

Archistudio

STUDIO DI ARCHITETTURA

Piazzale Giovannacci n. 5/A - 30175 Marghera (Ve) - Telefono-fax 041/924150 - P.I. 03346870276

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA
IN Z.T.O. C2RS-3 - VIA DEGLI OLMI A MARGHERA (VE)**

TITOLO ELABORATO: PROGETTO
Valutazione di compatibilità idraulica
a firma Ing. GIUSEPPE BALDO dello
studio AEQUA ENGINEERING SRL

NUMERO ELABORATO: 30

PROPRIETARI: BOBBO MARIA
BOBBO RENATO
CASAVARDE S.R.L.
CREPALDI LORENZO
SCATTO FIORELLA

PROGETTISTA E D.L.
ARCH. LORENZO CREPALDI

Prot. N. 6161/SMB
li, 7 NOV. 2011
Ns. Rif. N. 4692-5452/SMB/2011
Risposta alla nota N. _____
del _____



Egr. arch.
CREPALDI LORENZO
C/O ARCHISTUDIO
P.le Giovannacci, 5/A
30175 MARGHERA-VENEZIA

e, p.c. Spett.le
COMUNE di VENEZIA
Direzione Sviluppo
del Territorio ed Edilizia
Viale Ancona, 41
30172 MESTRE – VENEZIA

OGGETTO: Piano di lottizzazione di iniziativa privata in Z.T.O. C2RS-3 in via degli Olmi a Marghera – Venezia

- Progetto ago. '11, agg. set. '11.
- Richiesta di parere idraulico su progetto di rete per lo smaltimento delle acque meteoriche (ns. reg. n°11442, da citare nella corrispondenza).

Con riferimento all'istanza di cui all'oggetto e alla documentazione depositata presso questo Consorzio con protocollo riportato in epigrafe, fatte salve le competenze e i diritti di altri Enti, Amministrazioni o privati, si esprime per quanto di competenza ed esclusivamente sotto il punto di vista idraulico **PARERE FAVOREVOLE** alla realizzazione dell'intervento secondo quanto previsto negli elaborati depositati in data 04.08.2011 a firma dell'ing. Giuseppe Baldo e nel rispetto delle seguenti condizioni:

- nella cronologia dei lavori le opere necessarie a garantire l'invarianza idraulica dovranno essere realizzate preventivamente alle altre opere edilizie e/o di urbanizzazione, o comunque di quanto possa costituire impermeabilizzazione del terreno. Risulta inoltre opportuno richiamare che sotto il punto di vista idraulico la presente urbanizzazione risulti subordinata ad alcune essenziali opere di pertinenza della Z.T.O. C2RS-2, quali in particolare la realizzazione del nuovo fossato ad ovest e la ricalibratura con eliminazione dei tombinamenti del fosso di guardia di via Villabona;
- dovrà essere effettuata la pulizia e ricalibratura delle affossature esistenti in con terminazione all'ambito;
- la disponibilità dei volumi di invaso previsti nel bacino a cielo aperto di progetto può risultare limitata da eventuali interferenze con la falda laddove questa dovesse risultare emergente rispetto alla quota di fondo dello stesso. Si rileva pertanto la necessità di monitorare la quota

Sede legale: VIA ROVERETO, 12 - 30174 VENEZIA - COD. FISC. 94072730271
Web: www.acquerisorgive.it – E-Mail: consorzio@acquerisorgive.it

Unità locale di Venezia
Via Rovereto, 12 – 30174 VENEZIA (VE)
Telefono 041 5459111 – Telefax 041 5459262
Chiamate di emergenza 3357489972

Unità locale di Mirano
Via G. Marconi, 11 - 30035 - MIRANO (VE)
Telefono 041 5790311 - Telefax 041 5790350
Chiamate di emergenza 3486015269

della falda durante l'esecuzione dei lavori, in caso di interferenza con il bacino di invaso dovranno essere individuati adeguati interventi di compensazione;

- fermo restando il rispetto delle quote di progetto del piano campagna fornite con apposito l'elaborato depositato al protocollo consortile in data 29.09.2011, l'eventuale innalzamento, anche localizzato, della quota del piano campagna dell'area interessata dall'intervento dovrà essere eseguito salvaguardando sotto il punto di vista idraulico le aree contermini con l'adozione di tutti gli accorgimenti necessari: il Tecnico progettista e comunque la ditta committente dovranno rispondere di eventuali danni o disagi verso terzi che verranno arrecati in conseguenza dei lavori provvedendo tempestivamente al ripristino della sicurezza idraulica delle zone circostanti;
- la ditta lottizzante dovrà provvedere affinché l'eventuale rialzo dei cigli delle affossature esistenti venga realizzato seguendo la pendenza naturale delle sponde, e comunque assicurando la stabilità delle stesse che non dovranno subire indebolimenti in conseguenza del nuovo intervento;
- dovranno essere utilizzate tipologie di pavimentazione (sottofondo compreso) tali da garantire il rispetto dei coefficienti di afflusso considerati nella relazione idraulica;
- in considerazione del fatto che la rete di raccolta delle acque meteoriche funzionerà anche a pressione, dovrà essere rilasciata dal collaudatore delle opere idrauliche una certificazione attestante l'efficacia della tenuta dei tubi;
- l'eventuale chiusura o tombinamento di affossature esistenti lungo il confine di proprietà, qualora non prevista nel progetto presentato, dovrà essere comunicata e approvata da questo Consorzio sulla base di motivate necessità inerenti la pubblica sicurezza. Si evidenzia sin d'ora all'Amministrazione che legge per conoscenza che qualsiasi intervento in tal senso dovrà essere comunque preventivamente autorizzato dagli ulteriori proprietari frontisti interessati e in ogni caso effettuato salvaguardando i diritti di terzi;
- qualsiasi sia la sua configurazione, tutto il sistema di smaltimento delle acque meteoriche utilizzato dovrà avere i requisiti che ne garantiscano una agevole pulizia e manutenzione;
- si consiglia, per quanto di competenza, di evitare la realizzazione di locali posti al di sotto della quota del piano campagna, anche se solo parzialmente, e comunque si evidenzia l'opportunità, nel caso siano previsti, di provvedere alla messa in opera di adeguati ed efficienti sistemi di impermeabilizzazione, di drenaggio e di sollevamento delle acque;
- dovrà essere ricostituito, a propria cura e spese, e con assunzione di propria responsabilità da parte della ditta intestataria dei lavori, qualsiasi collegamento con fossati e scoli di vario tipo eventualmente esistenti, che non dovranno subire interclusioni o comunque limitazioni della loro attuale funzione in conseguenza dei lavori;
- le opere, e in particolare quelle interferenti con le reti esistenti, dovranno essere realizzate secondo le buone regole dell'arte fermo restando che dovrà essere ripristinata ogni altra

Sede legale: VIA ROVERETO, 12 - 30174 VENEZIA - COD. FISC. 94072730271

Web: www.acquerisorgive.it - E-Mail: consorzio@acquerisorgive.it

Unità locale di Venezia
Via Rovereto, 12 - 30174 VENEZIA (VE)
Telefono 041 5459111 - Telefax 041 5459262
Chiamate di emergenza 3357489972

Unità locale di Mirano
Via G. Marconi, 11 - 30035 - MIRANO (VE)
Telefono 041 5790311 - Telefax 041 5790350
Chiamate di emergenza 3486015269

- pertinenza idraulica eventualmente interessata nell'ambito dell'intervento, con l'obbligo di provvedere alla riparazione di tutti i danni derivanti dalle opere in esecuzione;
- ferma restando la necessità di limitare il valore al colmo della portata generata dalla nuova configurazione e recapitata alla rete esterna, si rimette al progettista la responsabilità della verifica del grado di sicurezza indotto dalle impostazioni di progetto e della reciproca compatibilità dei manufatti previsti, e quindi il dimensionamento dei corrispondenti volumi di laminazione e la funzionalità dell'intero sistema, con riferimento anche alla corretta definizione delle livellette e delle quote di progetto delle condotte;
 - la data dell'inizio dei lavori dovrà essere preventivamente notificata per iscritto dal direttore dei lavori, anche via telefax, all'ufficio tecnico dello scrivente Consorzio;
 - a lavori ultimati sarà cura del direttore dei lavori trasmettere allo scrivente unitamente alla comunicazione di ultimazione lavori una dichiarazione attestante la conformità degli stessi al progetto depositato e alle prescrizioni impartite con la presente; si evidenzia infine che pur riservandosi lo scrivente Consorzio la facoltà di eseguire controlli a campione sugli interventi di nuova urbanizzazione realizzati, rimane in capo all'Amministrazione che legge per conoscenza la verifica nei modi opportuni, anche tramite Collaudo o Certificazione della Regolare Esecuzione emesso a cura di tecnico abilitato, della corretta realizzazione delle opere in conformità al progetto approvato e alle disposizioni del presente parere.

