------|-------------------|-------|----------|-------------------|-------|----------|-------------------|-------|----------|--------------------|-------|----------|-------------------|-------|----------|
| T | tp*15 minuti | | | tp*30 minuti | | | tp*45 minuti | | | tp*1 ora | | | tp*3 ore | | | tp*6 ore | | |
| | da 5 min a 45 min | | | da 10 min a 1 ora | | | da 15 min a 3 ore | | | da 30 min a 6 ore | | | da 45 min a 12 ore | | | da 1 ora a 24 ore | | |
| anni | a | n | Δ | a | n | Δ | a | n | Δ | a | n | Δ | a | n | Δ | a | n | Δ |
| 2 | 4.5 | 0.533 | 6.4% | 8.6 | 0.412 | 3.2% | 10.2 | 0.287 | 5.0% | 13.5 | 0.221 | 1.3% | 14.2 | 0.212 | 0.5% | 14.2 | 0.212 | 0.4% |
| 5 | 5.4 | 0.556 | 6.2% | 7.9 | 0.437 | 3.3% | 12.4 | 0.307 | 5.3% | 16.9 | 0.235 | 1.5% | 18.2 | 0.220 | 0.4% | 18.5 | 0.218 | 0.2% |
| 10 | 6.0 | 0.570 | 6.0% | 8.6 | 0.453 | 3.3% | 13.8 | 0.322 | 5.4% | 18.8 | 0.247 | 1.6% | 20.6 | 0.229 | 0.7% | 21.1 | 0.224 | 0.4% |
| 20 | 6.4 | 0.582 | 5.8% | 9.2 | 0.470 | 3.3% | 14.5 | 0.337 | 5.5% | 20.3 | 0.260 | 1.7% | 22.6 | 0.238 | 1.0% | 23.4 | 0.232 | 0.7% |
| 30 | 6.7 | 0.590 | 5.7% | 9.4 | 0.479 | 3.3% | 15.0 | 0.345 | 5.5% | 21.0 | 0.268 | 1.7% | 23.6 | 0.244 | 1.2% | 24.6 | 0.237 | 0.9% |
| 50 | 7.0 | 0.598 | 5.5% | 9.8 | 0.491 | 3.3% | 15.5 | 0.358 | 5.6% | 21.9 | 0.278 | 1.8% | 24.8 | 0.252 | 1.4% | 26.1 | 0.243 | 1.1% |
| 100 | 7.3 | 0.610 | 5.2% | 10.1 | 0.507 | 3.3% | 16.1 | 0.373 | 5.6% | 22.8 | 0.292 | 1.8% | 26.3 | 0.263 | 1.6% | 27.9 | 0.253 | 1.4% |
| 200 | 7.7 | 0.621 | 4.9% | 10.4 | 0.524 | 3.3% | 16.5 | 0.390 | 5.6% | 23.5 | 0.307 | 1.9% | 27.5 | 0.275 | 1.9% | 29.5 | 0.263 | 1.7% |

6.3 Determinazione di pluviogrammi di progetto

Lo ietogramma utilizzato per la presente relazione è lo ietogramma rettangolare, generalmente il più usato nei calcoli di dimensionamento e verifica di reti di fognatura bianca.

La tabella seguente riporta per varie durate di pioggia l'altezza di precipitazione totale in millimetri e l'intensità di pioggia espressa in millimetri all'ora calcolate secondo gli ietogrammi rettangolari dei quali, a titolo esemplificativo, ne vengono riportati tre nella figura seguente.

Tabella 10. Altezza di precipitazione totale e intensità di pioggia espresse rispettivamente in millimetri e millimetri all'ora per varie durate di pioggia, per la zona omogenea SW.

| TEMPO DI PIOGGIA | ALTEZZA DI PRECIPITAZIONE | INTENSITA' |
|------------------|---------------------------|----------------|
| minuti | millimetri | millimetri/ora |
| 5 | 17,44 | 209 |
| 15 | 37,31 | 149 |
| 30 | 53,33 | 107 |
| 45 | 63,10 | 84 |
| 60 | 70,02 | 70 |
| 90 | 79,66 | 53 |
| 120 | 86,42 | 43 |
| 150 | 91,64 | 37 |
| 180 | 95,90 | 32 |

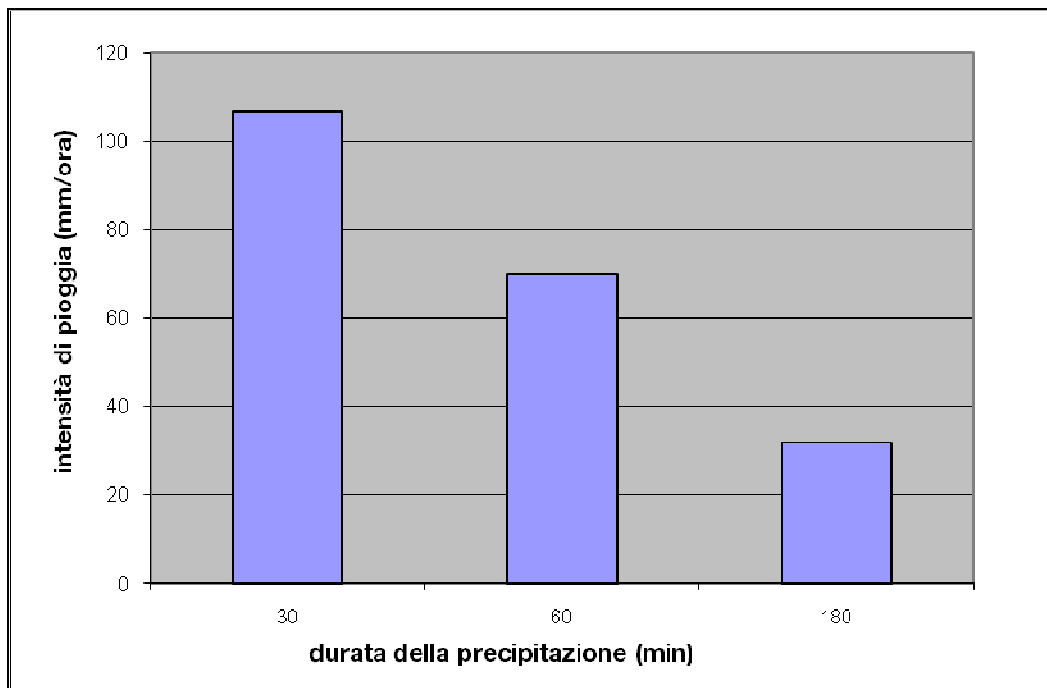


Figura 7. Ietogrammi rettangolari relativi a piogge di durata rispettivamente di 180, 60 e 30 minuti caratterizzate da un tempo di ritorno di 50 anni, per la zona omogenea SW.

7 Descrizione dello stato di fatto

L'area oggetto di studio si riferisce ad un'area di estensione pari a circa 73.230 mq (7,32 ha) che attualmente risulta scarsamente edificata e di collocazione strategica rispetto alla viabilità principale costituita dall'asse viario di Via Dei Colli, Via Padova, Via Euganea direttrice sud ovest – nord est per raggiungere il centro di Padova.

Il sito sul quale sorgerà l'intervento si trova nel Comune di Padova, e confina a nord con la succitata Via Dei Colli e Via Monte Rua, ad est con il canale Brentella, a sud con il fiume Bacchiglione e ad ovest con Via Monte Alto.

Allo stato di fatto l'area si configura come un'ampia superficie agricola, anche di particolare pregio ambientale essendo inserita alla confluenza del canale Brentella con il fiume Bacchiglione.



Figura 8. Zona di intervento allo stato di fatto.

Data la prevalente destinazione d'uso agricola del suolo, si è ritenuto che il coefficiente udometrico caratterizzante le condizioni dello stato di fatto, e da mantenere, nel rispetto del principio di invarianza idraulica, anche nelle condizioni di progetto, sia pari a 10 l/s,ha.

Nel Comune di Selvazzano Dentro a confine con il Comune di Padova, proprio a margine di via Monte Rua, si trova lo scolo Bisatto, che è stato oggetto di richiesta di tombinamento nel Giugno 2010.

Il Consorzio di bonifica Brenta, con concessione idraulica prot. n. 7953SN/gb del 6 Settembre 2010 si esprimeva favorevolmente alla tombinatura di un tratto dello scolo Bisatto fronte il mapp. 784 fg.24.

Lo scolo Bisatto, è un canale consortile a scolo meccanico che è collegato a nord anche con il canale Riale e si immette nel Brentella, attraverso un impianto idrovoro denominato "Idrovora Vecchia".

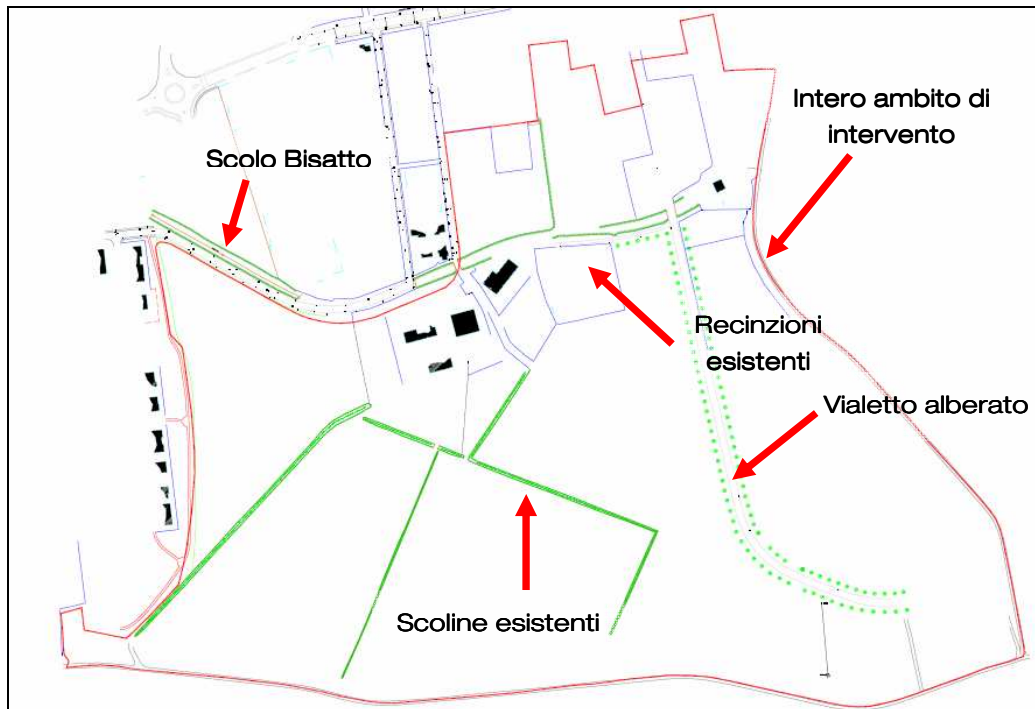


Figura 9. Planimetria della zona di intervento allo stato di fatto.

In tale nota il Consorzio Brenta specifica che:

"[...] Al fine di compensare la perdita di volume di invaso dello scolo Bisatto in conseguenza della riduzione della sezione originaria per effetto della tombinatura di progetto, quantificata in 1.100 mc, si mette a disposizione analogo volume nell'ambito dell'urbanizzazione "Brentella" in Comune di Padova. Il volume di invaso che sarà recuperato troverà ubicazione nello stesso bacino idrografico dello scolo Bisatto, nelle immediate vicinanze dell'impianto idrovoro consorziale che solleva le acque per lo scarico nel canale Brentella. Il rispetto di tale particolare condizione è garantito dagli impegni assunti dal Richiedente e dalle società consorziate proprietarie dell'attiguo terreno edificabile in Comune di Padova, sul quale sarà realizzato un complesso immobiliare a destinazione residenziale denominato "Brentella" con convenzione in data 19 Luglio 2010 e polizza fideiussoria stipulata il 5 Agosto 2010. [...]"

Lo scolo consortile Bisatto è stato tombinato, per un tratto di 166 m a partire subito dopo l'imbocco del tombinamento esistente per l'attraversamento di Via Monte Rua con uno scatolare in cls di dimensioni interne 3,00 x 2,00, e fino all'ultimo pozzetto relativo al tombinamento esistente con tubo in cls ϕ 120 cm presente nel sedime dello scolo stesso.

Il tombinamento dello scolo consortile, è stato effettuato tramite l'utilizzo di uno scatolare in calcestruzzo delle dimensioni interne di 3,00 x 2,00 m.

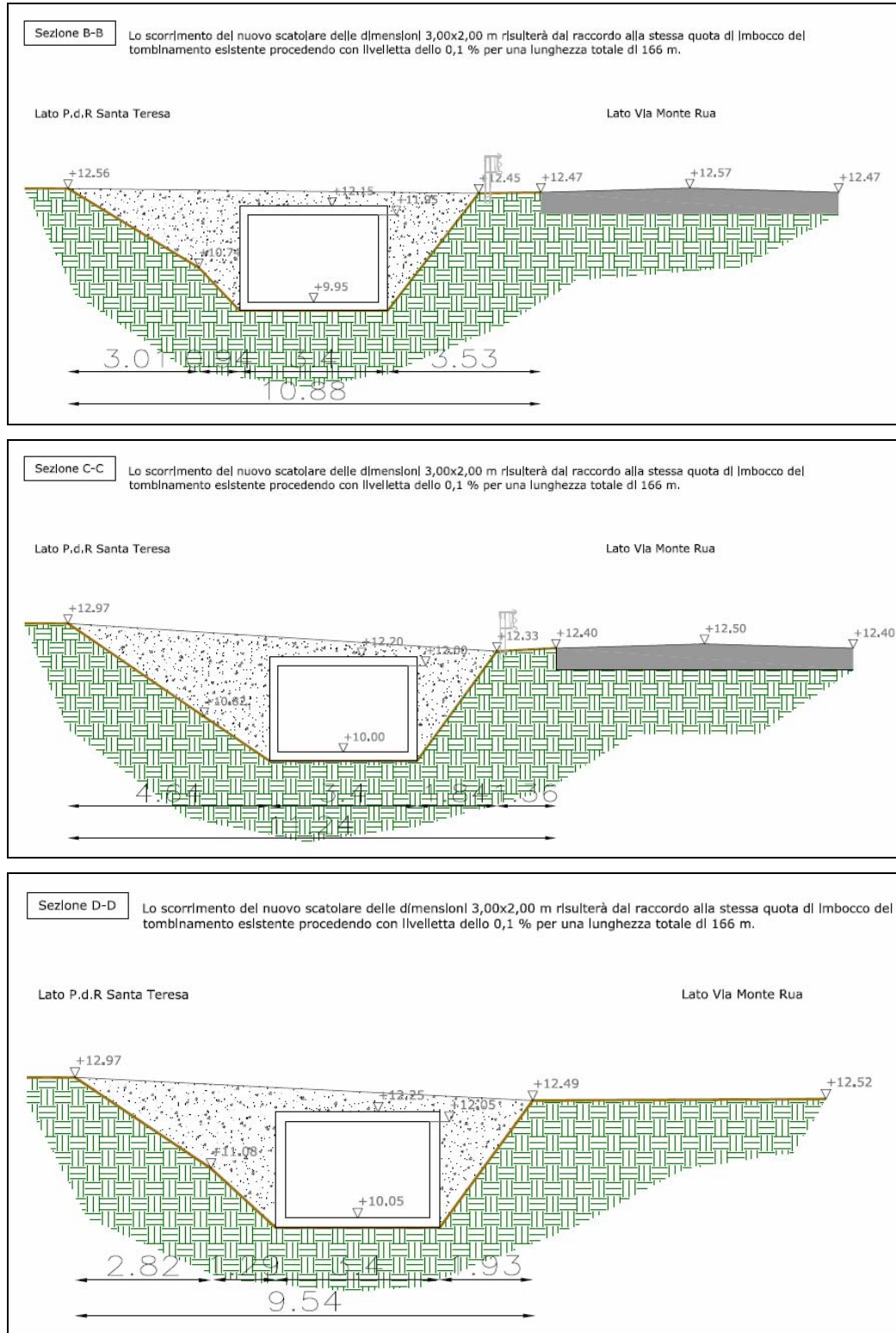


Figura 10: Esempio di sezione allo stato di progetto.

Si è proceduto al calcolo dei volumi che caratterizzano la situazione prima e dopo l'intervento di progetto. La differenza tra il volume potenziale di invaso dello stato di fatto e il volume disponibile dopo l'intervento, risulta pari a circa 1.100 mc, che verranno compensati quindi all'interno del Piano di Lottizzazione Brentella.

8 Analisi dello stato di progetto, determinazione del coefficiente di deflusso

Il progetto del Piano di Lottizzazione Brentella, è caratterizzato dal seguente schema distributivo:

Tabella 11. Schema distributivo del primo stralcio esecutivo del Piano di Lottizzazione "Brentella".

| STATO DI PROGETTO | |
|----------------------------|-----------------|
| Destinazione d'uso | Superficie (mq) |
| area residenziale 68 lotti | 51.100 |
| Strade e park | 8.760 |
| marciapiedi | 5.280 |
| aiuole | 8.090 |
| Totale area | 73.230 |



Figura 11. Planimetria del Piano di Lottizzazione Brentella allo stato di progetto.

La lottizzazione si distribuisce su due porzioni di differenti dimensioni, di cui la minore presenta forma ovale.

In base agli elaborati grafici è stata individuata la caratterizzazione della destinazione d'uso del suolo allo stato di progetto.

I coefficienti di deflusso andranno assunti in riferimento a quanto riportato nell'allegato A alla DGR 1322-06 e s.m.i..

La Tabella 12 riporta la suddivisione per tipologia di copertura del suolo ed i corrispettivi coefficienti di deflusso medi. Nelle suddivisione delle aree e nell'individuazione dei rispettivi coefficienti di deflusso si sono fatte le seguenti considerazioni:

- Il 70% dell'area residenziale composta da 68 lotti e dell'area servizi – sport, le strade ed i marciapiedi sono assimilabili a superfici impermeabile e quindi caratterizzate da un coefficiente di deflusso pari a 0,9;
- Alle restanti aree a verde, comprendendo l'aliquota del residenziale è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,2 ritenendo che queste siano totalmente permeabili e non direttamente collegate alla rete di smaltimento acque meteoriche.

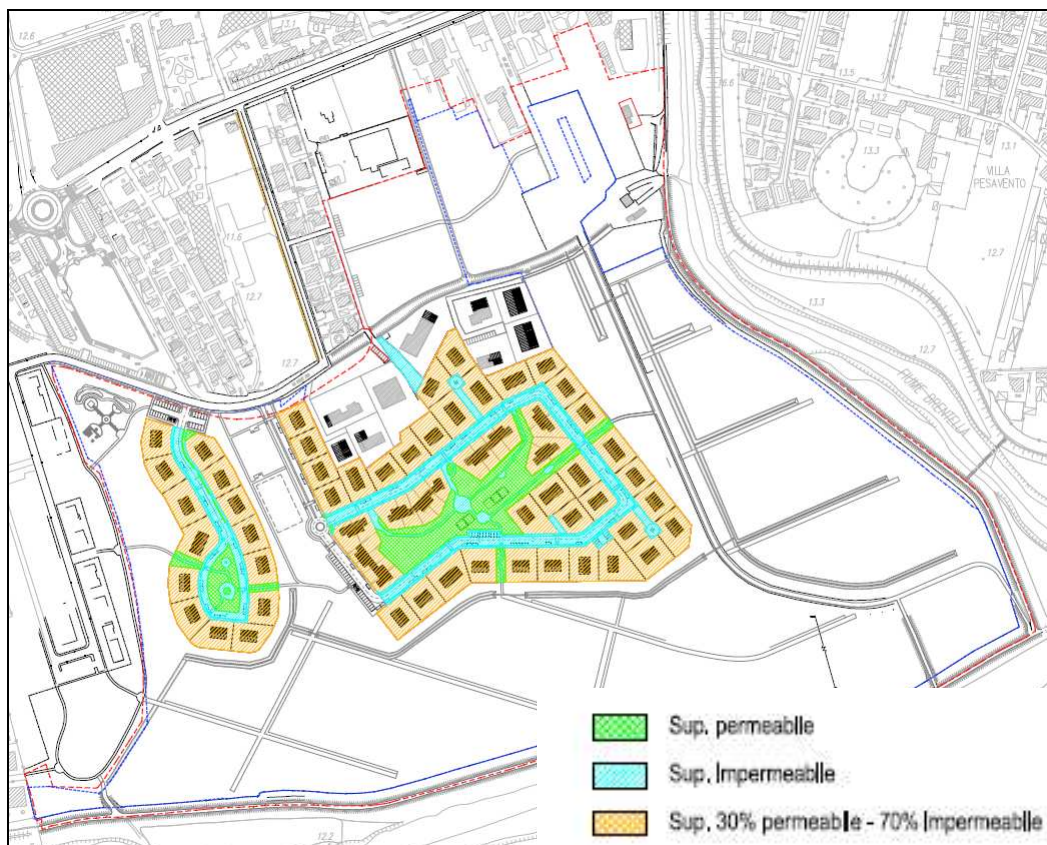


Figura 12. Planimetria uso del suolo del Piano di Lottizzazione Brentella allo stato di progetto.

Tabella 12. Tabella riassuntiva della configurazione di progetto dell'area, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di deflusso.

| STATO DI PROGETTO | | |
|---------------------|------------------|-------------|
| Tipologia del suolo | superficie mq | ϕ |
| impermeabile | 49.810,00 | 0,90 |
| verde | 23.420,00 | 0,20 |
| Totale area | 73.230,00 | 0,68 |

Per poter realizzare quanto sopra si rende necessario tombare alcune scoline rappresentate sommariamente in Figura 13; tali fossi dovranno essere interrati perchè interni o limitrofi all'area edificabile: il volume dei fossi esistenti da recuperare è pari a 830 mc.

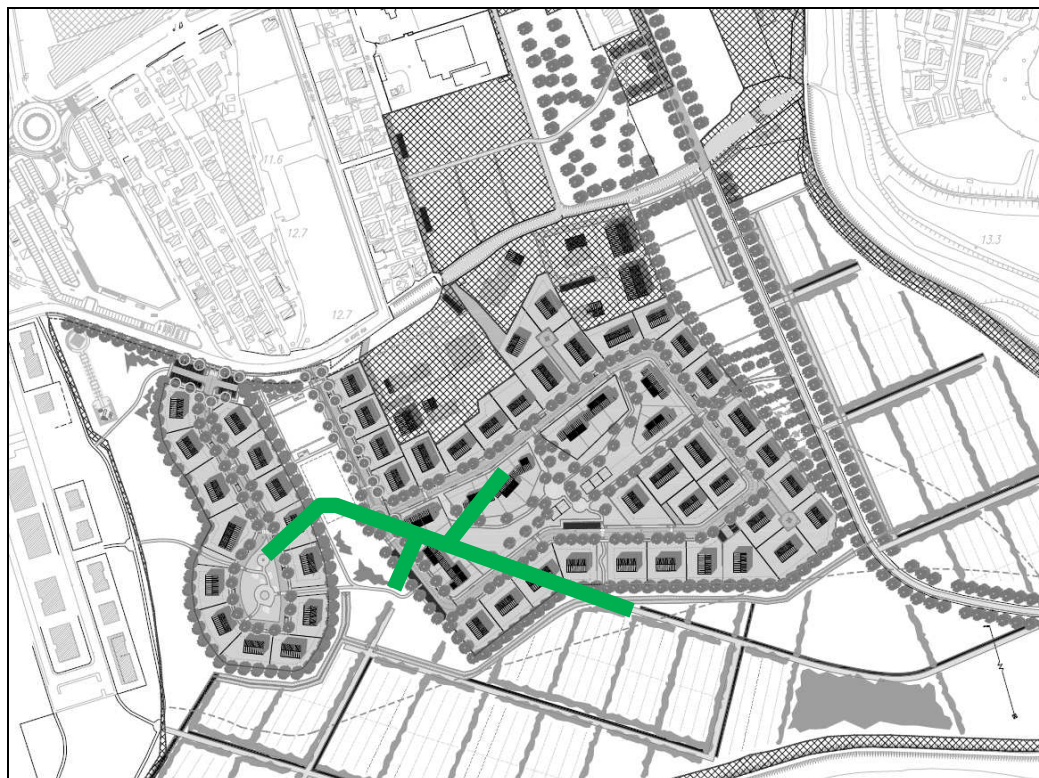


Figura 13. Planimetria del Piano di Lottizzazione Brentella con indicazione (in verde) delle scoline da tombare.