Resta inoltre inteso che:

- relativamente ai bacini di laminazione lo scrivente Consorzio ritiene di non dover entrare nel merito né della tipologia progettuale scelta, né della localizzazione degli stessi, rimandando all'Amministrazione Comunale che legge per conoscenza ogni espressione in merito;
- la gestione, la periodica manutenzione ordinaria e pulizia della rete e dei manufatti, saranno a completo carico della Ditta intestataria dei lavori o dei futuri aventi diritto, quale anche l'Amministrazione alla quale saranno cedute le opere;
- nessun onere o responsabilità potranno essere imputati al Consorzio di bonifica per danni che dovessero verificarsi, anche verso terzi, nel corso dell'esecuzione o anche successivamente a causa dei lavori;
- il presente parere viene emesso in riferimento all'applicazione di adeguati criteri di tutela del territorio sotto il punto di vista idraulico e non costituisce garanzia di corretta progettazione e di funzionamento del sistema, la cui responsabilità viene rimessa al progettista dell'intervento;
- il progettista si fa garante che la redazione degli elaborati è stata sviluppata nel rispetto delle normative tecniche vigenti e secondo le buone regole della progettazione;
- il progettista dovrà verificare la compatibilità delle quote degli allacciamenti alla rete principale di raccolta con quella dei livelli di massimo invaso e predisporre gli eventuali

Sede legale: VIA ROVERETO, 12 - 30174 VENEZIA - COD. FISC. 94072730271

Web: www.acquerisorgive.it - E-Mail: consorzio@acquerisorgive.it

Unità locale di Venezia

Via Rovereto, 12 - 30174 VENEZIA (VE)

Telefono 041 5459111 - Telefax 041 5459262

Chiamate di emergenza 3357489972

Unità locale di Mirano

Via G. Marconi, 11 - 30035 - MIRANO (VE)

Telefono 041 5790311 - Telefax 041 5790350

Chiamate di emergenza 3486015269

- opportuni accorgimenti (quali ad esempio adeguate valvole di non ritorno sulle linee di allacciamento, o altro ritenuto opportuno) per garantire la sicurezza idraulica dell'area;
- eventuali variazioni del progetto già approvato o difformità da quanto sopra indicato dovranno essere comunicate e approvate da questo Consorzio;
 - la mancata osservanza delle condizioni sopra elencate o la difformità dei lavori da quanto previsto nel progetto depositato comporteranno l'immediata decadenza del presente parere;
 - i lavori di cui al progetto depositato dovranno iniziare entro un anno a decorrere dalla data di emissione del presente parere, la cui validità sarà da ritenersi decaduta oltre tale termine se non prorogata previa specifica richiesta, riservandosi questo Consorzio la possibilità di imporre nuove condizioni o richiedere modifiche al progetto presentato;
 - il presente parere non costituisce nulla osta o autorizzazione relativamente alla gestione delle acque di prima pioggia; si richiama in merito il Piano di Tutela delle Acque approvato con D.C.R. n.107 del 5 novembre 2009 per ulteriori approfondimenti.

Si evidenzia come il dimensionamento della nuova rete di smaltimento delle acque meteoriche, dei relativi volumi di invaso e manufatti, sia stato redatto con lo scopo di limitare l'aggravio dell'esistente grado di rischio idraulico e presupponendo in condizioni di esercizio la piena efficienza delle nuove infrastrutture e la completa disponibilità dei volumi di invaso previsti. Tali condizioni al contorno possono essere in breve tempo disattese in assenza di una periodica manutenzione della nuova rete e dei relativi manufatti, la quale pertanto necessita di una adeguata programmazione e pianificazione anche sotto il punto di vista economico allo scopo di evitare disagi di carattere idraulico, soprattutto nei confronti del rischio indotto verso le aree contermini.

In allegato, per il richiedente, si restituisce copia degli elaborati depositati in data 04.08.2011 per l'istruttoria della pratica presso questo Consorzio, vistati nella parte relativa alla progettazione idraulica [Relazione, Tavv. 3 e 4].

Distinti saluti.



IL DIRETTORE

(ing. Carlo Bendoricchio)

Allegati: c.s.

UFFICIO TECNICO – Unità Locale di MIRANO
Capo Ufficio: ing. Michele Caffini
Comparto di Mirano - Collaboratore direttivo: ing. Piero Zanette
telefono 041-5790325 e-mail: p.zanette@acquerisorgive.it - 27 ottobre 2011
LM/CV - VENEZIA PdL C2RS-3 ing Baldo-1 (25070).doc

Sede legale: VIA ROVERETO, 12 - 30174 VENEZIA - COD. FISC. 94072730271

Web: www.acquerisorgive.it – E-Mail: consorzio@acquerisorgive.it

Unità locale di Venezia
Via Rovereto, 12 – 30174 VENEZIA (VE)
Telefono 041 5459111 – Telefax 041 5459262
Chiamate di emergenza 3357489972

Unità locale di Mirano
Via G. Marconi, 11 - 30035 - MIRANO (VE)
Telefono 041 5790311 - Telefax 041 5790350
Chiamate di emergenza 3486015269

Consorzio di Bonifica Acque Risorgive

Committenti:

Bobbo Maria, Bobbo Renato, Casaverde Srl, Crepaldi Lorenzo, Scatto Fiorella

Piano di lottizzazione di iniziativa privata in Z.T.O.
C2RS - 3 in Via degli Olmi a Marghera (VE)

ALLEGATO:

A

Relazione Idraulica

ELENCO ALLEGATI:

- A Relazione idraulica
- B Relazione del modello di calcolo
- 1 varie Inquadramento territoriale
- 2 1:500 Tavola comparativa
- 3 1:500 Planimetria rete acque meteoriche
- 4 varie Profili, sezioni e particolari del manufatto

CONSORZIO DI BONIFICA
"ACQUE RISORGIVE"
VENEZIA

ALLEGATO AL PARERE N. REP. 1142
IN DATA - 7 NOV. 2011

IL DIRETTORE

PROGETTISTA PER L'INVARIANZA IDRAULICA:

Presidente e Direttore Tecnico:
Ing. Giuseppe Baldo



Via delle Industrie, 18/A - 30038 Spinea (VE)
P.IVA C.F. e Reg. Imprese VE: 03913010272
Tel. 041 8221863
Fax 041 8221864
Web: www.aequaeng.com
Email: info@aequaeng.com

Collaboratori:

Ing. Enrico Duprè
Dott. Marco Liso
Dott. Francesco Guidolin
Ing. Michele Rampado



PROGETTISTI ARCHITETTONICI:

Arch. Lorenzo Crepaldi
Studio di Architettura Archistudio
Piazzale Giovannacci 5/A
30175 Marghera Ve
tel/fax 041.924150

RICEVUTO 04 AGO. 2011

REV. N°:

PERCORSO DIGITALE:

...\\dat\Progetti in corso 2\PS11_B-Crepaldi\PS11_B-working

DATA:

Agosto 2011

INDICE

1	Premessa	3
2	Inquadramento metodologico	6
3	Verifica del rispetto dei limiti imposti	7
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	Identificazione delle zone omogenee ai fini della curva di crescita	17
5.1.2	Calcolo della grandezza indice caratteristica di ciascuna stazione	17
5.1.3	Regolarizzazione dei campioni normalizzati e stima delle curve di crescita	18
5.1.4	Valutazione dell'omogeneità dell'area con il test H	19
5.1.5	Analisi della distribuzione spaziale delle medie dei massimi annuali	20
6	Calcolo delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento	21
6.1	Curve segnalatrici a tre parametri per sottoaree omogenee	21
6.1.1	Attribuzione delle curve segnalatrici ai territori comunali	22
6.1.2	Curve segnalatrici per la zona costiera e lagunare (ipotesi B)	25
6.2	Curve segnalatrici a due parametri e loro utilizzo	26
6.3	Determinazione di pluviogrammi di progetto	27
7	Descrizione dello stato di fatto	28

8	Analisi dello stato di progetto, determinazione del coefficiente di deflusso.....	29
9	Calcolo dei volumi da rendere disponibili per la laminazione ...	33
10	Individuazione dei volumi di laminazione e dello scarico delle acque bianche	40
10.1	Volume di invaso in tubazioni	41
10.2	Volume di invaso in bacino di laminazione	41
11	Descrizione del manufatto di regolazione.....	42
12	Prescrizioni ai sensi delle Ordinanze del Commissario Delegato (O.P.C.M. 3621 del 18.10.2007)	45
13	Sintesi della valutazione	46

1 Premessa

La presente relazione riguarda lo studio idrologico per la valutazione della compatibilità idraulica afferente al progetto "Piano di lottizzazione di iniziativa privata in Z.T.O. C2RS-3 Via degli Olmi a Marghera (Ve)", Comune di Venezia.

Il sito sul quale sarà realizzato l'intervento è posto nella zona ovest dell'abitato di Mestre, ed è individuato in Figura 1 sotto riportata, tratta dal sito maps.google.com.



Figura 1. Inquadramento geografico (www.maps.google.com)

L'area è individuata catastalmente alla Sezione Chirignago, Foglio 9: mappali 8, 973, 974, 984, 986, 1422, 1423.

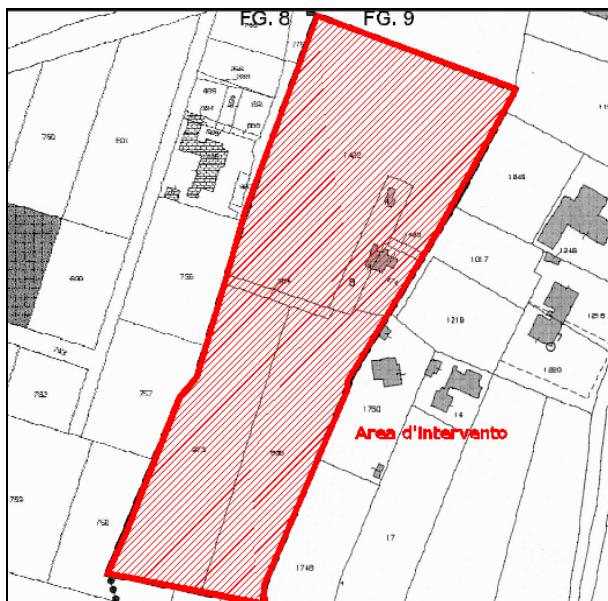


Figura 2. Estratto catastale (in rosso l'ambito di intervento).

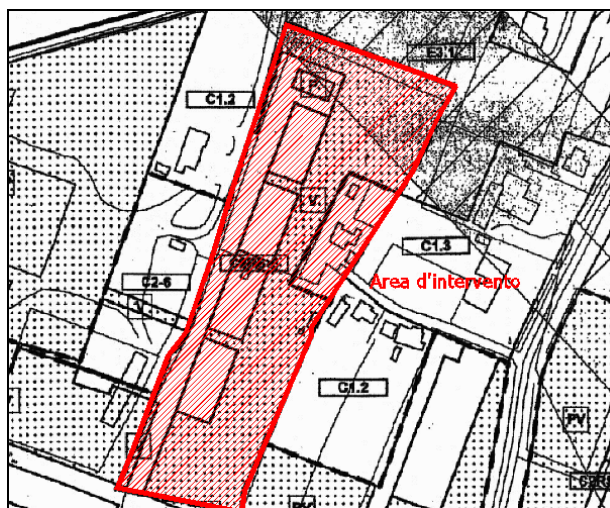


Figura 3. Estratto dalla Variante al PRG per l'Area Significativa di Villabona (in rosso l'ambito di intervento).

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 recente Ordinanza n.3 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.

Secondo tale ordinanza, per interventi relativi a nuova edificazione di volumetria superiore a 1000 mc, o comunque comportanti una riduzione della superficie di pertinenza superiore a metri quadrati 200, deve essere predisposta una verifica di compatibilità idraulica del progetto.

Per interventi di volumetria inferiore a 2000 mc, o comunque comportanti una riduzione della superficie permeabile di pertinenza superiore ai 200 mq ma inferiore ai 1000 mq, non è richiesto il parere favorevole del Consorzio di Bonifica competente, purché, nell'ambito della verifica di compatibilità idraulica, siano previsti sistemi idonei al trattenimento delle acque piovane gravanti su superfici impermeabili di pertinenza del lotto edificato, per il tempo necessario a consentire un regolare smaltimento nella rete fognaria. Diversamente per volumetrie maggiori a 2000 mc o impermeabilizzazioni superiori a 200 mq è necessario anche un'espressione di parere da parte del Consorzio.

Nei successivi paragrafi saranno calcolati i volumi di nuova edificazione e l'aumento di area impermeabile al fine di valutare l'iter approvativo della presente valutazione.

2 Inquadramento metodologico

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

- a) verifica del superamento dei limiti imposti e della 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 ricetrice.

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. Alvisè 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 impermeabilizzata, nonché dei volumi complessivi costituenti gli edificati di progetto; si sottolinea che quest'analisi viene condotta sulla base unicamente di quello che sarà lo stato di progetto, essendo la superficie dello stato di fatto precedente all'intervento per la quasi totalità a verde.

Per quanto riguarda la valutazione delle superfici, vengono applicati dei coefficienti correttivi secondo indicazioni dei tecnici istruttori del Comune di Venezia:

- a) in particolare, in questa prima fase, verrà moltiplicata per 1 l'intera estensione corrispondente a porzioni non permeabili;
- b) verrà moltiplicato per 0 l'area a verde, considerandola pertanto in prima approssimazione completamente permeabili;
- c) verranno valutati caso per caso i valori dei coefficienti da applicarsi nel caso di superfici parzialmente permeabili.

Come accennato, per quanto riguarda lo stato di fatto viene considerato un ammontare di 0 mq di superficie impermeabile, essendo la superficie quasi completamente permeabile; per quanto riguarda lo stato di progetto, la distinta delle superfici viene riportata nella seguente Tabella 1.

Tabella 1. Analisi preliminare; stato di progetto.

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	Φ
impermeabile edifici e strade private	5012,00	1,00
impermeabile strade pubbliche	1428,00	1,00
semipermeabile parcheggi primari (escluso aiuole e parcheggi disabili)	178,00	1,00
semipermeabile parcheggi secondari (escluso aiuole)+parcheggi privati	1210,00	0,40
impermeabile pedonale + parcheggi disabili + isola ecologica	492,00	1,00
impermeabile ciclopedonale	505,00	1,00
verde esterni	7515,00	0,00
verde lotti	3090,00	0,00
Totale area	19430,00	0,42

L'impermeabilizzazione progettuale corrisponde ad un totale di 8099 mq.

Il rispetto delle 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”*, prevede quindi in questo caso lo sviluppo di uno studio di compatibilità idraulica, essendo superato sicuramente almeno il limite di superficie impermeabile. All'interno di tale studio è richiesto inoltre il parere del Consorzio di Bonifica competente.

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:

- 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;
- 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;
- 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;
- 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:

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

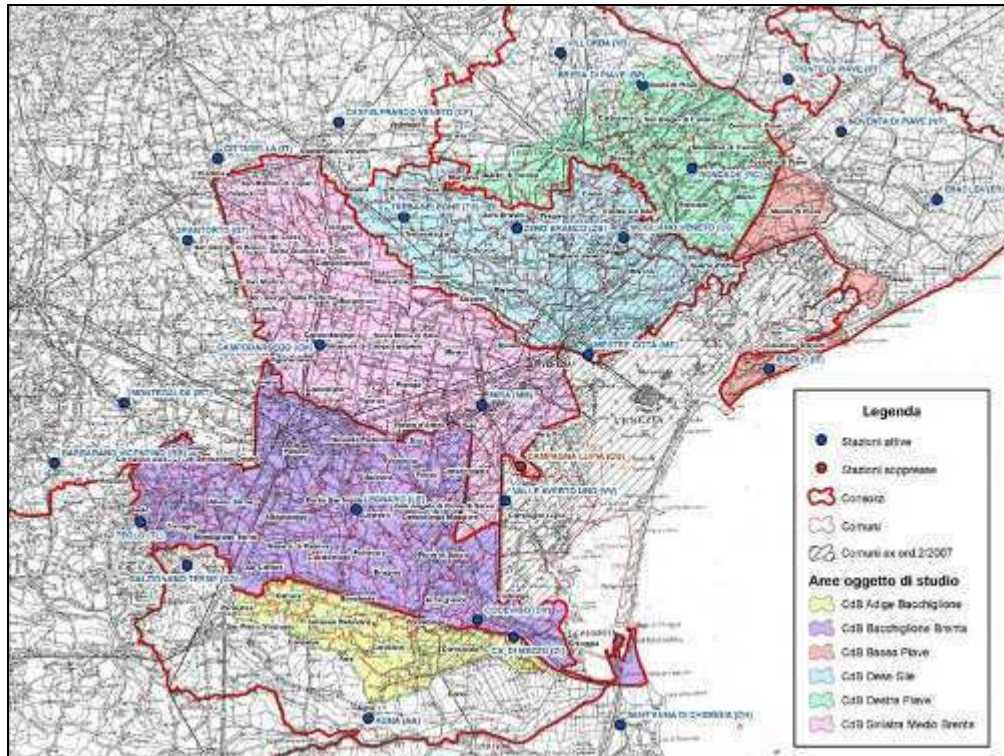


Figura 4. Planimetria dell'area oggetto di studio e delle stazioni CMT considerate.

Tabella 2. 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
BARBARANO 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	02-02-1992	16
GRANTORTO (GT)	31	1714510	5052620	01-12-1991	16
CITTADELLA (IT)	56	1717457	5060787	01-09-1991	15
CAMPODARSEGO (CM)	15	1727668	5042147	03-02-1992	16
CASTELFRANCO VENETO (CF)	50	1729544	5064403	01-09-1989	17
LEGNARO (LE)	8	1731313	5025746	01-07-1991	16
AGNA (AA)	2	1732493	5004900	02-02-1992	16
TREBASELEGHE (TS)	23	1736009	5054940	11-07-1995	12
CODEVIGO (DV)	0	1743376	5014703	01-02-1992	16
MIRA (MM)	5	1743834	5036139	01-02-1992	16
VALLE AVERTO UNO (VV)	0	1746144	5026586	17-10-1997	15
CA' DI MEZZO (DI)	6	1746929	5012991	20-06-1996	11
ZERO BRANCO (ZB)	12	1747270	5053799	01-02-1992	16
CAMPAGNA LUPIA (CU)	1	1747842	5030045	13-08-1991	- ³
VILLORBA (VB)	41	1751640	5071317	01-02-1992	16
MESTRE CITTÀ (ME)	30	1754337	5041162	28-08-1987	17
SANTANNA 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.

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 3

Tabella 3. 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 Identificazione delle zone omogenee ai fini della curva di crescita

Come zona omogenea ai fini della regionalizzazione è stato considerato l'intero ambito di analisi. Si ritiene infatti che per dimensioni e per caratteristiche morfologiche l'intera pianura veneta possa costituire un'area di caratteristiche pluviometriche simili.

5.1.2 Calcolo della grandezza indice caratteristica di ciascuna stazione

Come specificato in Tabella 3, 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. I valori sono riportati in Tabella 4

Tabella 4. Valori medi dei massimi annui per le durate oggetto di studio.

Stazione	N° dati	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
AGNA (AA)	16	8.4	14.3	19.2	26.8	30.1	32.0	38.9	44.4	50.1	55.7
BARBARANO 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-VV)	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 (GT)	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	22.8	32.5	36.6	38.3	44.3	53.4	61.2	68.8
MESTRE CITTÀ (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
MONTEGALDA (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	61.8	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
Totale complessivo		10.1	16.9	21.4	29.4	33.5	36.2	46.6	54.6	63.5	75.7

5.1.3 Regolarizzazione dei campioni normalizzati e 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 5. 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 5, mentre in Tabella 6 si riportano i risultati per alcuni tempi di ritorno significativi.

Tabella 6. 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	0.960	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

5.1.4 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 7.

Tabella 7. 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	$1.126 \cdot 10^{-3}$	$0.951 \cdot 10^{-3}$	$0.264 \cdot 10^{-3}$	0.668
15 minuti	$1.345 \cdot 10^{-3}$	$1.205 \cdot 10^{-3}$	$0.349 \cdot 10^{-3}$	0.400
30 minuti	$1.582 \cdot 10^{-3}$	$1.832 \cdot 10^{-3}$	$0.582 \cdot 10^{-3}$	-0.484
45 minuti	$1.417 \cdot 10^{-3}$	$1.736 \cdot 10^{-3}$	$0.497 \cdot 10^{-3}$	-0.842
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

5.1.5 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, lesolo, 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.