E' stato condotto il calcolo di invarianza idraulica secondo i principi contenuti nella DGR 1322/2006 e s.m.i. utilizzando per la simulazione degli eventi di pioggia le più recenti curve a 3 parametri ottenute dall'analisi del Commissario delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della regione Veneto (OPCM n. 3621 del 18/10/2007).

Per quanto riguarda i criteri di calcolo utilizzati si è fatto riferimento alle Linee guida alla valutazione di compatibilità idraulica (a cura della struttura commissariale) in cui, a seguito delle ordinanze commissariali, si è rivista la classificazione degli interventi indicata nella DGRV 1322/06 e s.m.i..

Per ogni classe d'intervento infatti viene suggerito un criterio di dimensionamento da adottare per l'individuazione del volume d'invaso da realizzare al fine di limitare la portata scaricata ai ricettori finali (fognature bianche o miste, corpi idrici superficiali).

Tabella 13. Classi di intervento e relativi criteri da adottare in ottemperanza alle Linee guida alla valutazione di compatibilità idraulica.

| Riferimento | Classificazione intervento | Soglie dimensionali | Criteri da adottare |
|----------------|---|--|---------------------|
| Ordinanze | Trascurabile impermeabilizzazione potenziale | $S^* < 200 \text{ mq}$ | 0 |
| | Modesta impermeabilizzazione | $200 \text{ mq} < S^* < 1.000 \text{ mq}$ | 1 |
| D.G.R. 1322/06 | Modesta impermeabilizzazione potenziale | $1.000 \text{ mq} < S < 10.000 \text{ mq}$ | 1 |
| | Significativa impermeabilizzazione potenziale | $10.000 \text{ mq} < S < 100.000 \text{ mq}$ | 2 |
| | | $S > 100.000 \text{ mq e } \Phi < 0,3$ | 2 |
| | Marcata impermeabilizzazione potenziale | $S > 100.000 \text{ mq e } \Phi > 0,3$ | 3 |

Classe 1 - Trascurabile impermeabilizzazione potenziale

È sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi, tetti verdi ecc.

Classe 2 - Modesta impermeabilizzazione

È opportuno sovradimensionare la rete rispetto alle sole esigenze di trasporto della portata di picco realizzando volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene, in questi casi è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un diametro di 200 mm.

Classe 3 - Modesta impermeabilizzazione potenziale

Oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un diametro di 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro.

Classe 4 - Significativa impermeabilizzazione potenziale

Andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

Classe 5 - Marcata impermeabilizzazione potenziale

È richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

Nel caso specifico, superficie maggiore di 10.000 mq, ricadiamo nella classe di **significativa impermeabilizzazione**, ragion per cui sarà adottato il criterio numero 2 per la determinazione del volume da invasare ovvero il metodo detto anche della "durata critica.", che ricalca il procedimento esposto nel testo "Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione" [csdu-HOEPLI, Milano, 1997].

9 Calcolo dei volumi da rendere disponibili per la laminazione

Noto il coefficiente di deflusso medio dell'area oggetto di studio e le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, si sono calcolate per varie durate della precipitazione le altezze di pioggia efficaci e quindi i volumi di afflusso complessivi relativi alla superficie afferente.

La Figura 14 rappresenta i volumi affluiti immaginando una sezione di chiusura unica per l'intera area di intervento. La linea blu rappresenta i volumi ottenuti utilizzando curve di possibilità pluviometrica caratterizzate da un tempo di ritorno di 20 anni, la linea rossa invece rappresenta i volumi affluiti per un tempo di ritorno di 50 anni.

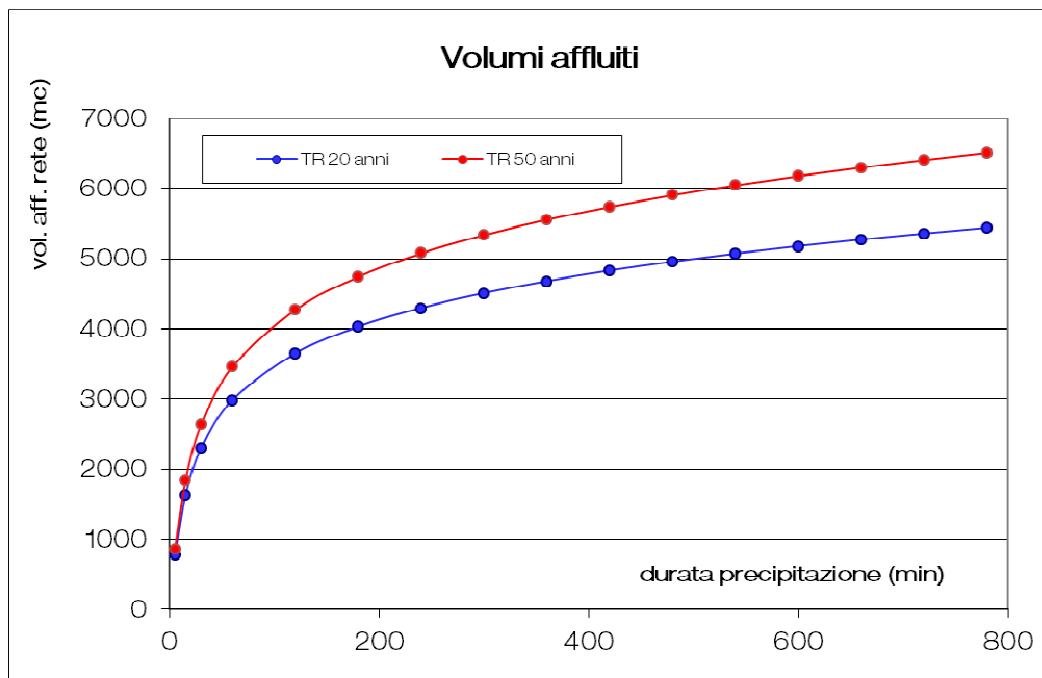


Figura 14. Volumi affluiti alla sezione di chiusura per tempi di ritorno di 20 e 50 anni e per durate di pioggia crescenti da 5 minuti a 13 ore.

Il calcolo dei volumi da rendere disponibili per l'invaso delle maggiori portate generate dalla nuova configurazione di progetto può essere con buona approssimazione condotto come differenza tra i volumi affluiti alla rete ed i volumi massimi ammessi alla rete di idrografica ricettiva.

Al fine di non aggravare, con le opere di progetto, l'equilibrio idraulico dell'area, si considera accettabile immettere alla rete idrografica una portata specifica desunta da un coefficiente udometrico di 10 l/s, ha.

Ipotizzando cautelativamente di scaricare una tale portata si possono calcolare, tramite l'equazione seguente, i massimi volumi di invaso relativi ad una determinata durata τ della precipitazione.

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{(t+b)^c} \cdot t \right] - Q_u \cdot t$$

dove:

W_i è il volume di invaso;

W_e è il volume in ingresso;

W_u è il volume in uscita;

S la superficie scolante;

φ il coefficiente di deflusso medio dell'area;

t è la durata della precipitazione.

La durata critica, ossia la durata per la quale si ha il massimo volume di invaso da rendere disponibile, si ottiene ponendo nulla la derivata prima, in funzione del tempo, dell'equazione sopra riportata.

Si ottiene dunque:

$$t = \sqrt[c]{\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[-\frac{c \cdot t}{t+b} + 1 \right]}} - b$$

che, a convergenza, porta a determinare:

$$t_{critico} = \sqrt[c]{\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[-\frac{c \cdot t_{critico}}{t_{critico} + b} + 1 \right]}} - b$$

e conseguentemente:

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{(t_{critico} + b)^c} \cdot t_{critico} \right] - Q_u \cdot t_{critico}$$

L'applicazione di tale metodo, trascurando il processo di trasformazione afflussi deflussi che avviene nel bacino scolante, comporta una sopravvalutazione delle portate di piena in ingresso alla rete e conseguentemente dei volumi in invaso.

L'applicazione delle equazioni sopra riportate al caso studio ha portato ad individuare:

| | |
|--|---------------|
| <i>portata teorica consentita allo scarico</i> | $Q=73,23$ l/s |
| <i>durata critica</i> | $t=4,45$ ore |
| <i>massimo volume di invaso</i> | $V=4.034$ mc |
| <i>volume di invaso specifico</i> | $v=551$ mc/ha |

La tabella seguente riporta il calcolo dei volumi di invaso per diverse durate di precipitazione ed evidenzia che il volume massimo si ha proprio in corrispondenza di durate pari a 4,45 ore.

Tabella 14. tabella riassuntiva dei volumi di invaso in funzione della durata della precipitazione.

| tp | | h | Vol in | Vol out | Vol inv | Vol spc |
|------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| min | ore | mm | mc | mc | mc | mc/ha |
| 15 | 0,25 | 37,31 | 1847 | 66 | 1782 | 243 |
| 30 | 0,50 | 53,33 | 2641 | 132 | 2509 | 343 |
| 36 | 0,60 | 57,72 | 2858 | 158 | 2700 | 369 |
| 54 | 0,90 | 67,49 | 3342 | 237 | 3104 | 424 |
| 60 | 1,00 | 70,02 | 3467 | 264 | 3203 | 437 |
| 120 | 2,00 | 86,42 | 4279 | 527 | 3752 | 512 |
| 180 | 3,00 | 95,90 | 4748 | 791 | 3957 | 540 |
| 240 | 4,00 | 102,65 | 5083 | 1055 | 4028 | 550 |
| 267 | 4,45 | 105,17 | 5207 | 1173 | 4034 | 551 |
| 300 | 5,00 | 107,93 | 5344 | 1318 | 4026 | 550 |
| 360 | 6,00 | 112,30 | 5560 | 1582 | 3979 | 543 |
| 420 | 7,00 | 116,04 | 5746 | 1845 | 3900 | 533 |

Volendo avere un dimensionamento più veritiero del volume di invaso da rendere disponibile si è calcolato l'idrogramma di piena generato in conseguenza a piogge aventi tempo di ritorno 50 anni e durata pari al tempo critico, facendone la differenza con un idrogramma di uscita caratterizzato da portata costante pari a 73,23 l/s.