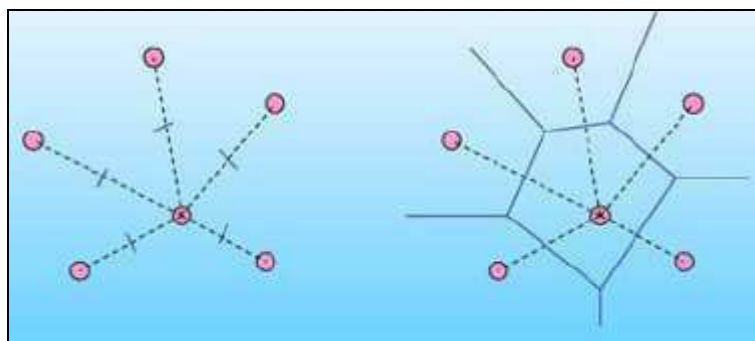


Figura 5. Metodo di costruzione dei poligoni di Thiessen a partire da un insieme di punti.

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 6 è rappresentato il risultato della ripartizione con riferimento all'ipotesi B (stazione di Mira assegnata al cluster costiero) di definizione delle zone omogenee.

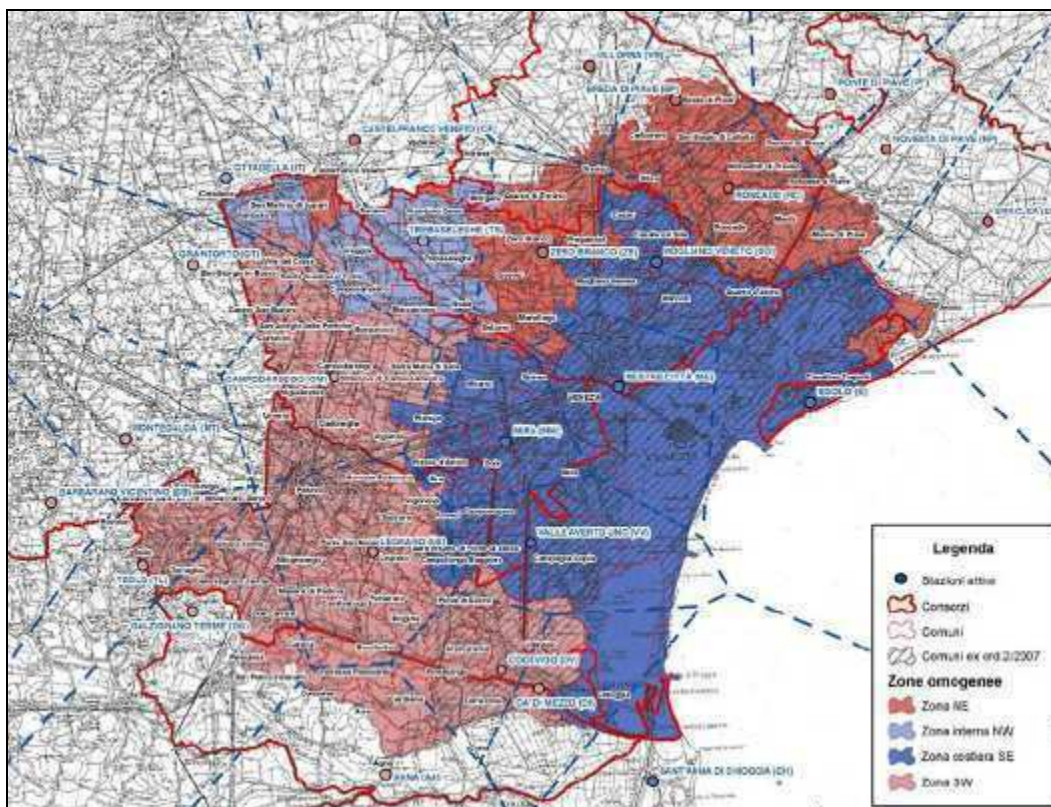


Figura 6. Possibile ripartizione dei comuni tra le quattro zone omogenee individuate dall'ipotesi B.

Tabella 8. 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 Croce, Codevigo, Conselve, Correzzola, Curtarolo, Due Carrare, Legnaro, Limena, Masera' di Padova, Montegrotto Terme, Noventa Padovana, 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, Chiozza, Dolo, 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 Martino 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, Veduggio, Zenson di Piave, Zero Branco	Fossalta di Piave, Jesolo, Martellago, Meolo, Musile di Piave, Salzano, Scorze'

6.1.2 Curve segnalatrici per la zona costiera e lagunare (ipotesi B)

Stazioni: Sant'Anna di Chioggia (CH), Iesolo (IE), Mestre (ME), Mogliano Veneto (OG), Valle Averso (VV), Mira (MM)

Grandezze indice:

Durata (min)	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
h	10.022	16.906	21.553	30.249	35.020	38.236	51.389	61.443	70.688	81.369

Valori attesi di precipitazione:

T (anni)	durata (min)									
	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
2	9.7	16.3	20.7	28.7	33.0	35.9	47.5	56.5	65.1	74.4
5	12.2	20.7	26.5	37.5	43.5	47.5	64.1	76.3	87.4	100.7
10	13.7	23.5	30.2	43.4	50.6	55.4	75.8	90.7	103.6	120.1
20	15.2	28.0	33.6	48.9	57.4	63.1	87.7	105.5	120.3	140.5
30	16.0	27.4	35.5	52.1	61.3	67.6	94.9	114.6	130.5	153.1
50	17.0	29.0	37.9	56.0	66.3	73.3	104.1	126.4	143.9	169.7
100	18.3	31.2	41.0	61.3	73.0	81.1	117.2	143.3	163.0	193.8
200	19.5	33.3	44.0	66.6	79.7	89.0	130.9	161.4	183.4	220.0

Parametri della curva segnalatrice:

T	a	b	c
2	20.3	12.0	0.821
5	27.2	13.5	0.820
10	31.4	14.4	0.816
20	35.2	15.3	0.809
30	37.2	15.8	0.805
50	39.7	16.4	0.800
100	42.8	17.3	0.791
200	45.6	18.2	0.783

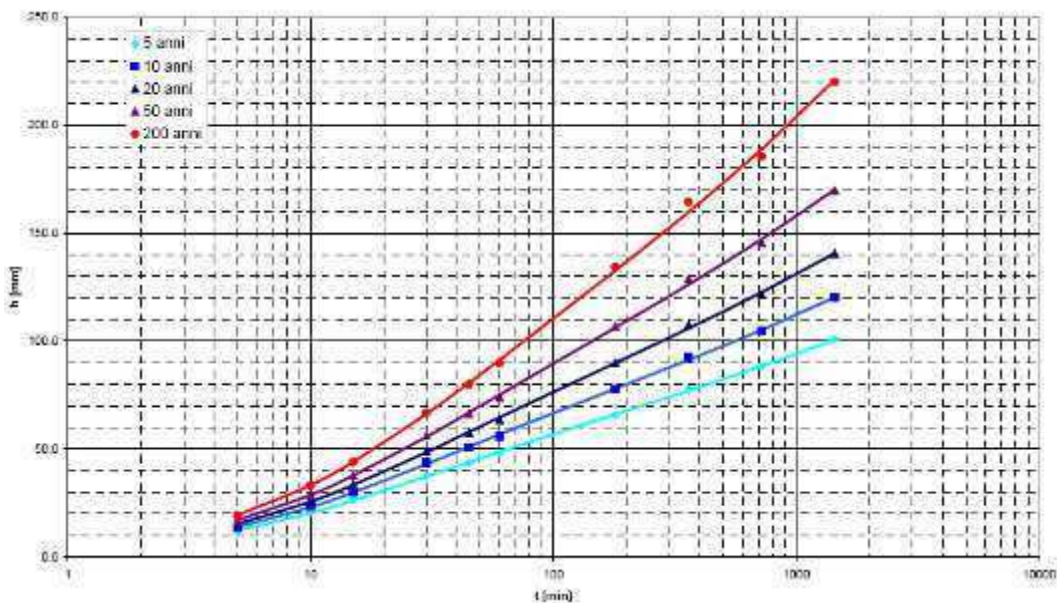


Figura 7. Curve segnalatrici a tre parametri

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 costiera-lagunare con 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	4.3	0.554	5.9%	6.1	0.441	2.9%	9.1	0.328	4.5%	11.8	0.287	1.2%	13.1	0.247	1.1%	14.2	0.230	1.5%
5	5.2	0.576	5.8%	7.4	0.465	3.0%	11.1	0.348	4.8%	14.8	0.281	1.4%	16.8	0.254	1.5%	18.5	0.236	1.8%
10	5.7	0.590	5.6%	8.0	0.482	3.1%	12.1	0.363	4.9%	16.4	0.293	1.5%	18.9	0.263	1.8%	21.1	0.242	2.1%
20	6.2	0.603	5.4%	8.5	0.499	3.1%	13.0	0.378	5.0%	17.7	0.308	1.6%	20.7	0.272	2.1%	23.4	0.250	2.4%
30	6.4	0.610	5.2%	8.8	0.508	3.1%	13.4	0.387	5.0%	18.4	0.313	1.7%	21.7	0.278	2.3%	24.6	0.255	2.6%
50	6.7	0.619	5.0%	9.1	0.520	3.1%	13.8	0.399	5.0%	19.1	0.324	1.7%	22.8	0.286	2.5%	26.0	0.261	2.8%
100	7.0	0.630	4.8%	9.4	0.536	3.1%	14.3	0.415	5.1%	19.9	0.338	1.8%	24.1	0.297	2.9%	27.8	0.271	3.1%
200	7.3	0.642	4.5%	9.7	0.562	3.1%	14.7	0.431	5.1%	20.6	0.353	1.8%	25.3	0.309	3.2%	29.5	0.280	3.4%

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 9. 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 SE.

TEMPO DI PIOGGIA	ALTEZZA DI PRECIPITAZIONE	INTENSITA'
minuti	millimetri	millimetri/ora
5	17,12	205
15	37,79	151
30	55,30	111
45	66,29	88
60	74,21	74
90	85,40	57
120	93,35	47
150	99,53	40
180	104,60	35

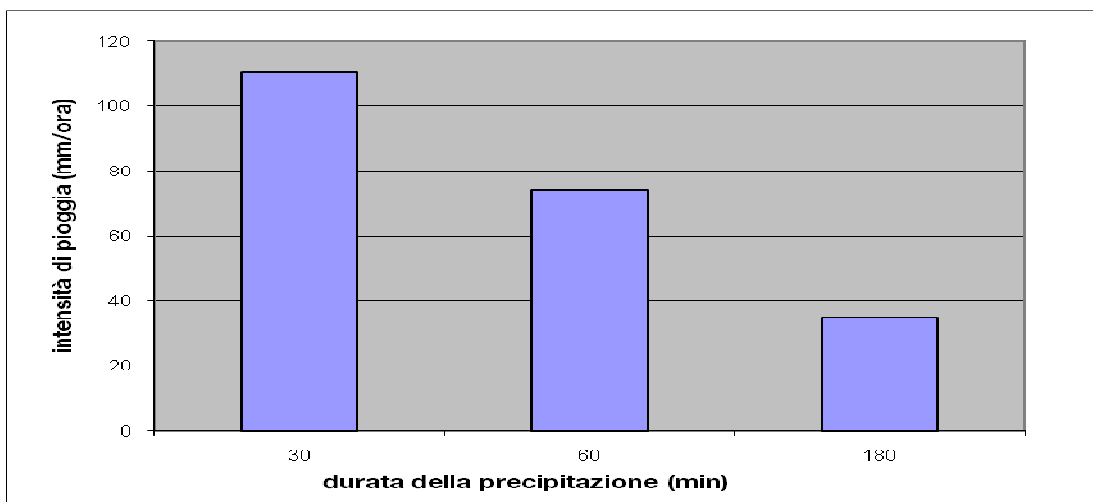


Figura 8. Ietogrammi rettangolari relativi a piogge di durata rispettivamente di 180, 60 e 30 minuti caratterizzate da un tempo di ritorno di 50 anni, per la zona omogenea SE.

7 Descrizione dello stato di fatto

Il lotto in esame ha una superficie fondiaria di 19430 mq, ricoperta per la maggior parte da verde. Confina a nord e a sud con aree a verde, ad ovest con un piazzale deposito materiale ed aree a verde, ad est con aree residenziali ed altri spazi verdi. Il perimetro dell'area di intervento è indicato nella seguente immagine satellitare.

Da questa si può osservare che l'intera area risulta circondata da una rete di fossati perimetrali, i quali scaricano verso sud in direzione del fossato che scorre lungo di Via Villabona.



Figura 9. Zona di intervento (in rosso)

Secondo quanto suggerito dalla sopraccitata normativa, nel caso di terreno ricoperto a verde si adotta un coefficiente di deflusso medio pari a 0,2, caratteristico quindi di superfici permeabili.

Noto il coefficiente di deflusso medio, si è calcolata l'area efficace che contribuisce alla formazione della portata durante una precipitazione, come prodotto del coefficiente stesso e dell'area totale. L'area efficace risulta essere pari a 3886 mq.

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

Il progetto della lottizzazione prevede la realizzazione di una viabilità principale che si conclude con una rotonda su cui si innesta la strada privata di accesso ai lotti, in direzione sud-nord; la strada principale collega la presente lottizzazione a Via Villabona attraverso la lottizzazione confinante a sud, la C2RS-2. L'area in esame sarà sostanzialmente divisa in due porzioni: la parte a nord ospiterà i lotti a destinazione residenziale, dotati di aree interne a verde, marciapiedi perimetrali, ed aree parcheggio private a raso e/o seminterrate. Lungo la strada principale di accesso sono previsti percorsi pedonali e ciclopedonali nonché aree a parcheggio in pavimentazione grigliata. La parte sud dell'area oggetto di intervento sarà invece un'area a verde di pubblica utilità: sarà attrezzata con alberature e fiancheggiata da viabilità ciclo-pedonale.

Le aree a verde in progetto, in parte pubbliche e in parte private, saranno estese per un totale circa (7515+3090) mq, incluse le superfici ricavate per la sistemazione della rete dei fossi perimetrali esistente. In tali aree si prevede il mantenimento della rete di fossati presente allo stato di fatto, fossati che in molti casi saranno oggetto di pulizia straordinaria e sistemazione. Come da accordi con il Consorzio di Bonifica Acque Risorgive è prevista la deviazione di un tratto della scolina attualmente esistente lungo il confine ovest; questa, anziché proseguire verso sud in direzione del Fossato di Villabona, verrà deviata verso ovest fino allo scarico con le sezioni più a monte dello stesso fossato, diretto a sua volta al Fosso 2. Il volume di riporto del terreno per la chiusura del tratto di scolina, sarà compensato dalla creazione di volumi di invaso all'interno della lottizzazione confinante, la C2RS-2.

Come sarà successivamente approfondito, i volumi di invaso saranno garantiti mediante la posa di una rete di tubazioni in calcestruzzo del diametro di 80 cm e dalla escavazione della fascia perimetrale ovest a sud della rotonda di accesso.



Figura 10. Stato di progetto: in magenta l'area di intervento

Per il calcolo dei massimi volumi da rendere disponibili per l'invaso delle maggiori portate generate dall'incremento di impermeabilizzazione del suolo, si è fatto riferimento alle metodologie di calcolo riportate nel paragrafo successivo mediante il coefficiente di afflusso medio ϕ .

La Tabella 10 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:

- All'area occupata dai due edifici, e comunque assimilabili a superfici impermeabili è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,9;
- All'area occupata da superfici semipermeabili è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,4;
- Alle restanti aree a verde è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0,2 ritenendo che queste siano totalmente permeabili e non essendo queste direttamente collegate alla rete di smaltimento acque meteoriche.

Tabella 10. tabella riassuntiva della configurazione di progetto dell'area, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di afflusso.

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile edifici e strade private	5012,00	0,9
impermeabile strade pubbliche	1428,00	0,9
semiperm parcheggi primari (escluso aiuole e parcheggi disabili)	178,00	0,9
semipermeabile parcheggi secondari (escluso aiuole)+parcheggi privati	1210,00	0,4
impermeabile pedonale + parcheggi disabili + isola ecologica	492,00	0,9
impermeabile ciclopedonale	505,00	0,9
verde esterni	7515,00	0,2
verde lotti	3090,00	0,2
Totale area	19430,00	0,49

L'impermeabilizzazione efficace dello stato di progetto risulta essere di 9458,50 mq mentre l'incremento di impermeabilizzazione rispetto allo stato di fatto sarà pari a 5572,5 mq.

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 11 rappresenta i volumi affluiti alla sezione di chiusura della rete di raccolta delle acque meteoriche. 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.

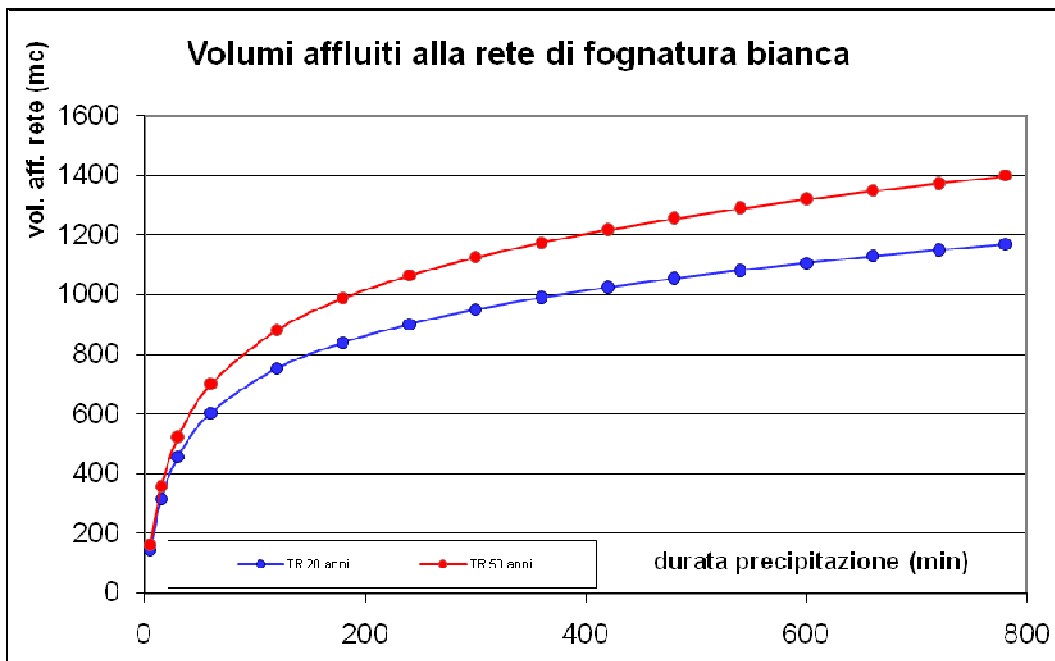


Figura 11. Volumi affluiti alla sezione di chiusura della rete di raccolta delle acque meteoriche per tempi di ritorno di 20 e 50 anni e per durate di pioggia crescenti da 5 minuti a 13 ore.

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 idrografia 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 inferiore a quella che l'area scarica attualmente si ammette di scaricare una portata specifica di 2 l/s, ha, per un totale di 3,89 l/s.

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 I 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 consentita allo scarico</i>	$Q=3.89 \text{ l/s}$
<i>durata critica</i>	$t=25 \text{ ore}$
<i>massimo volume di invaso</i>	$V=1257,76 \text{ mc}$
<i>volume di invaso specifico</i>	$v=647 \text{ mc/ha}$

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 25 ore circa.

Tabella 11. 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
60	1,00	74,21	702	14	688	354
120	2,00	93,35	883	28	855	440
300	5,00	119,05	1126	70	1056	544
600	10,00	139,65	1321	140	1181	608
900	15,00	152,53	1443	210	1233	635
1080	18,00	158,58	1500	252	1248	642
1200	20,00	162,15	1534	280	1254	645
1320	22,00	165,43	1565	308	1257	647
1500	25,00	169,91	1607	350	1257	647
1560	26,00	171,31	1620	364	1257	647
1800	30,00	176,48	1669	420	1250	643
2100	35,00	182,19	1723	490	1234	635

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, e se ne è fatta la differenza con un idrogramma di uscita caratterizzato da portata costante pari a 3,89 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 ($t_c=20$ 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.