Per il calcolo degli idrogrammi in ingresso si è utilizzato il metodo del serbatoio lineare che schematizza il bacino come un serbatoio caratterizzato da legge lineare tra il volume di invaso e la portata uscente. In tale modello l'idrogramma unitario istantaneo IHU assume la forma:

$$h(t) = \frac{1}{k} e^{-\frac{t}{k}}$$

dove k, denominata costante d'invaso lineare, ha le dimensioni di un tempo e rappresenta il suddetto legame di proporzionalità tra il volume W invasato nel bacino e la portata uscente Q. La costante di invaso lineare k non ha alcun significato fisico, ma è solo un valore concettuale, risulta pertanto un parametro di taratura del modello).

Nella pratica progettuale tale legame viene assunto essere lineare ed espresso dalla relazione:

$$k = \frac{W(t)}{Q(t)} \quad (3)$$

Noto l'afflusso netto I(t) ed il valore della costante k, è possibile ricostruire l'idrogramma di piena integrando, rispetto al tempo, le equazioni del serbatoio lineare (3) e di continuità:

$$I(t)dt = dW(t) + Q(t)dt$$

con:

I afflusso netto sul bacino [m^3/s];

W volume immagazzinato a monte [m^3];

Q portata in uscita dalla sezione di chiusura [m^3/s]

Dati necessari per il calcolo dell'idrogramma sono:

- i valori delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica a due parametri, ricavati per la zona omogenea di interesse;
- le caratteristiche del bacino (superficie e coefficiente di afflusso medio);
- il tempo di corrivazione;
- il tempo di pioggia;
- costante di invaso k.

Volendo far riferimento a eventi critici i coefficienti di deflusso, come già detto, sono stati considerati costanti nel tempo e relativi ad un contesto di elevata umidità iniziale del suolo.

Il tempo di corrivazione ($t_c=15$ min) è stato calcolato come somma del tempo di accesso alla rete t_a e del tempo di rete t_r ($t_c = t_a + t_r$) calcolati rispettivamente con le equazioni:

$$t_a = \frac{0,51}{s^{0,375} (i\phi S)^{0,25}} \quad [\text{Mambretti e Paoletti, 1997}]$$

$$t_r = \frac{L}{1,5V} \quad [\text{Becciu, Mambretti e Paoletti, 1997}]$$

dove:

t_a = tempo di accesso in secondi;

t_r = tempo di rete in secondi;

L = massima lunghezza del deflusso superficiale in metri;

s = pendenza media del bacino in metri su metri;

S = superficie del bacino in ettari;

i = intensità di pioggia;

ϕ = coefficiente di afflusso medio del bacino;

L = lunghezza della rete in metri;

V = velocità media nella rete

La costante di invaso k (parametro di taratura dl modello), essendo in fase di progettazione, è stata stimata sulla base del tempo di corrivazione del sistema.

La figura seguente riporta l'idrogramma di piena per piogge aventi tempo di ritorno di 50 anni incidenti nelle aree di intervento e l'idrogramma ritenuto accettabile allo scarico.

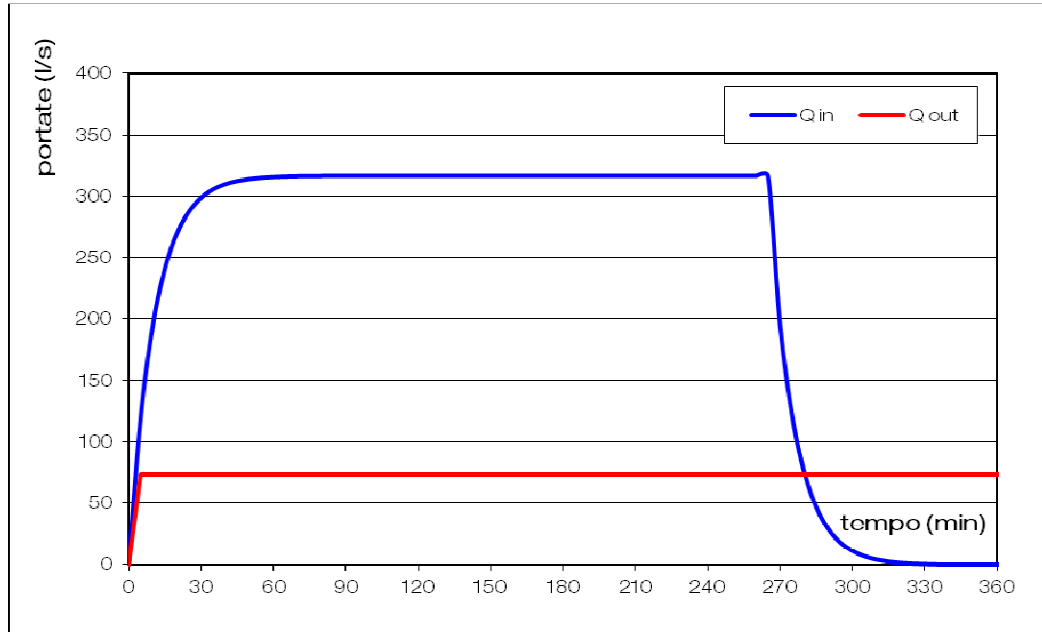


Figura 15. Grafico riassuntivo della configurazione di progetto. La linea blu rappresenta l'idrogramma in ingresso al sistema di laminazione, la linea rosso il massimo idrogramma accettabile allo scarico.

L'area sottesa fra l'idrogramma in ingresso e l'idrogramma ottenuto fissando una portata in uscita costante a quelle desunte da un coefficiente udometrico di 10 l/s, ha rappresenta il volume di invaso da rendere disponibile. Tale volume viene rappresentato nella seguente Figura 16 dalla linea verde. Nello stesso grafico vengono riportati gli andamenti, in funzione del tempo, dei volumi in ingresso (crescente per tutta la durata di pioggia) e di uscita (costantemente crescente nel tempo). Dalla linea rappresentante il volume di laminazione si può inoltre notare che il massimo volume di invaso ammonta a circa 3.770 mc.

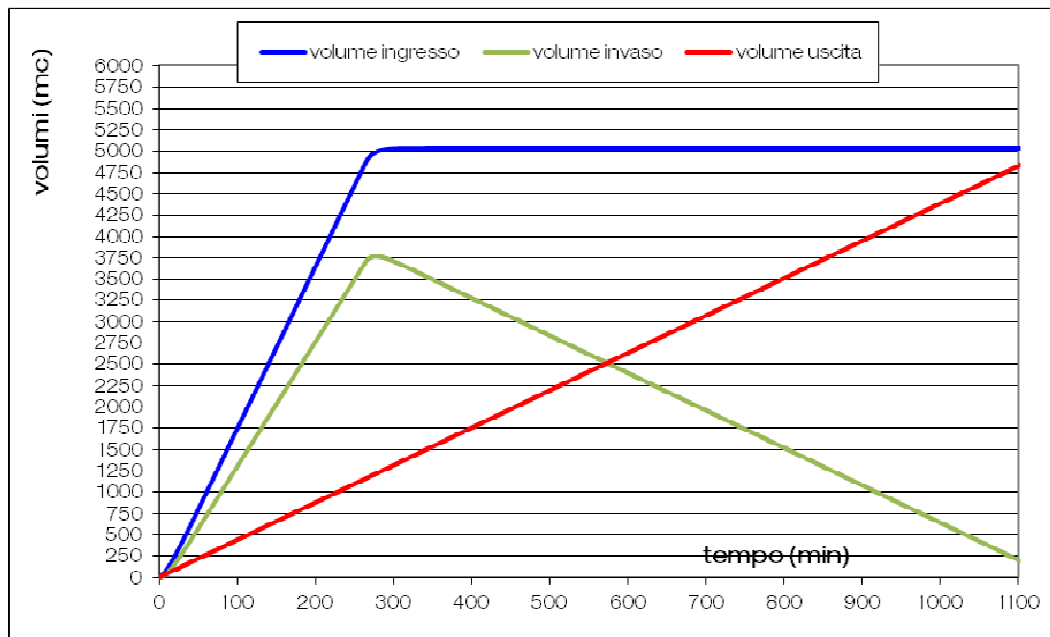


Figura 16. Andamento dei volumi: ingresso (linea blu); in uscita (linea rossa); invasato (linea verde).

Per la costruzione dei precedenti grafici si sono usati i valori delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica a due parametri, ricavati per la zona omogenea di interesse per l'intervallo temporale compreso tra 45 minuti e 12 ore e tempo di pioggia caratteristico di 3 ore.

Volendo porsi quindi a favore di sicurezza, risulta conveniente adottare come base progettuale i valori forniti dal metodo della durata critica; questo infatti fissava a 4.034 mc il massimo volume di invaso necessario ai fini della laminazione della portata meteorica, per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni.

10 Individuazione dei volumi di laminazione

Volumi di laminazione

I volumi necessari alla laminazione sono quindi composti da tre componenti, ovvero:

- a) 1.100 mc per il tombinamento del fossato a margine di via Monte Rua;
- b) 830 mc che risultano dall'interramento dei fossi esistenti perché interni o limitrofi all'area edificabile;
- c) 4.034 mc risultanti dal calcolo idraulico ed afferenti all'effettivo contributo di precipitazione.

I volumi di laminazione, il cui totale ammonta quindi a 5.964 mc, verranno realizzati all'interno dell'area di intervento grazie alla realizzazione di:

1. rete di tubazioni sovradimensionata;
2. nuovo fossato di scolo ed invaso.

1) Rete di tubazioni sovradimensionate

Si prevede di porre in opera lungo la nuova viabilità privata per l'accesso ai singoli lotti, secondo lo schema riportato di seguito e meglio dettagliato nei relativi elaborati grafici, 316+1.106 metri di tubazioni in calcestruzzo del diametro Ø60 cm, e circa 60 metri di tubazioni in calcestruzzo del diametro Ø80 cm.

Ciascun tronco è studiato per massimizzare l'invaso, compatibilmente al mantenimento di un idoneo ricoprimento sui tubi stessi; la livelletta è pari allo 0,1%.

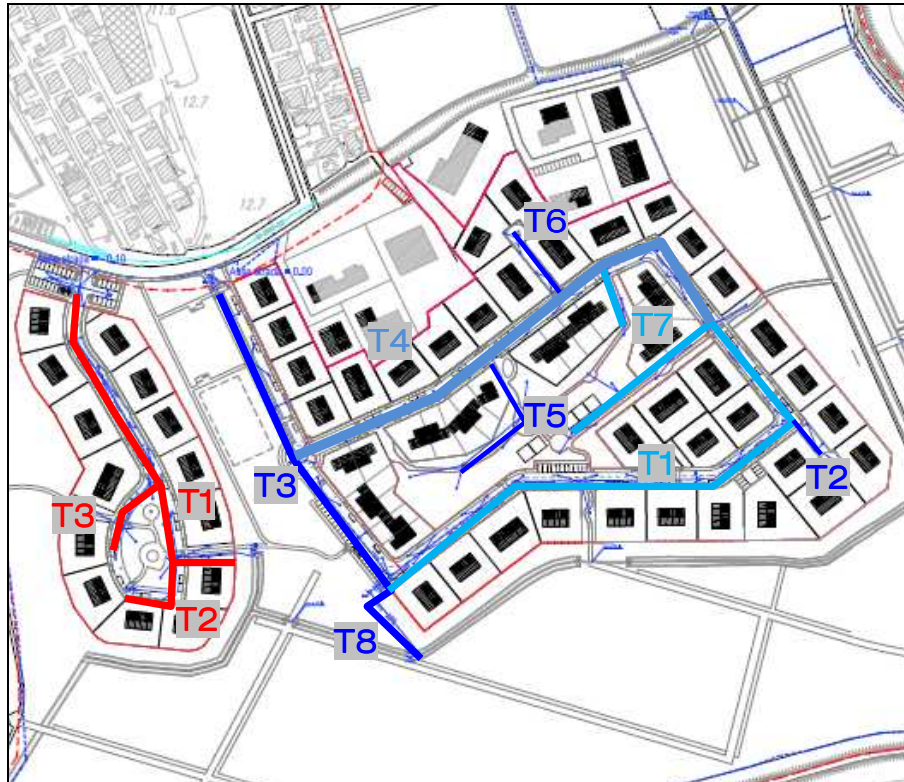


Figura 17. Planimetria della rete di smaltimento - invaso acque meteoriche φ 60 cm - φ 80 cm. In rosso i tronchi della porzione ovale; in blu i tronchi della porzione più grande.

La stima della capacità di invaso delle tubazioni, in considerazione del livello di invaso imposto a quota 11,69 è riportata nelle tabelle seguenti.

Tabella 15. Tabella riassuntiva della verifica del volume di invaso nelle tubazioni - porzione di forma ovale.

| Verifica disponibilità di invaso | | Volumi in condotta | | | |
|----------------------------------|-----|--------------------|---------|---------|---------------|
| | | Tronco1 | Tronco2 | Tronco3 | L tot |
| lunghezza rete di pertinenza | ml | 236 | 44 | 36 | 316 |
| pendenza fondo | m/m | 0,001 | 0,001 | 0,001 | volume totale |
| D rete | m | 0,6 | 0,6 | 0,6 | |
| quota scorrimento fondo | m | -1,63 | -1,586 | -1,538 | |
| altezza iniziale | m | 0,690 | 0,646 | 0,598 | |
| grado di riempimento medio | % | 95% | 100% | 97% | |
| volume in condotta | mc | 65,48 | 12,44 | 10,04 | 88 |

Tabella 16. Tabella riassuntiva della verifica del volume di invaso nelle tubazioni - porzione più grande.

| Verifica disponibilità di invaso | | Volumi in condotta | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | L tot |
| lunghezza rete di pertinenza | ml | 440 | 23 | 210 | 266 | 86 | 46 | 35 | 61 | 1167 |
| pendenza fondo | m/m | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | volume totale |
| D rete | m | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | |
| quota scorrimento fondo | m | -1,67 | -1,41 | -1,67 | -1,58 | -1,45 | -1,40 | -1,37 | -1,73 | |
| altezza iniziale | m | 0,73 | 0,47 | 0,73 | 0,64 | 0,51 | 0,46 | 0,43 | 0,79 | |
| grado di riempimento medio | % | 85% | 76% | 100% | 85% | 79% | 73% | 69% | 95% | |
| area liquida media | mq | 0,26 | 0,23 | 0,28 | 0,25 | 0,24 | 0,22 | 0,20 | 0,49 | |
| volume in condotta | mc | 112,71 | 5,23 | 59,38 | 67,44 | 20,35 | 10,03 | 7,17 | 29,91 | |

Per il livello ammesso nel caso di precipitazione con TR50 anni, alcuni tratti di tubazione, soprattutto quelli più a valle saranno completamente riempiti, ragion per cui nella verifica di invaso si è posto il grado di riempimento medio pari al 100%.

Nella posa delle tubazioni dovrà essere posta particolare cura nei collegamenti a giunto maschio – femmina e nelle immissioni nei pozzetti, rendendoli, per quanto possibile, impermeabili mediante l'utilizzo di malte specifiche.

Il totale di invaso disponibile all'interno delle condotte ammonta quindi a circa 400 mc.

La rete scaricherà nel nuovo fossato di invaso collocato immediatamente a valle delle reti descritte, e del cui dimensionamento si entrerà nel dettaglio nel successivo punto,.

2) Nuovo fossato di scolo ed invaso

Le tubazioni di invaso precedentemente descritte non si configurano come sistema di invaso principale in quanto non sono in grado di invasare l'intero ammontare dei volumi necessari al rispetto dell'invarianza idraulica e calcolati essere pari a 5.964 mc.

Il dispositivo per lo stoccaggio principale è costituito dal fossato che scorre lungo il lato sud della lottizzazione e che, proseguendo in direzione sud-nord, circonda quest'ultima lungo il lato est per scaricare, a nord, nello scolo Bisatto.

A tal proposito si faccia riferimento alla relativa planimetria delle opere di invaso.

La lunghezza totale del fossato principale ammonta a circa 900 ml con gli ultimi 8 metri realizzati con una tubazione $\phi 100$ per attraversare la stradina parallela allo scolo Bisatto che serve per accedere all'impianto di sollevamento Idrovora Vecchia ma anche da fascia di rispetto per la manutenzione dello scolo consortile.

Dal fosso principale si diramano poi dei fossati secondari, lungo le stradine per l'accesso alle aree agricole; questi presentano lunghezza variabile ed hanno stessa livelletta e stessa quota di fondo del fosso principale.

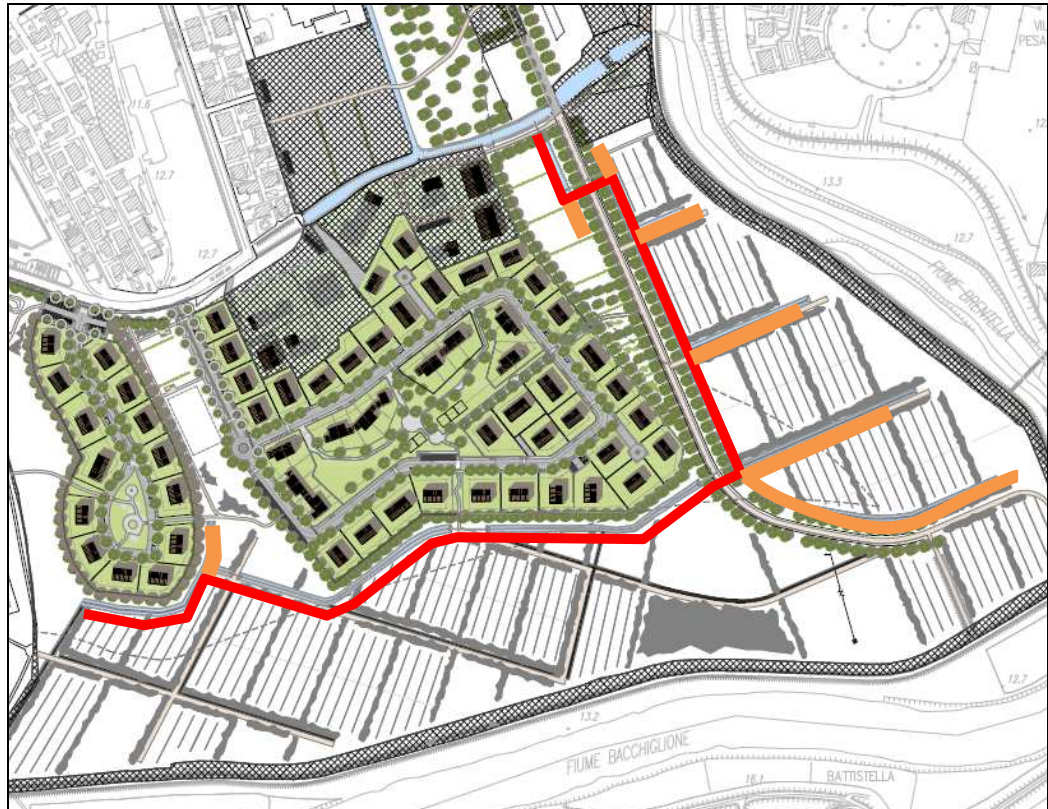


Figura 18. Planimetria del nuovo fossato di invaso per il contenimento dei volumi richiesti dallo studio di compatibilità idraulica. In rosso il fossato principale, in arancio i rami secondari.

Le dimensioni della sezione media del fossato prevedono un fondo con larghezza pari ad 1,00 m, si impone che la scarpa sia pari al rapporto di 3:2, ed in considerazione della livelletta di circa lo 0,1% che si intende dare, e delle quote di piano campagna, la profondità di scavo è variabile da 2,6 m a circa 1 m; in quest'ultimo caso si rende necessario creare un lieve rialzamento del piano campagna, come desumibile dalle sezioni trasversali allegate. Il volume totale di scavo afferente al fossato è abbondantemente superiore a 6.000 mc, sovrabbondante rispetto alla richiesta di 5.964 mc come da calcolo di compatibilità idraulica.

Sul totale dei volumi da rendere disponibili, vi è un'aliquota costituita dall'effettivo contributo di pioggia pari a 4.034 mc; questa quantità deve potersi realizzare, come suggerito dalla DGRV 1322/06 e s.m.i., dimensionando i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

Il massimo livello idrico ammesso all'interno del fossato crea un'altezza media d'acqua pari a quasi 1,00 m: considerando la livelletta di quasi lo 0,1% si ottiene un livello massimo di 1,37 m a valle e 0,61 m a monte.

Nella tabella seguente si riporta la verifica condotta sezione per sezione della capacità di invaso del fossato; a fianco dell'identificativo della sezione si riportano la quota di scorrimento del fondo, il tirante idrico che si forma nei confronti di un livello massimo per TR50 posto a quota 11,69, la larghezza della sezione liquida, la distanza progressiva della sezione e l'intervallo considerato per ciascuna di esse. Dopo aver calcolato l'area liquida su ciascuna sezione e moltiplicata per l'intervallo di interesse si ottiene il volume di acqua che è possibile trattenere all'interno del fossato.

Tabella 17. Tabella riassuntiva della verifica del volume di invaso del fossato.

| Sezioni | Quota scorrimento | Tirante (m) | B H2o (m) | Progressiva | Intervallo calcolo (m) | Area liquida (mq) | Volume (mc) |
|---------|-------------------|-------------|-----------|-------------|------------------------|-------------------|----------------|
| 1 | 11,08 | 0,61 | 2,83 | 0,00 | 10,22 | 1,17 | 11,94 |
| 2 | 11,07 | 0,62 | 2,86 | 20,44 | 24,67 | 1,20 | 29,52 |
| 3 | 11,04 | 0,65 | 2,95 | 49,34 | 22,44 | 1,28 | 28,81 |
| 4 | 11,03 | 0,66 | 2,98 | 65,32 | 21,03 | 1,31 | 27,61 |
| 5 | 11,00 | 0,69 | 3,07 | 91,39 | 25,12 | 1,40 | 35,27 |
| 6 | 10,98 | 0,71 | 3,13 | 115,55 | 17,27 | 1,47 | 25,31 |
| 8 | 10,98 | 0,71 | 3,13 | 125,92 | 14,04 | 1,47 | 20,58 |
| 9 | 10,96 | 0,73 | 3,19 | 143,63 | 15,33 | 1,53 | 23,44 |
| 10 | 10,94 | 0,75 | 3,25 | 164,57 | 28,22 | 1,59 | 44,98 |
| 11 | 10,91 | 0,78 | 3,34 | 200,07 | 26,38 | 1,69 | 44,64 |
| 12 | 10,90 | 0,79 | 3,37 | 217,32 | 18,50 | 1,73 | 31,93 |
| 13 | 10,88 | 0,81 | 3,43 | 237,07 | 17,75 | 1,79 | 31,84 |
| 14 | 10,87 | 0,82 | 3,46 | 252,81 | 28,99 | 1,83 | 53,01 |
| 15 | 10,83 | 0,86 | 3,58 | 295,05 | 31,91 | 1,97 | 62,83 |
| 16 | 10,81 | 0,88 | 3,64 | 316,62 | 20,66 | 2,04 | 42,17 |
| 17 | 10,78 | 0,91 | 3,73 | 348,36 | 7,57 | 2,15 | 16,30 |
| 18 | 10,76 | 0,93 | 3,79 | 379,51 | 34,74 | 2,23 | 77,37 |
| 19 | 10,73 | 0,96 | 3,88 | 417,83 | 41,10 | 2,34 | 96,26 |
| 20 | 10,69 | 1,00 | 4,00 | 461,70 | 33,49 | 2,50 | 83,71 |
| 21 | 10,67 | 1,02 | 4,06 | 484,80 | 18,94 | 2,58 | 48,88 |
| 22 | 10,66 | 1,03 | 4,09 | 499,58 | 17,90 | 2,62 | 46,91 |
| 23 | 10,64 | 1,05 | 4,15 | 520,59 | 10,51 | 2,70 | 28,40 |
| 25 | 10,60 | 1,09 | 4,27 | 562,62 | 4,87 | 2,87 | 13,97 |
| 30 | 10,59 | 1,10 | 4,30 | 572,35 | 48,30 | 2,92 | 140,81 |
| 31 | 10,52 | 1,17 | 4,51 | 659,23 | 51,57 | 3,22 | 166,23 |
| 34 | 10,50 | 1,19 | 4,57 | 683,49 | 47,13 | 3,31 | 156,20 |
| 35 | 10,44 | 1,25 | 4,75 | 753,49 | 49,75 | 3,59 | 178,79 |
| 37 | 10,41 | 1,28 | 4,84 | 790,99 | 27,68 | 3,74 | 103,48 |
| 38 | 10,39 | 1,30 | 4,90 | 808,86 | 8,93 | 3,83 | 34,27 |
| 40 | 10,37 | 1,32 | 4,96 | 838,91 | 16,46 | 3,93 | 64,75 |
| 42 | 10,34 | 1,35 | 5,05 | 871,83 | 32,96 | 4,08 | 134,60 |
| | | | | TOT | 774,38 | | 1904,80 |
| 6 | 10,98 | 0,71 | 3,13 | 115,55 | 17,58 | 1,47 | 25,77 |
| 7 | 11,00 | 0,69 | 3,07 | 150,71 | 17,58 | 1,40 | 24,68 |
| | | | | TOT | 35,16 | | 50,46 |
| 25 | 10,60 | 1,09 | 4,27 | 0 | 42,50 | 2,87 | 122,07 |
| 26 | 10,68 | 1,01 | 4,03 | 93,00 | 104,73 | 2,54 | 266,03 |
| 27 | 10,80 | 0,89 | 3,67 | 209,46 | 80,98 | 2,08 | 168,29 |
| | | | | TOT | 228,21 | | 556,38 |