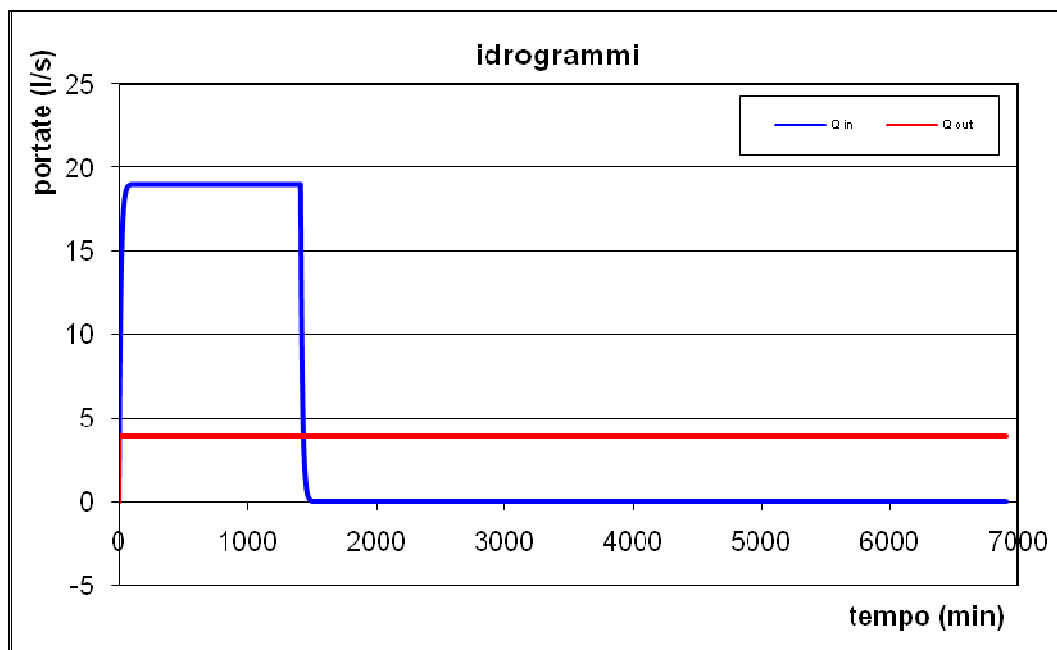


Figura 12. Grafico riassuntivo della configurazione di progetto. La linea blu rappresenta l'idrogramma in ingresso al sistema di laminazione, la linea rosso il massimo idrogramma accettabile allo scarico.

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 2 l/s, ha rappresenta il volume di invaso da rendere disponibile. Tale volume viene rappresentato nella seguente Figura 13 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 1272,86 mc.

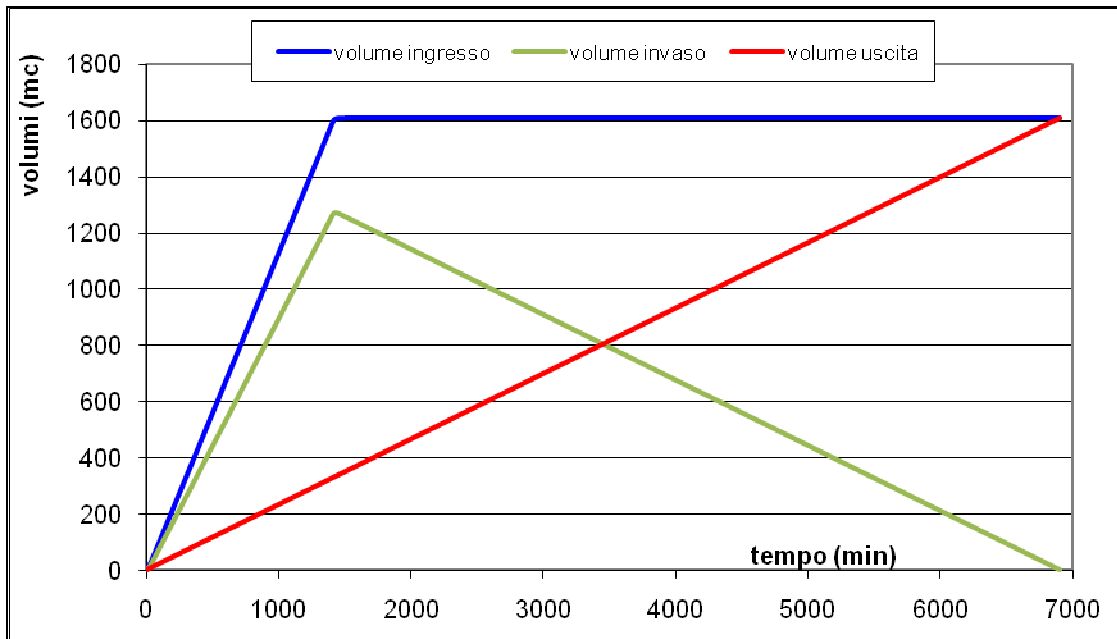


Figura 13. Andamento dei volumi: ingresso (linea blu); in uscita (linea rossa); invasato (linea verde).

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 1 ora e le 24 ore.

Volendo porsi quindi a favore di sicurezza, risulta conveniente adottare come base progettuale i valori forniti da quest'ultimo modello matematico; questo infatti fissa a 1272,86 mc il massimo volume di invasato necessario ai fini della laminazione della portata meteorica, per eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni.

10 Individuazione dei volumi di laminazione e dello scarico delle acque bianche

I volumi necessari alla laminazione pari a 1272,86 mc verranno realizzati all'interno della lottizzazione grazie alla realizzazione di un sistema di invaso costituito da una rete di tubi prefabbricati in calcestruzzo, unitamente ad un bacino di invaso a cielo aperto – da realizzare su area di proprietà privata dei lottizzanti recintata con staccionata in legno dotata di cancelli per consentire la manutenzione dell'invaso stesso - posto lungo la viabilità di accesso nella porzione centrale ovest del lotto in esame.

La linea di condotte prefabbricate in calcestruzzo avrà una lunghezza complessiva di 154 metri ed un diametro \varnothing 80 cm con pendenza 0,1%. Essa sarà posta in asse della strada principale e della strada privata di accesso ai lotti e raccoglierà le portate in arrivo dai lotti privati, dai piazzali e dalle aree di parcheggio, e dalla viabilità stradale, pedonale e ciclopedonale.

La linea di condotte scaricherà in una bassura di nuova realizzazione, sviluppata in lunghezza per 108 m. Tale bacino – da realizzare su area di proprietà privata dei lottizzanti recintata con staccionata in legno dotata di cancelli per consentire la manutenzione dell'invaso stesso - avrà profondità media di 1,60 m sul piano campagna e un'area di ingombro di 1340 mq. Le sponde sono previste con pendenza 1:1,5.

A valle della rete di invaso è presente un manufatto di laminazione che va a scaricare la portata laminata nel fossato presente lungo il confine ovest del lotto diretto a sua volta verso il fossato che costituisce il confine ovest del lotto adiacente C2RS-2.

Si osserva che la quota di massimo invaso è stata fissata a -0,50 m dal piano campagna, posto a quota 0,00 allo stato di progetto. Le condotte avranno un ricoprimento minimo di 60 cm dal piano campagna, dunque l'estradosso dei tubi avrà una quota variabile tra i -0,60 m e i -0,75 m. Si conclude che al massimo riempimento i tubi saranno in pressione. Tuttavia i carichi saranno assolutamente modesti (tra i 16 e i 32 cm) e saranno in ogni caso raggiunti in condizioni di massimo riempimento, evento che secondo le elaborazioni delle precipitazioni si raggiungerebbe per eventi caratterizzati da un tempo di ritorno di 50 anni. Per queste ragioni, è stato considerato un grado di riempimento pari al 100% per il calcolo dei volumi.

Il volume potenziale di invaso complessivo in tubazioni e bacino su area verde risulta essere pari a 1283,23 mc.

volume totale disponibile [mc]	1283,23
---------------------------------------	----------------

10.1 Volume di invaso in tubazioni

Tabella 12: volume in tubazioni

Verifica disponibilità di invaso		Volumi in condotta	
		Tronco1	L tot
lunghezza rete di pertinenza	ml	154	154
pendenza fondo	m/m	0,001	volume totale
D rete	m	0,8	
quota scorrimento fondo	m	-1,62	
altezza iniziale	m	0,760	
grado di riempimento medio	%	100%	
area liquida media	m ²	0,50	
volume in condotta	mc	77,41	77,41

10.2 Volume di invaso in bacino di laminazione

Tabella 13: volume invasabile in bacino a cielo aperto

bacino di invaso	
quota p.c [m]	0,00
quota media fondo [m]	-1,60
franco [m]	0,50
quota pelo libero [m]	-0,50
Sponde	2/3
H media [m]	1,60
h media [m]	1,10
b [m]	8,50
Bliq. [m]	11,80
Bp.c. [m]	13,30
A sezione di scavo [m ²]	17,44
A sezione liq. [m ²]	11,17
Lunghezza [m]	108,00
Volume di scavo [mc]	1883,52
Volume di invaso [mc]	1205,82

11 Descrizione del manufatto di regolazione

Da quanto detto in precedenza, la prima delle due reti sopradescritte terminerà con un tubo in cls prefabbricato da 80 cm di diametro che condurrà al manufatto di regolazione delle portate. In questo caso la quota allo scorrimento del tubo sarà più profonda rispetto al fondo del fosso ricettore di scarico, che sarà la scolina oggetto di deviazione più a valle.

Sarà dunque necessaria la presenza di un impianto di sollevamento composto da almeno 2 pompe sommerse di svuotamento all'interno del pozzetto di laminazione: tali pompe saranno regolata per scaricare una portata massima complessiva pari a 3,89 l/s, corrispondenti ai 2 l/s,ha previsti dal Piano di Assetto del Territorio in vigore.