| Sezioni | Quota scorrimento | Tirante (m) | B H2o (m) | Progressiva | Intervallo calcolo (m) | Area liquida (mq) | Volume (mc) |
|---------|-------------------|-------------|-----------|---------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| 25 | 10,60 | 1,09 | 4,27 | 0,00 | 26,15 | 2,87 | 75,11 |
| 28 | 10,64 | 1,05 | 4,15 | 56,30 | 77,75 | 2,70 | 210,20 |
| 29 | 10,74 | 0,95 | 3,85 | 155,49 | 58,46 | 2,30 | 134,69 |
| | | | | TOT | 162,36 | | 420,00 |
| 31 | 10,52 | 1,17 | 4,51 | 0,00 | 19,62 | 3,22 | 63,24 |
| 32 | 10,55 | 1,14 | 4,42 | 43,24 | 49,84 | 3,09 | 153,96 |
| 33 | 10,61 | 1,08 | 4,24 | 99,67 | 36,35 | 2,83 | 102,84 |
| | | | | TOT | 105,80 | | 320,04 |
| 35 | 10,44 | 1,25 | 4,75 | 0,00 | 18,94 | 3,59 | 68,05 |
| 36 | 10,47 | 1,22 | 4,66 | 37,87 | 18,94 | 3,45 | 65,37 |
| | | | | TOT | 37,87 | | 133,42 |
| 38 | 10,39 | 1,30 | 4,90 | 0,00 | 3,75 | 3,83 | 14,38 |
| 39 | 10,44 | 1,25 | 4,75 | 7,50 | 3,75 | 3,59 | 13,48 |
| | | | | TOT | 228,21 | | 27,86 |
| 40 | 10,37 | 1,32 | 4,96 | 0 | 15,00 | 3,93 | 59,00 |
| 41 | 10,40 | 1,29 | 4,87 | 30,00 | 21,44 | 3,79 | 81,18 |
| | | | | TOT | 36,44 | | 140,18 |
| | | | | TOTALE | | | 3.553,15 |

Risulta importante specificare che gli intervalli considerati sono al netto dei tratti tombinati in attraversamento delle stradine interne all'area; si veda in tal senso la planimetria delle opere di invaso.

L'invaso disponibile all'interno dei tratti del nuovo fossato tombinati con tubi da DN 100 cm ammonta a circa 84 mc.

Il totale di invaso disponibile all'interno del fossato ammonta quindi a circa 3.637 mc a cui, se si aggiungono i circa 400 mc disponibili nella rete di tubazioni, si ottiene un totale, valutato sugli effettivi livelli idrici di circa 4.037 mc, superiore al valore richiesto di 4.034 mc.

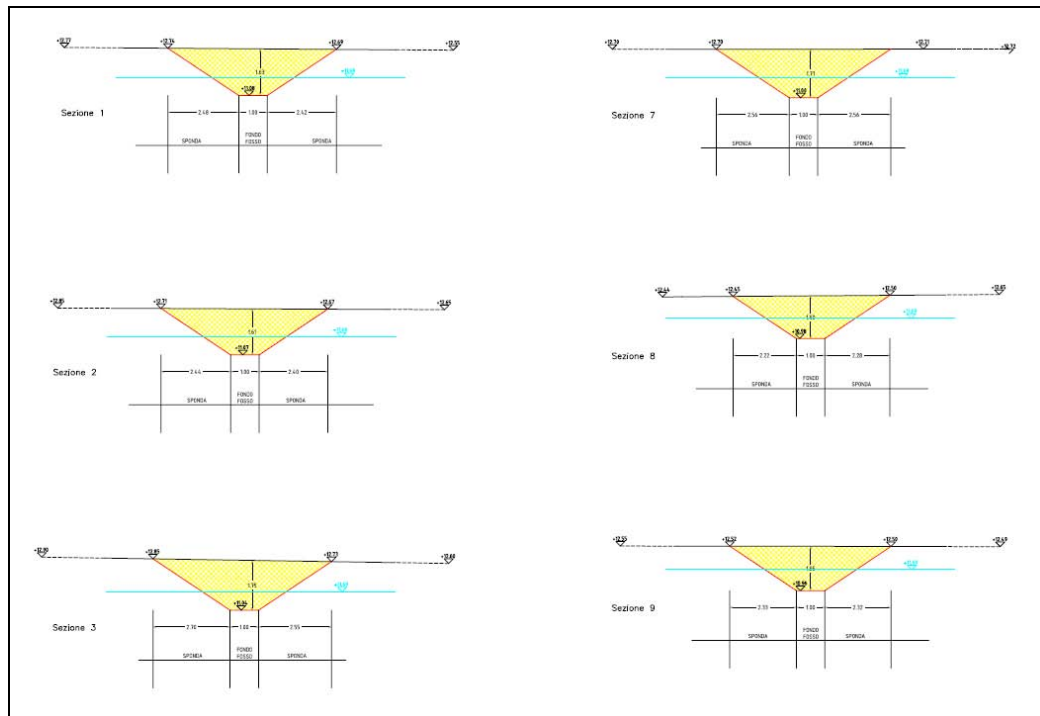


Figura 19. Alcune sezioni del nuovo fossato di invaso per il contenimento dei volumi richiesti dallo studio di compatibilità idraulica.

Per maggiori dettagli sul fossato di invaso, sezioni e profilo, si rimanda ai relativi elaborati grafici.

In definitiva i sistemi di invaso sopradescritti saranno in grado di stoccare rispettivamente:

Rete di tubazioni sovradimensionate = 400 mc
Nuovo fossato = 3.637 mc

Totale = 4.037 mc sovrabbondanti rispetto 4.034 mc richiesti

Il solo fossato di invaso comporta uno scavo abbondantemente superiore ai 6.000 mc, sovrabbondante rispetto alla richiesta di 5.964 mc.

Quindi il sistema garantisce una disponibilità di invaso sufficiente a quella richiesta dal calcolo idraulico per il rispetto dell'invarianza idraulica ed anche per il recupero dei volumi necessari a seguito della chiusura di alcune scoline e del tombinamento di un tratto dello scolo Bisatto.

Scarico delle acque bianche

Lo scarico della rete di invaso sopradescritta avverrà nel nuovo fossato di invaso il quale, a sua volta scaricherà nello scolo consortile Bisatto nei pressi dell'impianto dell'Idrovora Vecchia, rappresentato nelle successive immagini fotografiche.



Figura 20. Scolo Bisatto. Punto di recapito del nuovo fossato di invaso.

Si prevede che il nuovo fossato di scarico prima dell'immissione nel ricettore consortile Bisatto presenti un tratto di circa 8 m costituito da un tubo in cls DN 100 cm.

Tale tubazione presenterà anche un dispositivo di non ritorno, tipo valvola a clapet per impedire che l'escursione dei livelli del Bisatto interessi il fosso dedicato alla laminazione dei volumi in caso di precipitazioni intense.

A rigore il tubo DN 100 cm è in grado di scaricare una portata superiore a quella desumibile da un coefficiente idrometrico di 10 l/s,ha, ma in accordo con l'ufficio tecnico del Consorzio Brenta si è optato per una soluzione che mirasse più alla funzionalità idraulica con molto riguardo agli aspetti manutentivi, piuttosto che all'esclusivo rispetto del calcolo teorico.

Aspetto di fondamentale importanza di cui sarà necessario tener conto per la corretta funzionalità dello scarico delle acque meteoriche è quindi la pianificazione di un'adeguata manutenzione.

L'aspetto manutentivo delle opere sarà oggetto di una specifica convenzione con il Comune di Padova e comunque la manutenzione del fossato non sarà di competenza del Consorzio Brenta.

L'area in esame risulta essere a quota inferiore rispetto la viabilità e l'area residenziale più a nord; la sistemazione idraulica dell'intera zona di perequazione, unitamente alle opere previste nella presente valutazione quindi, oltre a mitigare gli effetti delle nuove urbanizzazioni all'interno dei confini di studio, potrà fungere da polmone per i contributi eccezionali superiori ai parametri di dimensionamento. Ciò significa che tutti i contributi meteorici non andranno in nessun modo ad aggravare i terreni confinanti, in quanto, come desumibile da rilievo della zona, il piano campagna risulta essere più basso dei terreni più a nord.

11 Sintesi della valutazione

| STATO DI PROGETTO | |
|----------------------------|-----------------|
| Destinazione d'uso | Superficie (mq) |
| area residenziale 68 lotti | 51.100 |
| Strade e park | 8.760 |
| marciapiedi | 5.280 |
| aiuole | 8.090 |
| Totale area | 73.230 |

| STATO DI PROGETTO | | |
|---------------------|------------------|-------------|
| Tipologia del suolo | superficie mq | ϕ |
| impermeabile | 49.810,00 | 0,90 |
| verde | 23.420,00 | 0,20 |
| Totale area | 73.230,00 | 0,68 |

VOLUMI RICHIESTI DAL CALCOLO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

| | |
|--|-----------------|
| Tombinatura di un tratto dello scolo Bisatto | 1.100 mc |
| Interramento fossi poichè interni o limitrofi all'area edificabile | 830 mc |
| Dal calcolo di invarianza idraulica | <u>4.034 mc</u> |
| Totale | 5.964 mc |

INDIVIDUAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO ALL'INTERNO DELLA LOTTIZZAZIONE

| | |
|--|----------|
| Scavo afferente al nuovo fossato di invaso | 6.000 mc |
| Rete di tubazioni Ø 60 cm/ Ø 80 cm poste al di sotto della viabilità | 400 mc |
| Nuovo fosso di invaso, invaso con livello max | 3.637 mc |

Il volume di invaso totale garantito dal nuovo fossato di invaso, abbondantemente superiore ai 6.000 mc, soddisfa i 5.964 mc richiesti dal calcolo.

Il volume garantito dalla rete e dal fossato, una volta definito il massimo livello di invaso, è pari a 3.637 mc + 400 mc = 4.037 mc sovrabbondante rispetto ai 4.034 mc richiesti dal calcolo idraulico.

Recapito finale: scolo consortile Bisatto



Giuseppe Boldi
AQUA
www.aeqgroup.com

AQUA Engineering
 AQUA ENGINEERING S.R.L.
 P.V.A 03910010272

ASSEVERAZIONE

Sommario

| | | |
|---|---|----|
| 1 | PREMESSA | 1 |
| 2 | VOLUMI DI LAMINAZIONE PREVISTI DALLA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA APPROVATA | 3 |
| 3 | MODIFICHE ALLA RETE DI RACCOLTA ED INVASO DELLE ACQUE METEORICHE ... | 4 |
| 4 | ASSEVERAZIONE | 10 |

Piano di Lottizzazione "Brentella" zona di perequazione n.1 - Bacchiglione nord, in Comune di Padova -
ASSEVERAZIONE

1 PREMESSA

Con la presente relazione si descrivono le modifiche, rese necessarie in sede di istruttoria per l'ottenimento del P.d.C., alla rete di raccolta ed invaso delle acque meteoriche, come prevista dalla valutazione di compatibilità idraulica afferente al "Piano di Lottizzazione Brentella" zona di perequazione n.1 – Bacchiglione nord.

Il Piano di Lottizzazione è compreso tra Via Monte Rua, Via Padova, Via Dei Colli, nel Comune di Padova (PD), in zona di perequazione ambientale catastalmente censita al foglio n.132.

Sulla succitata valutazione di compatibilità e sulle opere idrauliche da essa previste, il Consorzio di Bonifica Brenta ha espresso parere favorevole con nota prot. n. 16662 DL/dl del 24/12/2012.

L'obiettivo della presente relazione è di dimostrare che le modifiche apportate alla rete di raccolta ed invaso, non compromettono la funzionalità idraulica dell'intero ambito di intervento e che, con le nuove opere previste, si continua a garantire la disponibilità di volumi di invaso necessaria al rispetto della compatibilità idraulica del Piano di Lottizzazione, approvata dal Consorzio.



Figura 1. Inquadramento geografico foto dal satellite.

Il progetto del Piano di Lottizzazione Brentella, è caratterizzato dal seguente schema distributivo:

Tabella 1. Schema distributivo del primo stralcio esecutivo del Piano di Lottizzazione "Brentella".

| STATO DI PROGETTO | |
|----------------------------|-----------------|
| Destinazione d'uso | Superficie (mq) |
| area residenziale 68 lotti | 51.100 |
| Strade e park | 8.760 |
| marciapiedi | 5.280 |
| aiuole | 8.090 |
| Totale area | 73.230 |

La lottizzazione si distribuisce su due porzioni di differenti dimensioni, di cui la minore presenta forma ovale.

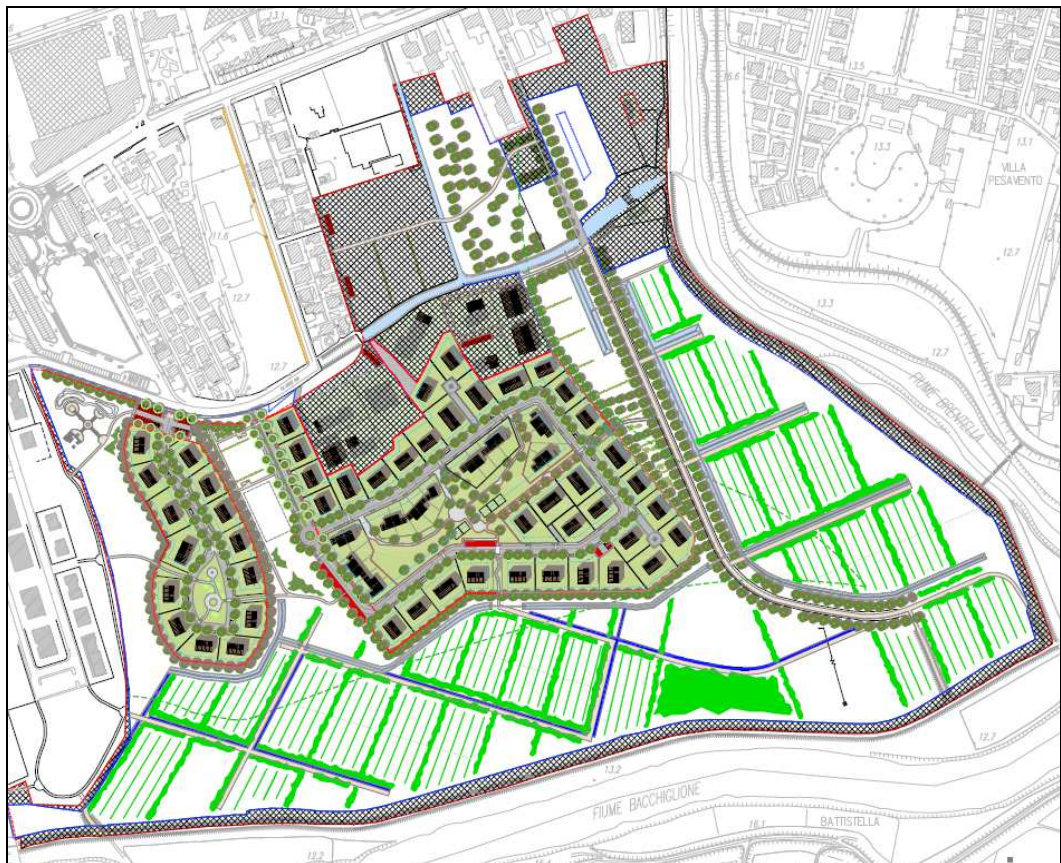


Figura 2. Planimetria del Piano di Lottizzazione Brentella allo stato di progetto.

2 VOLUMI DI LAMINAZIONE PREVISTI DALLA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA APPROVATA

Con la valutazione di compatibilità idraulica redatta a fine 2012 e approvata dal Consorzio di Bonifica Brenta con nota prot. n. 16662 DL/dl del 24/12/2012 è stato definito che i volumi necessari alla laminazione sono composti da tre componenti, ovvero:

- a) 1.100 mc per il tombinamento del tratto di 166 m dello scolo Bisatto a margine della lottizzazione;
- b) 830 mc risultanti dall'interramento dei fossi esistenti perché interni o limitrofi all'area edificabile;
- c) 4.034 mc risultanti dal calcolo idraulico ed afferenti all'effettivo contributo di precipitazione.

Si è previsto che i volumi da invasare, il cui totale ammonta quindi a 5.964 mc, vengano realizzati all'interno dell'area di intervento grazie ad:

1. una rete di tubazioni sovradimensionata;
2. un nuovo fossato di scolo ed invaso.

Il volume di invaso totale garantito dal nuovo fossato, abbondantemente superiore ai 6.000 mc, soddisfa i 5.964 mc richiesti dal calcolo.

Il volume garantito dal fossato e dalla rete, una volta definito il massimo livello di invaso, è pari a 3.637 mc + 400 mc = 4.037 mc sovrabbondante rispetto ai 4.034 mc richiesti dal calcolo idraulico.

3 MODIFICHE ALLA RETE DI RACCOLTA ED INVASO DELLE ACQUE METEORICHE

La lottizzazione si distribuisce su due porzioni di differenti dimensioni, di cui la minore presenta forma ovale.

La rete di raccolta ed invaso delle acque meteoriche della porzione di lottizzazione di più modesta estensione è costituita da tubazioni in cls di diametro pari a 60 cm.

La rete di raccolta ed invaso delle acque meteoriche della porzione di lottizzazione più estesa è costituita da tubazioni in cls di diametro pari a 60 cm e da un tratto finale di diametro pari a 80 cm.

La modifica apportata alla rete, riguarda sostanzialmente il cambio del ricettore, che non è più costituito dal nuovo fossato di invaso ma, dal tratto tombinato dello scolo Bisatto nel lato opposto, su via Monte Rua,.

Tale modifica viene giustificata dal fatto che i contributi di dilavamento delle superfici impermeabili della lottizzazione, che non si può escludere a priori che possano contenere in minima parte delle impurità, vengono in questo modo scaricati direttamente nello scolo Bisatto piuttosto che sul nuovo fossato a cielo aperto al quale si intende dare anche una valenza estetica e naturalistica.

Ciascuna porzione di lottizzazione possiede una propria rete di raccolta ed invaso costituita da condotte in calcestruzzo su base piana con pendenza pari allo 0,1% ed andamento da sud a nord verso il ricettore tombinato su via Monte Rua.

Lo scarico della porzione meno estesa avviene con tubazione di diametro pari a 60 cm mentre avviene con una tubazione da 80 cm per la porzione più grande. Entrambi gli scarichi, prima dell'innesto sullo scolo Bisatto, sono presidiati da valvola di non ritorno per scongiurare eventuali rigurgiti dalla rete consortile, in presenza di livelli idrometrici elevati su quest'ultima.

Nella porzione a sud del piano di lottizzazione, in prossimità del sedime del nuovo fossato di invaso, si sono inoltre previsti per ciascuna rete, degli sfiori costituiti da tubazioni in cls del diametro di 60 cm posate in piano.

La quota di scorrimento degli sfiori è tale da connettere le reti ed il fossato, solamente lasciando transitare i contributi di seconda pioggia, ovvero quelli che molto verosimilmente risultano privi di impurità di trascinamento, scongiurando quindi l'evenienza che questi possano essere convogliati nel nuovo fosso a cielo aperto.

Verifica della capacità di invaso della nuova rete di tubazioni sovradimensionate

Per la porzione di lottizzazione meno estesa si prevede di porre in opera lungo la nuova viabilità privata per l'accesso ai singoli lotti, 374 metri di tubazioni in calcestruzzo del diametro Ø60 cm.

Per la porzione di lottizzazione più grande si prevede di porre in opera sempre lungo la nuova viabilità privata per l'accesso ai singoli lotti, 783 metri di tubazioni in calcestruzzo del diametro Ø60 cm e 220 metri di tubazioni Ø80 cm.

Lo schema riportato di seguito e meglio dettagliato nel relativo elaborato grafico, riporta la disposizione planimetrica descritta.



Figura 3. Planimetria della nuova rete di raccolta ed invaso delle acque di pioggia del Piano di Lottizzazione Brentella.