La rete di invaso scaricherà nella scolina a confine ovest dell'area di studio, la quale verrà deviata verso ovest fino allo scarico nel fosso di Via Villabona.

L'impianto di sollevamento fungerà da manufatto di controllo delle portate a servizio dei sistemi di invaso di cui è stata prevista la laminazione.

La Tabella 14 e la Figura 14 descrivono la scala delle portate del manufatto di regolazione evidenziando che per quote di invaso inferiori a -0,50 m sono attive solo le pompe di svuotamento che permettono di scaricare una portata massima di 3,89 l/s (con un coefficiente udometrico pari a 2 l/s,ha) mentre per quote superiori a -0,50 m si attiva lo sfioratore di troppo pieno costituito da due tubazioni in PVC del diametro di 315 mm inclinate al 0,2 %.

Tabella 14. Tabella riassuntiva della scala delle portate del manufatto di regolazione.

livello y (m)	portata pompe		troppo pieno		portata totale
	Q (mc/s)	Q (l/s)	Q (mc/s)	Q (l/s)	Q (l/s)
-1,63	0,0039	3,89	0,00	0,00	3,89
-1,5	0,0039	3,89	0,00	0,00	3,89
-1,2	0,0039	3,89	0,00	0,00	3,89
-1	0,0039	3,89	0,00	0,00	3,89
-0,7	0,0039	3,89	0,00	0,00	3,89
-0,6	0,0039	3,89	0,00	0,00	3,89
-0,5	0,0039	3,89	0,00	0,00	3,89
-0,4	0,0039	3,89	0,0267	26,70	30,59
-0,3	0,0039	3,89	0,09253	92,53	96,42
-0,25	0,0039	3,89	0,12355	123,55	127,44
-0,2	0,0039	3,89	0,13754	137,54	141,43

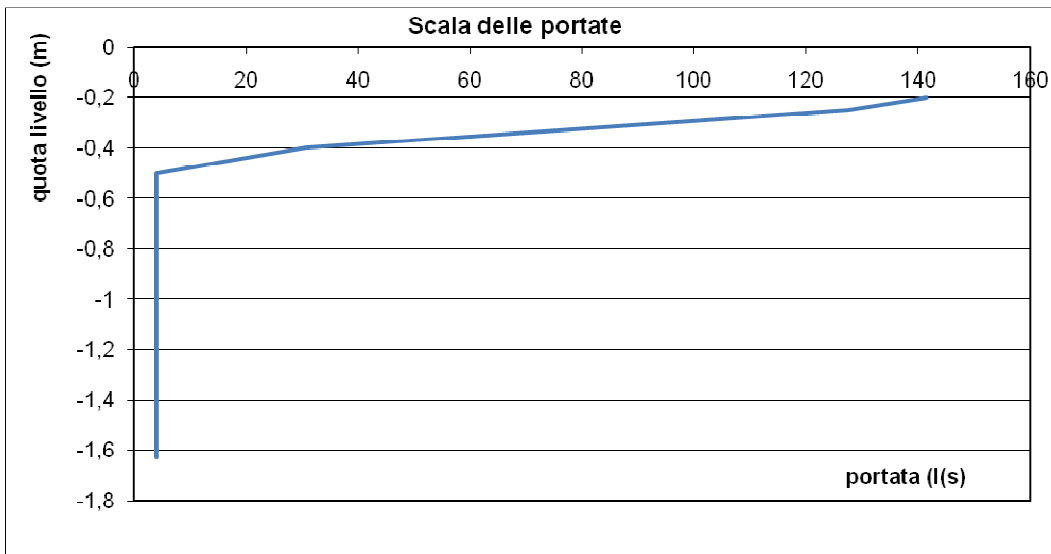


Figura 14. Scala delle portate scaricate dal manufatto di regolazione.

Nel caso in cui si verificassero successivi eventi di precipitazione particolarmente intensi e i volumi della rete fossero già completamente invasati, le due tubazioni da 315 mm del manufatto di regolazione sono in grado di smaltire efficientemente la portata media generata con una precipitazione avente un tempo di ritorno di 50 anni e una durata pari al tempo di corrivazione. Tale deflusso, riportato in Figura 15 non risente del beneficio degli invasi, quindi non è laminato e risulta pari a 74 l/s

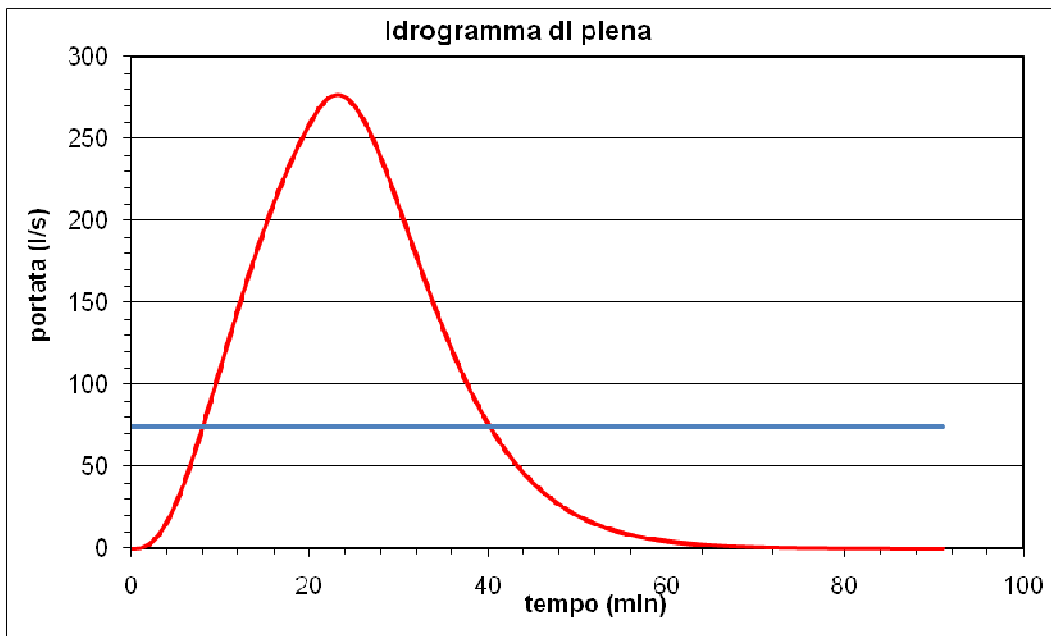


Figura 15. Onda di piena della configurazione di progetto per un TR50 e una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione.

Per la costruzione del precedente grafico 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 i 5 minuti e i 45 minuti.

Entrambi i tubi termineranno con valvola a clapet di non ritorno per garantire la difesa da eventuali fenomeni di rigurgito in caso di temporaneo riempimento dello scolo ricettore.

12 Prescrizioni ai sensi delle Ordinanze del Commissario Delegato (O.P.C.M. 3621 del 18.10.2007)

In sede di realizzazione dovranno essere inoltre adottate tutte le misure volte alla difesa degli edifici. In particolare:

- Le quote d'imposta degli interventi edilizi ed urbanistici non debbono comportare limitazioni alla capacità di deflusso delle acque dei terreni circostanti, né produrre una riduzione del volume di invaso preesistente.
- Il calpestio del piano terra dell'edificio di nuova costruzione deve essere fissato ad una quota adeguata rispetto alla strada in modo tale da non consentire l'ingresso delle acque di possibili allagamenti interessanti le aree esterne.
- le opere interrato saranno dotate di impianti di sollevamento, di adeguati sistemi di drenaggio e impermeabilizzazione e di tutti gli accorgimenti necessari a garantirne l'impermeabilità rispetto alle infiltrazioni della falda e alla immissione di eventuali acque esterne.
- Il direttore lavori è tenuto ad accertare l'avvenuta realizzazione di quanto previsto e prescritto a salvaguardia delle condizioni di invarianza idraulica, secondo quanto disposto dalle norme vigenti.
- Le cabine degli impianti elettrici devono essere collocate al di sopra del piano campagna, fuori da avvallamenti e/o abbassamenti dello stesso, e comunque in una posizione che ne garantisca la funzionalità anche in caso di fenomeni di allagamento;
- Il titolare, ai fini dell'ottenimento degli atti abilitativi, deve sottoscrivere a favore del Comune, della Provincia, della Regione del Veneto, del Consorzio di Bonifica competente per territorio, della Presidenza del Consiglio dei Ministri e a Enti e Società ai quali compete la gestione delle reti di smaltimento delle acque meteoriche, un Atto d'obbligo con il quale rinuncia a pretese di risarcimento danni in caso di allagamento di locali interrati.

13 Sintesi della valutazione

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	Φ
impermeabile edifici e strade private	5012,00	0,9
impermeabile strade pubbliche	1428,00	0,9
semiperm parcheggi primari (escluso aiuole e parcheggi disabili)	178,00	0,9
semipermeabile parcheggi secondari (escluso aiuole)+parcheggi privati	1210,00	0,4
impermeabile pedonale + parcheggi disabili + isola ecologica	492,00	0,9
impermeabile ciclopedonale	505,00	0,9
verde esterni	7515,00	0,2
verde lotti	3090,00	0,2
Totale area	19430,00	0,49

Individuazione dei volumi di invaso:

Verifica disponibilità di invaso		Volumi in condotta	
		Tronco1	L tot
lunghezza rete di pertinenza	ml	154	volume totale
pendenza fondo	m/m	0,001	
D rete	m	0,8	
quota scorrimento fondo	m	-1,62	
altezza iniziale	m	0,760	
grado di riempimento medio	%	100%	
area liquida media	mq	0,50	
volume in condotta	mc	77,41	77,41

bacino di invaso	
quota p.c [m]	0,00
quota media fondo [m]	-1,60
franco [m]	0,50
quota pelo libero [m]	-0,50
Sponde	2/3
H media [m]	1,60
h media [m]	1,10
b [m]	8,50
Bliq. [m]	11,80
Bp.c. [m]	13,30
A sezione di scavo [mq]	17,44
A sezione liq. [mq]	11,17
Lunghezza [m]	108,00
Volume di scavo [mc]	1883,52
Volume di invaso [mc]	1205,82

volume totale laminato [mc]	1283,23
------------------------------------	----------------

Recapito finale

Fossato perimetrale ovest che a valle sarà deviato verso il fossato parallelo a Via Villabona.