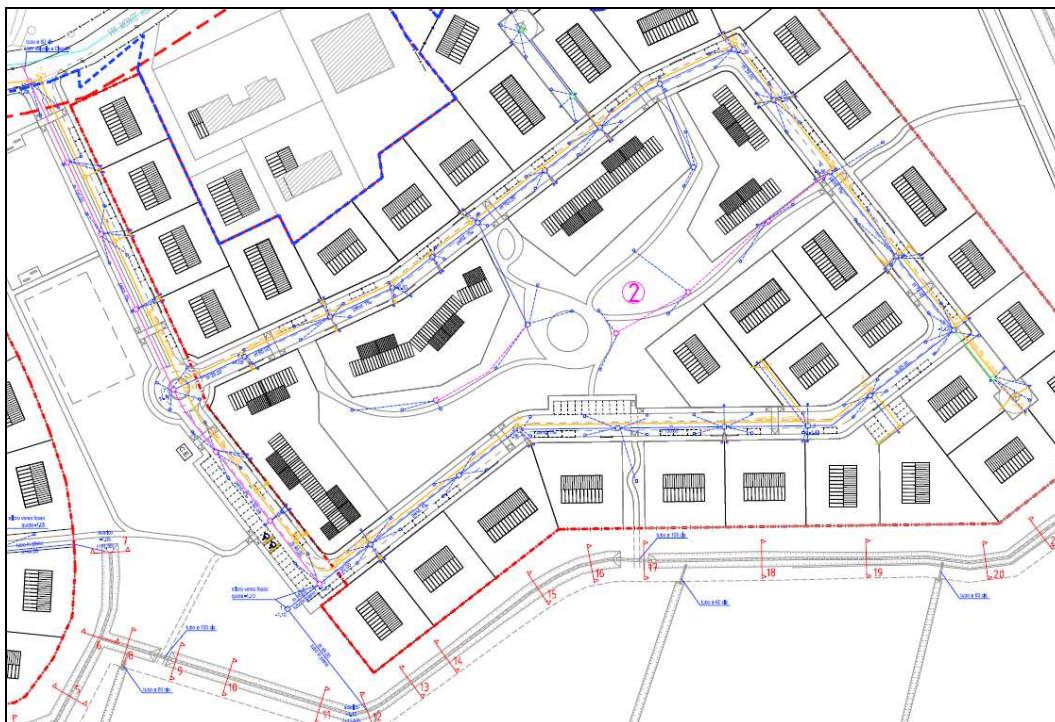


Figura 4. Planimetria della nuova rete di raccolta ed invaso delle acque di pioggia porzione più estesa del Piano di Lottizzazione Brentella.

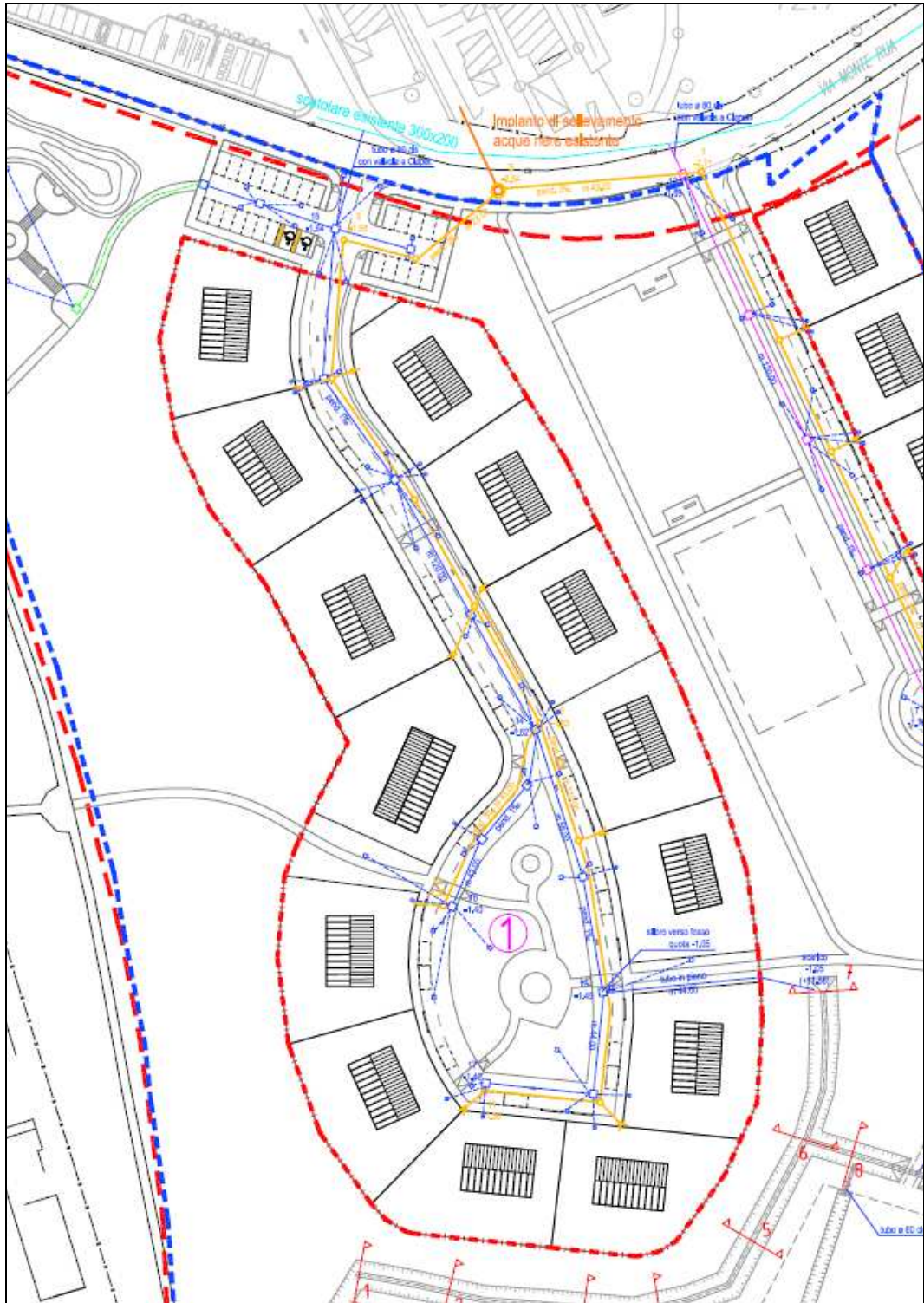


Figura 5. Planimetria della nuova rete di raccolta ed invaso delle acque di pioggia porzione meno estesa del Piano di Lottizzazione Brentella.

Ciascun tronco è studiato per massimizzare l'invaso, compatibilmente al mantenimento di un idoneo ricoprimento sulle stesse tubazioni; la livelletta è pari allo 0,1%.

La stima della capacità di invaso delle tubazioni, in considerazione del livello di invaso imposto a quota 11,69 (-0,94) è riportato nelle tabelle seguenti tabelle.

Tabella 2. Tabella riassuntiva della verifica del volume di invaso nelle tubazioni - porzione di forma ovale.

| Verifica disponibilità di invaso | | Volumi in condotta | | | | | L tot |
|----------------------------------|-----|--------------------|---------|---------|--------|--|---------------|
| | | Tronco1 | Tronco2 | Tronco3 | Sfioro | | |
| lunghezza rete di pertinenza | ml | 242 | 43 | 45 | 44 | | 374 |
| pendenza fondo | m/m | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | | volume totale |
| D rete | m | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | | |
| quota scorrimento fondo | m | -1,64 | -1,52 | -1,64 | -1,05 | | |
| altezza iniziale | m | 0,70 | 0,58 | 0,70 | 0,11 | | |
| grado di riempimento medio | % | 97% | 93% | 100% | 18% | | |
| volume in condotta | mc | 67,51 | 11,78 | 12,72 | 1,52 | | |

Tabella 3. Tabella riassuntiva della verifica del volume di invaso nelle tubazioni - porzione più grande.

| Verifica disponibilità di invaso | | Volumi in condotta | | | | | | | L tot |
|----------------------------------|-----|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------------|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | Sfioro | |
| lunghezza rete di pertinenza | ml | 220 | 338 | 266 | 40 | 46 | 32 | 61 | 1003 |
| pendenza fondo | m/m | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | volume totale |
| D rete | m | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | |
| quota scorrimento fondo | m | -1,89 | -1,67 | -1,62 | -1,49 | -1,44 | -1,41 | -1,10 | |
| altezza iniziale | m | 0,95 | 0,73 | 0,68 | 0,55 | 0,50 | 0,47 | 0,16 | |
| grado di riempimento medio | % | 100% | 94% | 91% | 88% | 80% | 76% | 22% | |
| area liquida media | mq | 0,50 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,04 | |
| volume in condotta | mc | 110,58 | 92,63 | 71,86 | 10,54 | 11,02 | 7,28 | 2,63 | |

Per il livello ammesso nel caso di precipitazione con TR50 anni, alcuni tratti di tubazione, soprattutto quelli più a valle saranno completamente riempiti, ragion per cui nella verifica di invaso si è posto il grado di riempimento medio pari al 100%.

Nella posa delle tubazioni dovrà essere posta particolare cura nei collegamenti a giunto maschio – femmina e nelle immissioni nei pozzetti, rendendoli, per quanto possibile, impermeabili mediante l'utilizzo di malte specifiche.

Il totale di invaso disponibile all'interno delle condotte ammonta quindi a circa 400 mc confermando quindi la stessa capacità della rete già approvata dal Consorzio di Bonifica Brenta con parere prot. n. 16662 DL/dl del 24/12/2012.

Nessuna modifica pertanto è stata apportata al sistema di mitigazione nel suo complesso in quanto è ancora garantito il volume di invaso totale di 4037 mc, ricavato per 3637 mc dalla realizzazione di un fossato (della lunghezza di 900 m), che scorre lungo il lato sud della lottizzazione e che proseguendo in direzione sud-nord scarica nello scolo Bisatto a cielo aperto e per 400 mc dal sovradimensionamento delle tubazioni acque bianche interne alla lottizzazione.

Scarico delle acque bianche

Le nuove reti di raccolta ed invaso delle acque bianche su ciascuna porzione del piano di lottizzazione, scaricheranno nello scolo Bisatto. Quest'ultimo è un canale consortile a scolo meccanico che è collegato a nord anche con il canale Riale e si immette nel Brentella, attraverso un impianto idrovoro denominato "Idrovora Vecchia", proprio nei pressi dello scarico della lottizzazione.

Nello specifico le nuove reti scaricheranno nel tratto tombinato con uno scatolare in calcestruzzo di dimensioni interne 3,00 x 2,00 m dello scolo Bisatto. Il tombinamento dello scolo presenta una lunghezza pari a 166 m circa.

Le tubazioni di scarico presentano un dispositivo di non ritorno, tipo valvola a clapet per impedire che l'escursione dei livelli del Bisatto interessi, per rigurgito, la disponibilità di invaso dedicata alla laminazione dei volumi in caso di precipitazioni intense.

A rigore i tubi utilizzati per l'allacciamento allo scolo Consortile sono in grado di scaricare una portata superiore a quella desumibile da un coefficiente udometrico di 10 l/s,ha ed utilizzata nel calcolo dei volumi da invasare, ma si è optato per una soluzione che mirasse più alla funzionalità idraulica con molto riguardo agli aspetti manutentivi, piuttosto che all'esclusivo rispetto del calcolo teorico.

Nel caso si volesse parzializzare il deflusso in uscita, è possibile intervenire, in fase di esecuzione dei lavori, con un manufatto di laminazione nell' area della lottizzazione, costituito da un setto metallico forato sul fondo.

4 ASSEVERAZIONE

- Visto quanto prescritto nel parere favorevole del Consorzio di bonifica Brenta prot. n. 16662 DL/dl del 24/12/2012;
- Considerato quanto riportato nei paragrafi precedenti;
- Considerato che le modifiche apportate alla rete di raccolta ed invaso delle acque meteoriche delle aree edificate non comportano alcuna variazione al volume di invaso disponibile;
- Visto quanto previsto dalla Deliberazione della Giunta Regionale Veneto n. 1322 del 10 maggio 2006 integrata dalla DGR 1841 del 19 Giugno 2007 pubblicata sul B.U.R. n.61 del 10.07.2007 e s.m..

Il sottoscritto ing. Giuseppe Baldo, nato a Venezia il 6 Giugno 1965, iscritto all'ordine di Venezia al n. 2335, sotto la propria responsabilità,

ASSEVERA IL PRESENTE INTERVENTO

Dichiarando che, a seguito delle modifiche al tracciato planimetrico apportate alla rete acque bianche, non saranno necessarie opere compensative in aggiunta ai volumi di invaso già previsti dalla precedente valutazione di compatibilità idraulica di cui si è già ottenuto parere favorevole.

In fede,

Ing. Giuseppe Baldo