Consorzio di Bonifica Acque Risorgive

Committenti:

Bobbo Maria, Bobbo Renato, Casaverde Srl, Crepaldi Lorenzo, Scatto Fiorella

Piano di lottizzazione di iniziativa privata in Z.T.O.
C2RS - 3 in Via degli Olmi a Marghera (VE)

ALLEGATO:

3

Planimetria rete acque meteoriche

SCALA:

1:500

ELENCO ALLEGATI:

- A Relazione idraulica
- B Relazione del modello di calcolo
- 1 varie Inquadramento territoriale
- 2 1:500 Tavola comparativa
- 3 1:500 Planimetria rete acque meteoriche
- 4 varie Profili e particolari del manufatto

CONSORZIO DI BONIFICA
"ACQUE RISORGIVE"
VENEZIA

ALLEGATO AL PARERE N. RES. 111/2
IN DATA - 7 NOV. 2011

IL DIRETTORE

PROGETTISTA PER
L'INVARIANZA IDRAULICA:
Presidente e Direttore Tecnico:
Ing. Giuseppe Baldo



Via delle Industrie, 18/A - 30038 Spinea (VE)
Tel. 041 8221863
Fax 041 8221864
Web: www.ingbaldo.com
Email: info@ingbaldo.com

Collaboratori:

Ing. Enrico Duprè
Dott. Marco Lisso
Dott. Francesco Guidolin
Ing. Michele Rampado



PROGETTISTI ARCHITETTONICI:

Arch. Lorenzo Crepaldi
Studio di Architettura Archistudio
Piazzale Giovannacci 5/A
30175 Marghera Ve
tel/fax 041.924150

RICEVUTO 04 AGO, 2011

REV. N°:

PERCORSO DIGITALE:

...\dati\Progetti in corso 2\P511_B-Crepaldi\P511_B-working

DATA:

Agosto 2011

Piano di lottizzazione di iniziativa privata in Z.T.O.
C2RS - 3 in Via degli Olmi a Marghera (VE)

ALLEGATO:

3

Planimetria rete acque meteoriche

SCALA:

1:500

ELENCO ALLEGATI:

- A Relazione idraulica
- B Relazione del modello di calcolo
- 1 varie Inquadramento territoriale
- 2 1:500 Tavola comparativa
- 3 1:500 Planimetria rete acque meteoriche
- 4 varie Profili e particolari del manufatto

PROGETTISTA PER
L'INVARIANZA IDRAULICA:
Presidente e Direttore Tecnico:
Ing. Giuseppe Baldo

Collaboratori:

Ing. Enrico Duprè
Dott. Marco Lisso
Dott. Francesco Guidolin
Ing. Michele Rampado

PROGETTISTI ARCHITETTONICI:

Arch. Lorenzo Crepaldi
Studio di Architettura Archistudio
Piazzale Giovannacci 5/A
30175 Marghera Ve
tel/fax 041.924150



Via delle Industrie, 18/A - 30038 Spinea (VE)
Tel. 041 8221863
Fax 041 8221864
Web: www.ingbaldo.com
Email: info@ingbaldo.com

REV. N°:

PERCORSO DIGITALE:

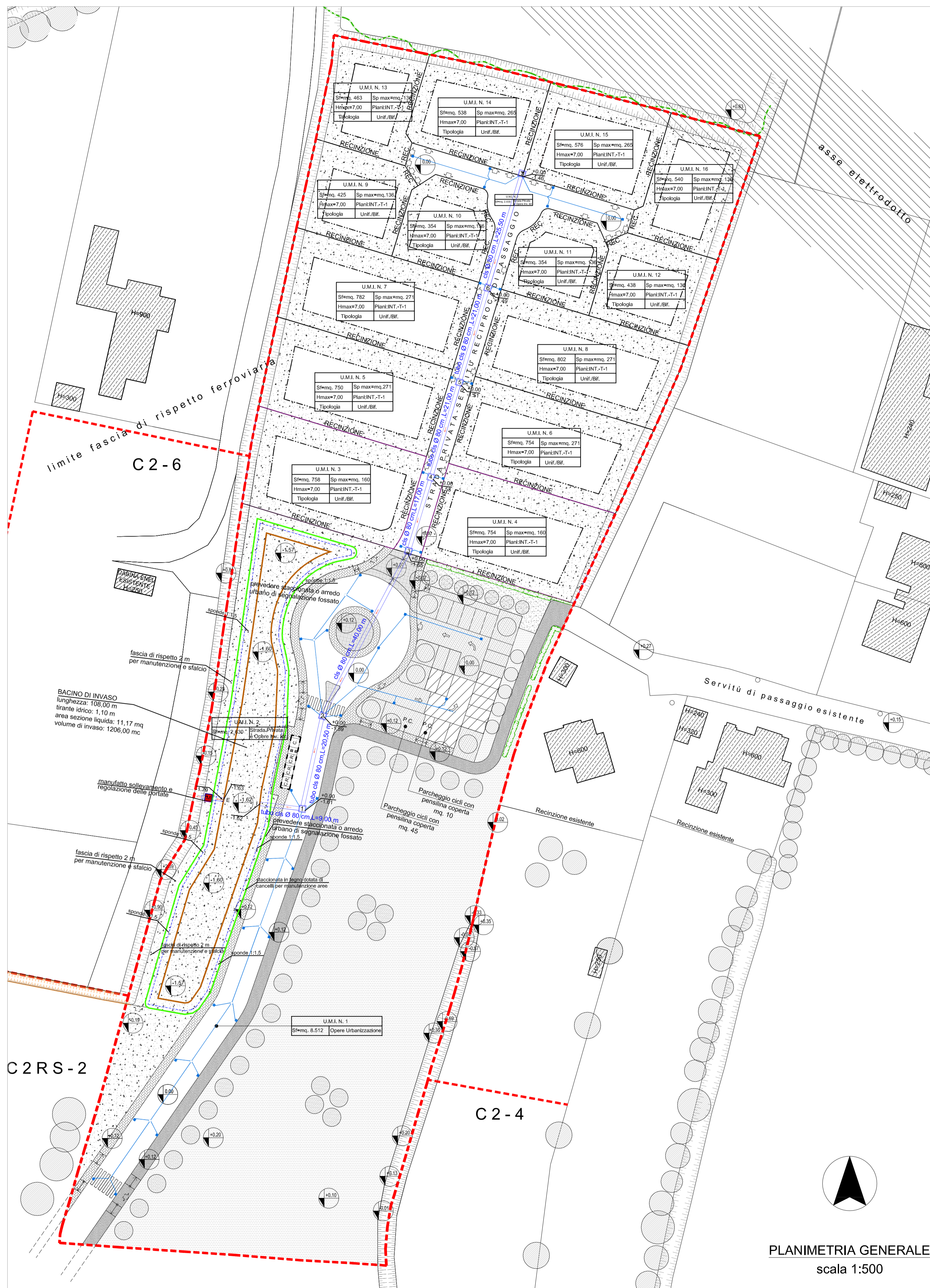
...dati\Progetti in corso 2\PS11_B-Crepaldi\PS11_B-working

DATA:

Agosto 2011

Il presente documento, elaborato per il committente da AEQUA ENGINEERING S.R.L., non può essere riprodotto o comunicato a terzi senza preventiva autorizzazione scritta.

- LEGENDA**
- Perimetro P.d. da progetto
 - Area a verde pubblico
 - Area a verde bacino di invaso
 - Linea cadute PVC Ø 200x250 mm
 - pozzetto con griglia speciale dimensioni 40x40 cm
 - Pozzetto prefabbricato da dimensioni interne 120x120 cm
 - Manufatto regolazione delle portate e impianto di sollevamento
 - Linea tubi prefabbricati da diametro Ø 80 cm, in PVC volume di invaso 77 mc
 - Perimetro fondo bacino di invaso
 - Perimetro piano campagna bacino di invaso
 - massimo livello bacino di invaso volume di invaso 1206 mc
 - fossato di nuova realizzazione



Consorzio di Bonifica Acque Risorgive

Committenti:

Bobbo Maria, Bobbo Renato, Casaverde Srl, Crepaldi Lorenzo, Scatto Fiorella

Piano di lottizzazione di iniziativa privata in Z.T.O.
C2RS - 3 in Via degli Olmi a Marghera (VE)

ALLEGATO:

4

Profili, sezioni e particolare del manufatto

SCALA:

varie

ELENCO ALLEGATI:

- A Relazione idraulica
- B Relazione del modello di calcolo
- 1 varie Inquadramento territoriale
- 2 1:500 Tavola comparativa
- 3 1:500 Planimetria rete acque meteoriche
- 4 varie Profili e particolari del manufatto

CONSORZIO DI BONIFICA
"ACQUE RISORGIVE"
VENEZIA

ALLEGATO AL PARERE N. REP. 1114/2

IN DATA - 7 NOV. 2011

IL DIRETTORE

PROGETTISTA PER
L'INVARIANZA IDRAULICA:
Presidente e Direttore Tecnico:
Ing. Giuseppe Baldo



Via delle Industrie, 18/A - 30038 Spinea (VE)
Tel. 041 8221863
Fax 041 8221864
Web: www.ingbaldo.com
Email: info@ingbaldo.com

Collaboratori:

Ing. Enrico Duprè
Dott. Marco Lisso
Dott. Francesco Guidolin
Ing. Michele Rampado

PROGETTISTI ARCHITETTONICI:

Arch. Lorenzo Crepaldi
Studio di Architettura Archistudio
Piazzale Giovannacci 5/A
30175 Marghera Ve
tel/fax 041.924150



RICEVUTO 04 AGO, 2011

REV. N°:

PERCORSO DIGITALE:

...\dati\Progetti in corso 2\P511_B-Crepaldi\P511_B-working

DATA:

Agosto 2011

